



ENSP
ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du génie sanitaire

Promotion 2005

Caractérisation du risque sanitaire lié à la consommation d'une eau turbide en Guadeloupe

Présenté par Frédéric CORNEC
Diplômé de l'ENSIL
Organisme Responsable : DSDS GUADELOUPE
Réfèrent professionnel : M. Olivier REILHES
Lieu du stage : Gourbeyre, Guadeloupe
Réfèrent pédagogique : M. Rémi DEMILLAC

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier M. Patrice RICHARD, directeur de la DSDS de la Guadeloupe, qui m'a accueilli dans ses locaux et m'a permis de réaliser cette étude.

Ensuite mes remerciements vont à mon référent professionnel M. Olivier REILHES, Ingénieur du Génie Sanitaire de la DSDS de la Guadeloupe, pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien cette étude.

Je remercie également M. Joël GUSTAVE, Ingénieur du Génie Sanitaire de la DSDS de la Guadeloupe, et M. Alain BLATEAU, Ingénieur Epidémiologiste à la CIRE Antilles Guyane, pour leur aide et les informations qu'ils m'ont communiquées.

Je remercie le Dr BRADAMANTIS et le Dr CAILLARD, médecins inspecteur de la DSDS de la Guadeloupe, pour m'avoir accordé du temps et leur aide.

Mes remerciements vont également à tout le personnel de la DSDS du Raizet, et tout particulièrement Mme Marie-Denise MERIFIELD, technicienne sanitaire du service Santé Environnement et Mlle Amandine DUMON, Volontaire Civil à l'Aide Technique (VCAT) à la DSDS, pour l'ensemble des conseils qu'ils ont pu me donner.

J'aimerais aussi remercier Mme POLIFONTE de la CGSP, M. CHARBONNER de la Régie Des Eaux de Sainte Rose, Mme CHRISTOPHE de la Générale Des Eaux pour m'avoir communiqué les données nécessaires à l'étude dans les meilleurs délais.

Enfin je remercie mon référent pédagogique M. Rémi DEMILLAC, Enseignant chercheur de l'ENSP, pour m'avoir encadré tout le long du mémoire.

Sommaire

INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE	2
1.1 SITUATION GENERALE	2
1.2 REGLEMENTATION DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE	3
1.2.1 Directive Européenne n° 98/83/CE [2]	3
1.2.2 Code de la Santé Publique	3
1.3 LE CONTEXTE SANTE ENVIRONNEMENT ET LA PROBLEMATIQUE.....	3
2 LES ENJEUX DU MEMOIRE	6
2.1 LES ENJEUX SANITAIRES	6
2.2 LES ENJEUX REGLEMENTAIRES	6
3 LES OBJECTIFS DU MEMOIRE	7
3.1 OBJECTIFS PRINCIPAUX	7
3.2 OBJECTIFS OPERATIONNELS.....	7
4 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES	7
4.1 LA TURBIDITE.....	7
4.1.1 Paramètres descripteurs de l'aspect physique de l'eau	7
4.1.2 Lien entre la turbidité et les autres paramètres de qualité d'eau.....	8
4.1.3 Effet de la turbidité sur la désinfection.....	10
4.1.4 Effets de la turbidité sur la santé	11
4.2 LES MALADIES A SYMPTOMATOLOGIE GASTRO-ENTERIQUE	13
4.2.1 Définition	13
4.2.2 Temps d'incubation	13
4.2.3 Etiologie des MSG.....	13
5 METHODOLOGIE	15
5.1 PERIODES DE L'ETUDE.....	15
5.2 ZONE D'ETUDE	16
5.3 DONNEES EXPLOITEES	16
5.3.1 La veille sanitaire	16
5.3.2 Météo France.....	17
5.3.3 Les données du contrôle sanitaire	17
5.3.4 Les données de l'autocontrôle.....	18
5.4 HYPOTHESES ET OUTILS DE TRAVAIL.....	18
5.4.1 Estimation des Maladies à SymptomatoLOGIE Gastro-entérique (MSG).....	18
5.4.2 Modélisation de la turbidité	20
6 ETAT DES LIEUX	20
6.1 RESULTATS DU CONTROLE SANITAIRE DE L'ANNEE 2004	20
6.2 DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE	23
6.2.1 Localisation.....	23
6.2.2 Les stations de potabilisation	24
6.3 BILAN.....	27
7 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE	28
7.1 INFLUENCE DE L'EAU DE DISTRIBUTION SUR L'INCIDENCE DE MSG	28
7.1.1 Incidence des MSG en Guadeloupe	28
7.1.2 Relation entre les MSG, la pluviométrie et les turbidités d'eau distribuée	33
7.1.3 Interprétations	42
7.2 DISCUSSION	43
7.2.1 Validités des hypothèses	43
7.2.2 Pertinence des données exploitées	45

7.2.3	<i>Protocole de validation des données</i>	46
7.2.4	<i>Bilan</i>	47
8	GESTION DES RISQUES	47
8.1	PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS DES STATIONS DE TRAITEMENT	47
8.1.1	<i>Investissements</i>	47
8.1.2	<i>Gestion des pics de turbidité</i>	48
8.2	MISE EN PLACE D'UN CONTROLE SANITAIRE ADAPTE A LA GUADELOUPE	49
8.2.1	<i>Pertinence</i>	49
8.2.2	<i>Principe</i>	50
8.2.3	<i>Faisabilité</i>	51
8.3	PROTOCOLE DE GESTION DES CRISES	51
8.4	AMELIORATION DE LA VILLE SANITAIRE	52
	CONCLUSION	55
	Bibliographie	56
	Liste des annexes	I

Liste des sigles utilisés

- CDC** : Centers for Disease Control and Prevention
- CIM** : Classification Internationale des Maladies
- CIRE** : Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie
- COT** : Carbone Organique Total
- CGSP** : Compagnie Guadeloupéenne des Services Publics
- DFA** : Départements Français d'Amérique
- DSDS** : Direction Sanitaire et du Développement Social
- ENSP** : Ecole Nationale de la Santé Publique
- IPG** : Institut Pasteur de Guadeloupe
- MSG** : Maladies à symptomatologie gastro-entérique
- NFU** : Unité de turbidité (nouvelle norme)
- SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
- THM** : Trihalométhane
- VCAT** : Volontaire Civil à l'Aide Technique

INTRODUCTION

La sécurité sanitaire est devenue ces dernières années une des préoccupations majeures des consommateurs. Chaque individu est devenu de plus en plus exigeant et la tolérance du risque subi est aujourd'hui de plus en plus faible. De plus le risque sanitaire tel qu'il est décrit dans le code de la Santé Publique intègre maintenant les eaux destinées à la consommation humaine ce qui a pour effet de susciter l'intérêt des usagers.

Suite aux avancées scientifiques et aux connaissances technologiques, l'analyse et la gestion du risque lié à la consommation de l'eau de distribution s'améliorent sans cesse, surtout en ce qui concerne les risques sanitaires liés aux éléments chimiques présents dans l'eau. Toutefois, l'analyse et la gestion du risque microbiologique restent un sujet délicat. Des indicateurs ont été choisis afin de décrire la qualité microbiologique de l'eau lors de contrôles sanitaires (Directive Européenne n° 98/83/CE) et ils ont prouvé leur efficacité en éliminant la plupart des épidémies d'origine hydrique. Mais ces indicateurs garantissent-ils une sécurité du produit à cent pour cent, sont-ils pertinents en toutes circonstances et surtout sont-ils représentatifs de la contamination microbiologique en tout endroit du globe ?

Ce mémoire présente une réflexion quant aux risques sanitaires liés à la consommation de l'eau de distribution en Guadeloupe. Pour cela un bilan de la qualité générale des eaux distribuées a été réalisé afin de déterminer les problèmes majeurs que connaît la région. Ensuite une approche de la caractérisation du risque microbiologique a été élaborée en s'appuyant sur les données de la littérature existante sur le sujet et en étudiant le cas guadeloupéen. La caractérisation permettra d'appréhender les risques sanitaires liés à la consommation de l'eau de distribution et d'élaborer des propositions adaptées de gestion de ce risque.

1 CONTEXTE

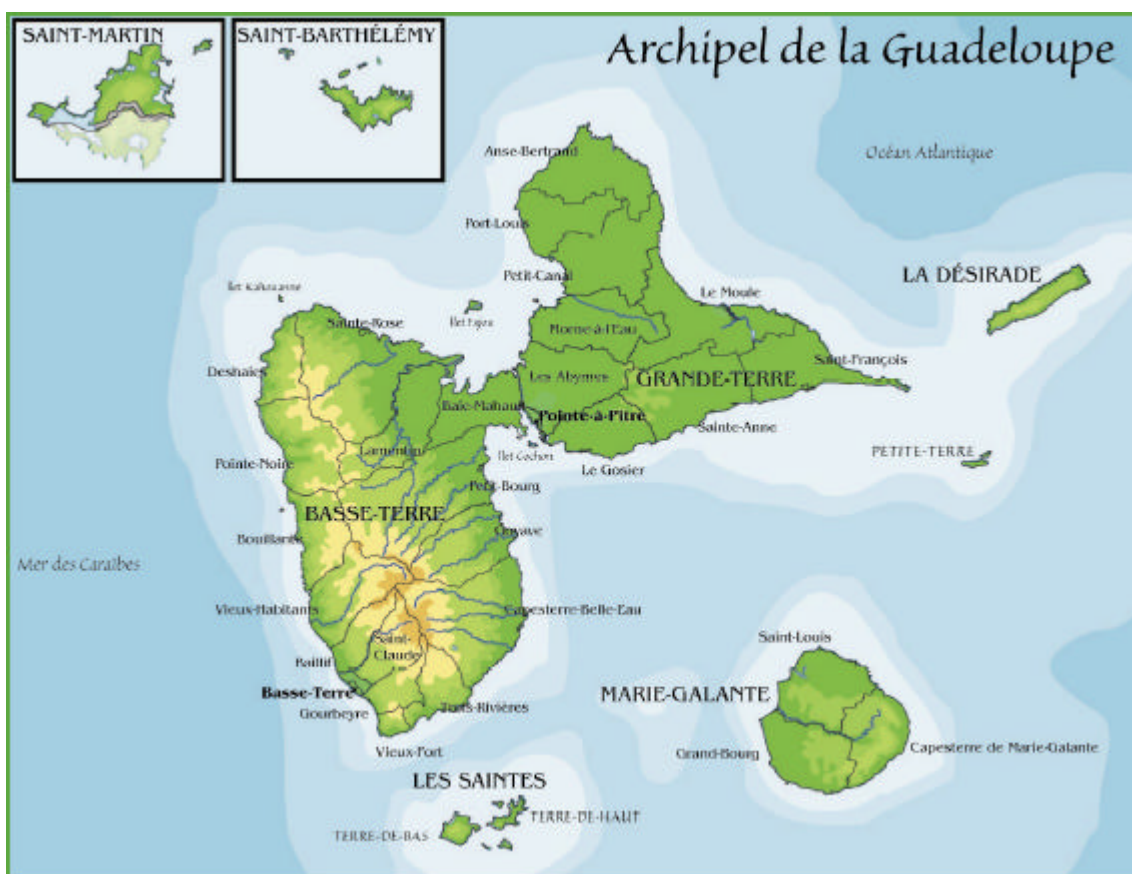
1.1 Situation générale

Le département de la Guadeloupe est un archipel situé dans le tiers septentrional des Petites Antilles qui constituent la limite orientale de la mer des Caraïbes qu'elles séparent de l'océan Atlantique.

Les Petites Antilles sont situées sur deux arcs, l'un externe et ancien à prédominance calcaire et de faible relief, l'autre interne et récent à prédominance volcanique avec de hauts reliefs dus aux éruptions volcaniques.

La Guadeloupe représentée sur la Figure 1 comprend neuf îles habitées et s'étend sur une superficie de 1780 km². L'essentiel du territoire, la Guadeloupe continentale, est formé de deux îles communément appelée la Basse Terre, à l'ouest, et la Grande Terre, à l'est, séparées par la rivière Salée, étroit bras de mer. Les autres îles sont appelées les Dépendances. Les plus proches sont les Saintes (Terre de Haut et Terre de Bas), Marie Galante et la Désirade. Les îles du Nord, Saint-Martin, dont la partie sud est hollandaise, et Saint Barthélemy se situent quant à elles à environ deux cents kilomètres au nord.

Figure 1 : carte de la Guadeloupe



Source ARH Guadeloupe [1]

La Guadeloupe, région monodépartementale, est constituée de 34 communes.

1.2 Réglementation des eaux destinées à la consommation humaine

En France, la réglementation en vigueur sur la surveillance de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est régie par la directive 98/83/CE du 3 novembre 1998. Cette directive a été transposée en droit français par le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001, qui a fait l'objet d'une codification dans le code de la santé publique.

En raison de son statut de département français, la qualité de l'eau distribuée en Guadeloupe doit satisfaire aux exigences fixées par la réglementation française. La DSDS de la Guadeloupe a donc pour mission de contrôler la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

1.2.1 Directive Européenne n° 98/83/CE [2]

Cette directive définit les eaux destinées à la consommation humaine en excluant les eaux minérales et médicinales.

Les principaux objectifs de cette directive sont d'actualiser les textes en tenant compte des progrès techniques et scientifiques et des orientations introduites par le traité de Maastricht. Elle renforce également la protection du consommateur en disposant d'un cadre juridique souple et transparent pour gérer les cas de non-conformité. Enfin elle distingue les contraintes réglementaires prises pour la protection de l'environnement et celles prises pour la protection de la santé des consommateurs.

1.2.2 Code de la Santé Publique

La réglementation s'applique aux eaux définies dans l'article R1321-1:

"Les eaux qui, soit en l'état, soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou d'autres usages domestiques [...] Les eaux utilisées dans les industries alimentaires pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation de produits et substances, qui peuvent affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale."

1.3 Le contexte santé environnement et la problématique

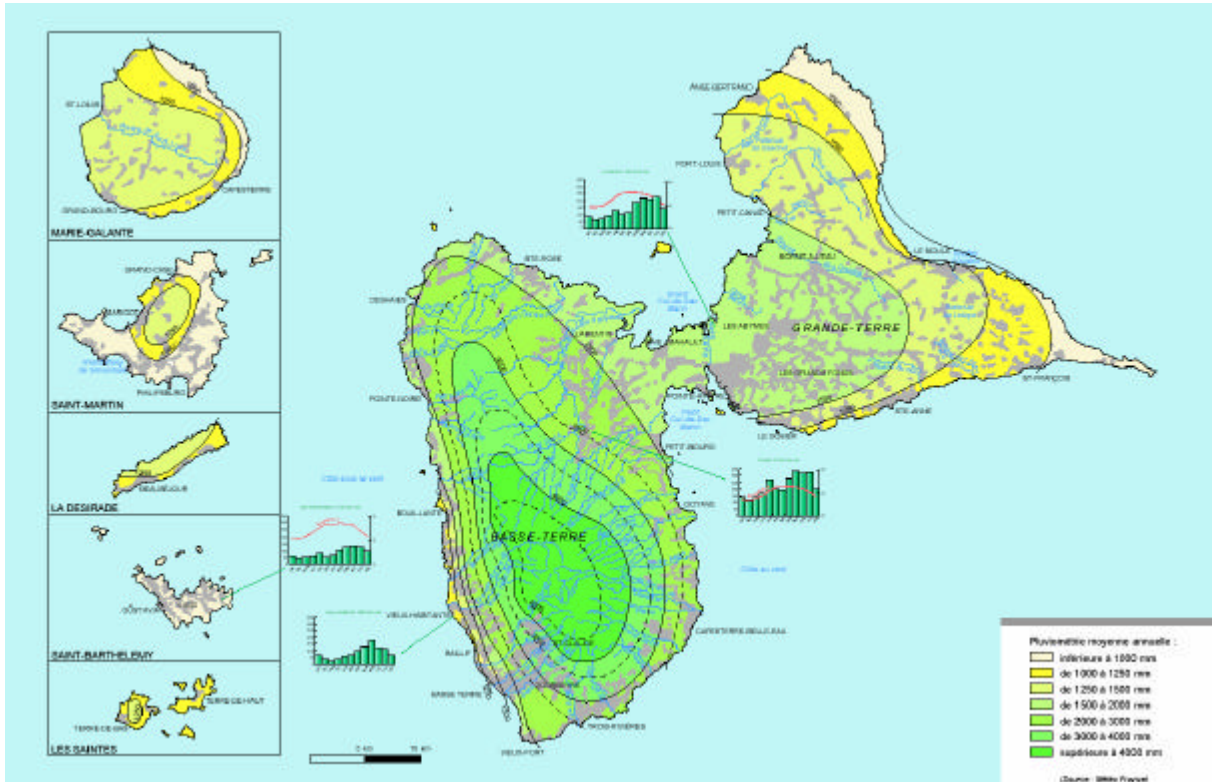
Le département de la Guadeloupe est un département particulièrement sensible aux problématiques santé environnement. Sa densité de population (255 hab/km²), son urbanisation anarchique, son activité agricole intensive et le boom de la consommation lié à l'élévation du niveau de vie ont créé une situation de dégradation de certains milieux et des risques potentiels pour la santé.

Par ailleurs, plusieurs pathologies présentent des prévalences bien plus élevées dans les DFA qu'en France métropolitaine, ou bien sont spécifiques à ces régions. Il s'agit essentiellement de maladies à transmission vectorielle d'une part et de parasitose d'autre part.

A) Un contexte hydrogéologique particulier

La ressource en eau en Guadeloupe connaît une répartition temporelle et spatiale bien marquée : Une saison des pluies, l'hivernage de juillet à décembre, succède à une saison sèche, le carême de février à avril mai. Les précipitations sont principalement liées à l'effet orographique ou effet de Föhn (annexe 1) : Ce sont donc les parties les plus élevées, c'est à dire la Basse-Terre, qui reçoivent l'essentiel des volumes d'eau. Les précipitations sont donc inégalement réparties comme l'indique la Figure 2 :

Figure 2 : Répartition des précipitations en Guadeloupe



Source [3]

Si la ressource est essentiellement située sur la Basse-Terre, les usages se répartissent sur l'ensemble de la Guadeloupe, avec une part importante pour le Nord Grande-Terre en eau d'irrigation et pour l'agglomération pointoise et le sud de la Grande-Terre en eau potable.

Pour pallier cette inadéquation naturelle entre les répartitions spatiales et temporelles des besoins et des ressources, des infrastructures importantes de transfert des eaux de la Basse-Terre vers la Grande-Terre ont été construites. (annexe 2)

Pendant le carême, les pénuries et les tours d'eau concernent régulièrement l'agriculture, mais aussi l'eau potable pour le Nord Grande Terre, pour les points hauts de la Côte-au-vent de la Basse-Terre et parfois pour l'ensemble de la Grande Terre.

En matière d'eau, de nombreux objectifs qualitatifs et quantitatifs ont été inscrits dans le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) adopté par le comité de bassin le 19 juin 2003 et approuvé par le Préfet le 25 juillet 2003, selon 6 orientations fondamentales [3]:

- Veiller à la satisfaction des besoins en eau potable, d'irrigation et industrielle par une gestion saine et économe et par la mobilisation et le stockage d'une ressource adaptée et suffisante,
- Sécuriser l'alimentation en eau potable,
- Engager des efforts importants de lutte contre les pollutions ponctuelles et diffuses en privilégiant les sites les plus sensibles,
- Restaurer le fonctionnement biologique des milieux aquatiques,
- Assurer la protection des personnes et des biens,
- Se doter de moyens permettant d'assurer la connaissance, la concertation et l'information pour gérer l'eau de façon durable en Guadeloupe.

B) qualité des eaux superficielles

Les cours d'eau de la Guadeloupe présentent une pollution organique faible mais chronique sur l'ensemble du territoire résultant des nombreux rejets domestiques directs, des étiages soutenus réduisant par effet de dilution les risques de pollution, une forte pente leur conférant une bonne capacité d'auto épuration bien que celle-ci soit limitée par la faible longueur du tronçon entre les points de rejet et l'embouchure en mer.

Même si les critères de qualité utilisés en France ne sont pas adaptés au contexte antillais, notamment à cause du paramètre température, il apparaît que la qualité, hors micro polluants, de l'eau est dans l'ensemble très bonne à bonne en amont des bassins versants, et bonne à acceptable en aval.

Quand elle est identifiée, la pollution est de type organique principalement due aux rejets domestiques, stations d'épuration ou rejets directs, et agro-industriels, principalement les distilleries.

C) qualité des eaux souterraines

Les eaux de nappes de la Grande-Terre sont issues d'un milieu calcaire qui leur confère une dureté et des qualités organoleptiques peu appréciées par la population très habituée aux eaux de rivières. L'exploitation de forages proches du littoral sur la nappe de Grande-Terre a du être réduite car elle entraînait l'intrusion du biseau salé. Les concentrations en nitrates et en pesticides sur les nappes la Grande-Terre et de Marie-Galante sont en augmentation même si elles n'atteignent pas les limites de potabilisation. En revanche, on observe une contamination massive des eaux du Sud Basse-Terre où les concentrations en certains produits phytosanitaires dépassent largement les normes de potabilisation.

D) Eau distribuée

Le contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine porte sur 282 points de surveillance répartis sur 61 captages, 58 stations de traitement et 61 unités de distribution. Il représente près de 2000 prélèvements par an.

L'eau des ressources est généralement de bonne qualité bactériologique et ne présente qu'une faible contamination dans des conditions météorologiques normales. La qualité bactériologique des eaux distribuée est satisfaisante avec environ 95 % de conformité analytique.

Toutefois quelques communes subissent régulièrement la distribution d'une eau destinée à la consommation humaine présentant des turbidités importantes. Les dépassements sont constatés à la suite d'épisodes pluvio-orageux. Ils témoignent de l'incapacité de certains équipements en place de traiter correctement des eaux superficielles qui subissent brutalement des pics de turbidité lors de ces épisodes pluvieux. De plus, les terrains volcaniques de la Basse Terre sont à l'origine de concentrations parfois élevées en métaux dans l'eau. A ceci s'ajoute généralement un traitement à base de sulfate d'aluminium pour réaliser la coagulation floculation des stations de potabilisation souvent mal maîtrisé lors des variations brutales de turbidité de l'eau brute. Il n'est donc pas rare de trouver des concentrations élevées en aluminium dans l'eau distribuée.

Enfin, dans les îles du Nord, en l'absence de ressources d'eau douce, l'eau potable distribuée est produite par des usines de dessalement d'eau de mer. A Saint Martin, les équipements vieillissants en place délivrent une eau dont la température avoisine les 40°C à la sortie de l'usine, ce qui crée des conditions favorables aux développements de bactéries. Cette situation est amplifiée du fait d'un réseau vétuste non maillé et de l'absence de points de chloration en nombre suffisant.

E) Problématique

Aujourd'hui, des interrogations subsistent quant au risque sanitaire lié à la consommation d'une eau turbide et quant à la représentativité des indicateurs de qualité bactériologiques classiques (*Escherichia coli*, entérocoques, ...) en milieu tropical. De plus l'association d'une forte chloration à la forte turbidité des eaux distribuées peut générer des concentrations élevées en sous produits de désinfection (THM). La consommation d'une eau turbide peut donc engendrer des effets néfastes sur la santé des usagers.

2 LES ENJEUX DU MEMOIRE

2.1 Les enjeux sanitaires

La distribution d'une eau destinée à la consommation humaine turbide peut être à l'origine de la survenue de cas de gastro-entérites. Or, ces événements épidémiques, s'ils existent, sont généralement "masqués" par un bruit de fond viral parfois élevé. Il est donc souvent difficile de mettre en évidence la part de responsabilité de l'eau dans la survenue de ces pathologies. Un des enjeux du mémoire sera de décrire le risque de survenue de gastro-entérites en lien avec la turbidité de l'eau distribuée. Cette démonstration permettrait alors d'apporter un appui à la décision de renforcer ou de remplacer les équipements de traitement de l'eau en place quand ils s'avèrent déficients.

2.2 Les enjeux réglementaires

L'article R1321-17 du code de la Santé Publique permet au Préfet d'imposer à la personne publique ou privée responsable de la distribution d'eau des analyses complémentaires dans les cas suivants [4] :

- 1° *La qualité des eaux destinées à la consommation humaine ne respecte pas les limites de qualité fixées à l'annexe I-1 ;*
- 2° *Les limites de qualité des eaux brutes définies à l'annexe III ne sont pas respectées ou la ressource en eau est susceptible d'être affectée par des développements biologiques ;*
- 3° *L'eau de la ressource ou l'eau distribuée présente des signes de dégradation ;*
- 4° *Les références de qualité fixées à l'annexe I-2 ne sont pas satisfaites ;*
- 5° *Une dérogation est accordée en application de l'article 24 ;*
- 6° *Certaines personnes présentent des troubles ou les symptômes d'une maladie pouvant provenir de l'eau distribuée ;*
- 7° *Des éléments ont montré qu'une substance, un élément figuré ou un micro-organisme, pour lequel aucune limite de qualité n'a été fixée, peut être présent en quantité ou en nombre constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ;*
- 8° *Lorsque des travaux ou aménagements en cours de réalisation au point de prélèvement ou sur le réseau de distribution d'eau sont susceptibles de porter atteinte à la santé des personnes.*

De plus, l'article R1321-29 du code de la Santé Publique permet au Préfet de protéger la santé des populations en toute circonstance à partir du moment où il juge la situation à risque :

"[...]que les limites et les références de qualité aient été ou non respectées ou satisfaites, lorsque le préfet estime que la distribution de l'eau constitue un risque pour la santé des personnes, il demande à la personne publique ou privée responsable de la distribution d'eau, en tenant compte des risques que leur ferait courir une interruption de la distribution ou une restriction dans l'utilisation des eaux destinées à la consommation humaine, de restreindre, voire d'interrompre la distribution ou de prendre toute autre mesure nécessaire pour protéger la santé des personnes"

Ces 2 articles du code de la Santé Publique permettent donc au Préfet d'instaurer des contrôles sanitaires adaptés au contexte guadeloupéen ou d'intervenir dans un souci de protéger les personnes s'il s'avérait qu'il existait un risque pour les personnes de consommer l'eau du robinet en deçà d'une certaine valeur de turbidité.

Ainsi, au regard de la caractérisation du risque suivante, l'enjeu du mémoire sera également de proposer des modalités de contrôle sanitaire et de gestion du risque mieux adaptées.

3 LES OBJECTIFS DU MEMOIRE

3.1 Objectifs principaux

Les objectifs du mémoire sont d'une part d'apporter des éléments scientifiques de caractérisation du risque lié à la consommation d'eau turbide en Guadeloupe et d'autre part de proposer des mesures de gestion du risque adaptées au contexte guadeloupéen.

3.2 Objectifs opérationnels

- Etablir à partir de la bibliographie existante et des données récoltées une relation entre la pluviométrie, la turbidité de l'eau destinée à la consommation humaine et l'incidence des cas de gastro-entérites.
- Faire des propositions en vue d'améliorer le contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.
- Etablir un plan de gestion des risques en appliquant notamment l'article R.1321-29 du code de la santé publique.

4 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

4.1 La Turbidité

4.1.1 Paramètres descripteurs de l'aspect physique de l'eau

A) Matière en suspension (MES)

Les eaux de surface contiennent naturellement de nombreuses particules constituées de débris de végétaux, de limons, de biomasse... La mesure de la MES permet de quantifier ces matières particulaires. Elle est obtenue par filtration (maille de 0,45 µm) d'un volume d'eau déterminé puis séchage à 110°C.

L'unité utilisée est le mg/l.

Le filtrat obtenu n'est pas toujours limpide. Ceci est dû aux colloïdes, particules les plus fines, qui rendent l'eau plus ou moins trouble en fonction de leur concentration

B) Turbidité

La turbidité est la mesure de la quantité de colloïdes présente dans l'eau. Cette mesure est fondée sur l'atténuation et la diffusion de la lumière blanche au contact d'une particule

colloïdale : elle ne présente donc pas une mesure du nombre ou de la taille des particules mais indique une densité de présence de particules. [5]
L'unité utilisée est le NFU (Nephelometric Turbidity Unit).

C) Couleur

La couleur d'une eau est due à l'absorption sélective de certaines bandes de la lumière blanche par des substances organiques dissoutes dans l'eau. [5]

Cette mesure s'exprime par comparaison à une échelle de couleur étalon obtenue grâce une solution d'un sel double de cobalt et de platine.
L'unité est le mg/l de Pt.

4.1.2 Lien entre la turbidité et les autres paramètres de qualité d'eau

A) Propriétés physiques

➤ Lien entre la turbidité et les MES :

Les MES et la turbidité donnent une mesure quantitative de la présence de particules en suspension dans une eau.

La turbidité est le paramètre le plus adaptée lorsque l'eau n'est pas trop chargée en particules : cette mesure est particulièrement efficace lorsque les dimensions des particules ne dépassent pas 0,45 µm. Au-delà de 100 NFU, le paramètre n'est plus significatif et la méthode la plus adéquate pour évaluer les particules est la mesure des MES. [5]

➤ Lien entre la turbidité et la couleur

Une étude de Black *et al.* [6] a mis en évidence que la couleur de l'eau était attribuable à 50% aux particules colloïdales. En effet ces particules ont des propriétés physiques et chimiques qui leur permettent de rester en suspension dans l'eau pendant un temps très long. La couleur doit donc être mesurée après élimination de la turbidité.

B) Propriétés chimiques

En raison de leur grande capacité d'adsorption, les particules en suspension peuvent piéger des composés organiques ou inorganiques. Un lien indirect entre la turbidité et les propriétés chimiques de l'eau peut exister.

Une étude de Driscoll et Letterman [6] a également montré que dans les stations utilisant du sel d'aluminium pour l'étape de coagulation floculation, des concentrations plus fortes en aluminium particulaire (> 200 µg/l) ont été observées lorsque la turbidité de l'eau dépassait 0,5 NFU. Pour obtenir une concentration minimale en aluminium particulaire, il faut obtenir une turbidité de l'eau inférieure à 0,1 NFU.

De façon générale, les métaux dissous dans l'eau forment des complexes lorsqu'ils s'adsorbent sur des particules en suspension, et plus particulièrement sur les substances humiques. [6]

C) Caractéristiques microbiologiques

Les caractéristiques microbiologiques de l'eau sont directement influencées par la turbidité. En effet certains microorganismes se développent plus aisément à la surface de particules qu'en suspension libre dans l'eau [7]. Les microorganismes énumérés ci-dessous sont également mieux protégés de la désinfection (cf. § 4.1.3 lorsque la turbidité est élevée :

a) Bactéries

- Définition

Les bactéries sont des organismes procaryotes répartis en nombreux genres et espèces. Leur pathogénicité dépend de leur caractère invasif ou de la libération de toxines. Elles peuvent vivre et se développer par scissiparité, c'est à dire par divisions cellulaires, de façon autonome contrairement aux parasites et aux virus qui dépendent de leur(s) hôte(s) [8] [9].

L'annexe 3 présente les principales bactéries pathogènes pour l'homme et leurs caractéristiques, que l'on peut retrouver dans les eaux potables [10].

- Lien avec la turbidité

Les éléments en suspension dans l'eau sont des niches parfaitement adaptées aux développements de bactéries. En effet les nutriments indispensables à la croissance des bactéries se trouvent adsorbés sur les particules et donnent un milieu de culture favorable à leur multiplication. [6]

Les bactéries sont également moins sensibles à la désinfection lorsque l'eau est turbide puisque les particules en suspension limitent considérablement les contacts entre le chlore et les bactéries. L'efficacité de la désinfection se trouve ainsi diminuée et le développement des bactéries peut reprendre une fois le chlore disparu. [6]

Une eau turbide a donc une probabilité non négligeable de contenir des bactéries pathogènes pour l'homme.

b) Parasites

- Définition

✓ Les protozoaires sont des micro-organismes unicellulaires, à noyau individualisé (eucaryote), appartenant au règne animal, et doués de mouvements pendant tout ou une partie de leur existence. Quelques espèces sont des parasites de l'homme comme *Giardia*, *Cryptosporidium spp* et *Entamoeba histolytica* qui se reproduisent uniquement dans le tractus gastro-intestinal des êtres humains et des animaux. La transmission de ces parasites à l'homme se fait par l'absorption de kystes présents dans l'eau de consommation. Une fois ingérés, les kystes entrent en phase de germination pour aboutir à la forme infectieuse du protozoaire qui provoque la maladie. Le parasite continue à se nourrir. Il produit des nouveaux kystes qui se retrouvent dans les selles. Un nouveau cycle peut alors démarrer. [8]

Ces kystes ont une durée de vie dans l'eau supérieure aux bactéries intestinales. Ils sont souvent plus infectieux et résistent mieux à la désinfection que la plupart des autres micro-organismes. [11]

Les kystes présents dans l'environnement ne sont pas viables et donc pas virulents. La proportion est même assez faible d'après une étude publiée en 1991 [12] : seul 13% des kystes de *Giardia* et 9% des kystes de *Cryptosporidium* sont viables.

L'annexe 3 résume les principales caractéristiques de ces protozoaires [10].

✓ Les helminthes sont des vers intestinaux très répandus en milieu tropical. L'eau n'est pas le principal vecteur de ces parasites mais des contaminations de l'eau distribuée par des œufs d'helminthes ont été retrouvées dans la littérature [13]. Les helminthes sont transmis sous la forme d'œufs excrétés dans les matières fécales ou l'urine humaine, qui contaminent le sol ou les sources d'eau dans les zones où l'assainissement est insuffisant. [14]

Contrairement aux virus, aux bactéries, aux champignons et aux protozoaires, ces parasites ne se multiplient pas chez l'hôte humain.

- Lien avec la turbidité

Une corrélation importante a été mise en évidence entre une concentration importante de kystes et certains paramètres de la qualité de l'eau dont la turbidité, les concentrations de coliformes totaux et fécaux [12]. L'étude de Goatcher et Fok en 2000 [12], a démontré que les fortes pluies qui provoquent des pics de turbidité de l'eau brute pouvaient engendrer des augmentations des concentrations de kystes dans les eaux brutes. En cas de turbidité élevée après traitement, la présence de parasites peut donc être suspectée dans les eaux distribuées.

c) *Virus*

- Définition

Les virus entériques sont des virus capables de se multiplier dans le tractus gastro-intestinal humain ou animal. Ce sont des micro-organismes 10 à 100 fois plus petits que les bactéries : en général ils ont une taille comprise entre 10 et 30 nm. Ils sont excrétés dans l'environnement par les matières fécales et infectent les humains par voie orale. Plus de 140 types de virus entériques sont aujourd'hui connus comme pathogènes pour l'homme. Les plus connus associés à des maladies d'origine hydrique sont les astrovirus, les adénovirus, les virus de l'hépatite, les rotavirus, les entérovirus...[9]

Ils ne peuvent pas se reproduire dans l'environnement, par contre ils peuvent survivre dans l'eau plus longtemps que des bactéries intestinales (plusieurs mois), ils sont très infectieux et résistent mieux à la désinfection que les bactéries [15].

L'annexe 3 résume les principales caractéristiques de ces virus [10].

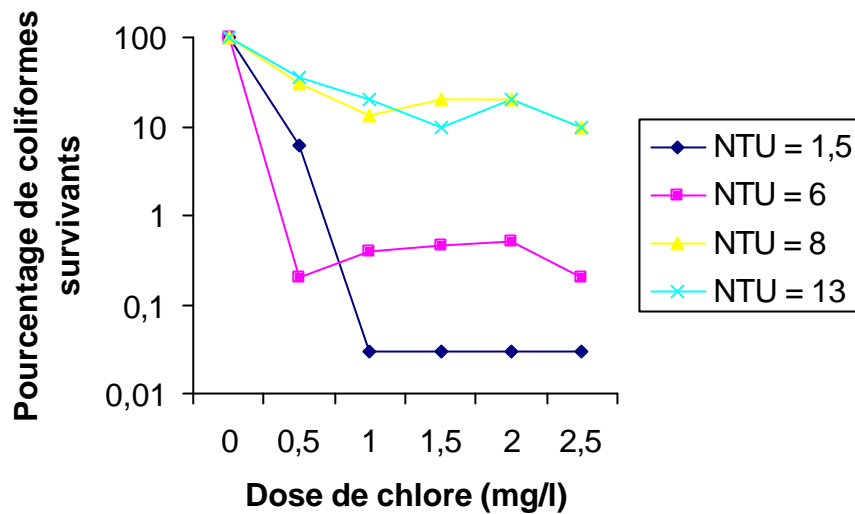
- Lien avec la turbidité

Les virus résistent davantage dans l'environnement lorsqu'ils s'adsorbent sur des sédiments [8]. Lors d'événements pluvieux importants, ces sédiments se retrouvent en suspension dans l'eau brute et si la turbidité n'est pas efficacement abattue lors du traitement de l'eau, la présence de virus dans l'eau potable est alors possible [16]. Ils peuvent également être présents même si les indicateurs de contamination fécale sont absents car ils résistent mieux à la désinfection et ce d'autant plus qu'ils sont absorbés sur les particules en suspension [15].

4.1.3 Effet de la turbidité sur la désinfection

Lorsque la turbidité de l'eau est élevée, les microorganismes peuvent s'absorber sur les particules en suspension et il est donc difficile pour le chlore résiduel d'entrer en contact avec eux. Plus la turbidité de l'eau augmente et plus la résistance des microorganismes à la désinfection est grande [16]. Le constat a été démontré en dénombrant avant et après traitement, le nombre de coliformes dans une eau de surface en fonction de la turbidité de l'eau brute et en fonction de la dose de chlore injectée. Les résultats obtenus sont schématisés dans la Figure 3

Figure 3 : Persistance des coliformes dans une eau turbide et chlorée. Exposition au chlore de 1 heure à 10°C



Source [16]

La désinfection d'une eau turbide a un rendement relativement faible comparé à la désinfection d'une eau non turbide. Une partie des microorganismes peut survivre dans les eaux turbides même après une désinfection notamment les kystes et les oocystes de protozoaires.

4.1.4 Effets de la turbidité sur la santé

Les effets sur la santé de la turbidité ne sont pas directs. Par contre les effets indirects se déduisent automatiquement des relations de la turbidité avec d'autres constituants microbiologiques ou physico-chimiques de l'eau présentées dans les paragraphes précédents.

A) Effets microbiologiques

Les conséquences de la consommation d'une eau contaminée par des micro-organismes pathogènes dépendent de plusieurs facteurs dont l'état de santé du consommateur (défense immunitaire, âge...) mais aussi de la virulence et du nombre de germes ingérés. De plus la turbidité a tendance, comme expliqué précédemment à protéger les microbes (bactéries et parasites) et les virus contre les actions des désinfectants. Plusieurs cas de maladies liées à la distribution d'une eau chlorée ont été reliés à une forte turbidité [6] [7]. Les maladies d'origine hydrique se manifestent le plus souvent par des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissement, diarrhées) et ces symptômes sont généralement de courtes durées. [6]

Par contre les conséquences d'une maladie d'origine hydrique peuvent être beaucoup plus graves pour des personnes sensibles comme les personnes immunodéprimées, les personnes âgées, les jeunes enfants pouvant aller jusqu'à la mort dans certains cas. En effet les bactéries (*Shigella* et *Campylobacter*), les virus (hépatites A) et les protozoaires peuvent être à l'origine de troubles gastro-intestinaux graves [17] [12].

B) Effets Chimiques

Les éléments chimiques (métaux, pesticides...) s'adsorbent sur les particules en suspension dans l'eau et sont susceptibles d'être relargués dans l'organisme sous l'effet de l'acidité de l'estomac [6].

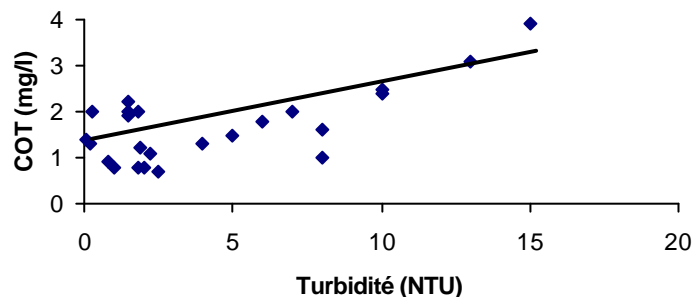
De tels effets sont à étudier plus précisément car chaque molécule chimique peut avoir des effets aigus, chroniques et cancérigènes bien caractéristiques. Toutefois, vu les traitements d'eau et les contrôles effectués, il est peu probable d'avoir des constituants chimiques en concentration suffisante pour générer des intoxications aiguës.

Par contre une turbidité élevée peut conduire à une augmentation de la formation de sous produits de désinfection comme les trihalométhanes (THM) qui sont des produits formés par la réaction entre le chlore et des composés organiques [16]. Ces sous produits sont assez nombreux et sont connus comme étant cancérigènes pour l'homme d'où l'intérêt de la mesure du Carbone Organique Total (COT) d'une eau.

Lechevallier, Evans et Seidler ont établi en 1981 une relation entre la turbidité et le COT présent dans l'eau.

La Figure 4 présente les corrélations entre le COT présent dans l'eau et la turbidité de l'eau.

Figure 4 : Relation entre COT et la turbidité obtenue à partir des données de 6 prises d'eau de surface dans l'Ouest de l'Oregon



La sur-chloration des eaux turbides peut conduire à la formation de produit cancérigène pour l'homme.

Enfin citons le cas particulier de l'aluminium qui peut se retrouver en quantité importante dans l'eau de consommation pour les 2 raisons suivantes :

- aluminium naturellement présent dans les sols puis dans les eaux brutes par lessivage de ces sols.
- aluminium issu d'une floculation mal maîtrisée.

Ce composé, à forte dose, est à l'origine de graves troubles du système nerveux central, de pertes de mémoire, de démence et de tremblements.

Cette partie mériterait une étude plus importante mais, compte tenu de l'orientation choisie pour le sujet du mémoire, elle ne fera pas l'objet d'un développement plus important.

Seules les Maladies à Symptomatologie Gastro-entérique (MSG) vont donc être prises en compte pour caractériser le risque microbiologique engendré par la consommation d'eau turbide.

4.2 Les Maladies à Symptomatologie Gastro-entérique

4.2.1 Définition

A) Les Gastro-entérites

Deux types de gastro-entérites sont distingués, inflammatoire ou non inflammatoire, et entraînent des troubles digestifs aigus le plus souvent réversibles. Elles ont une origine virale, bactérienne, parasitaire ou toxique.

Les symptômes sont assez variables d'une personne à l'autre et dépendent également du germe contaminant. Généralement ils sont caractérisés par des sensations de malaises (sueurs froides) et par de la fièvre. Des nausées et vomissements accompagnent parfois les douleurs abdominales et douleurs gastriques. Enfin l'apparition de diarrhées d'intensité variée peut également survenir. [18]

B) Les diarrhées

La diarrhée est une excrétion quotidienne excessive d'eau fécale ou de selles trop fréquentes, et/ou trop liquides, et/ou trop abondantes depuis moins de 2-3 semaines.

Les diarrhées ont souvent la même étiologie que les gastro-entérites mais le passage en gastro-entérite dépend de l'individu et de la dose de contaminant ingérée. [19]

Elle ne doit être accompagnée d'aucun autre symptôme pour que la pathologie soit classée dans cette catégorie.

C) Définition de cas

Plusieurs définitions existent dans la littérature. Pour faciliter les explications, le terme de Maladies à Symptomatologie Gastro-entérique (MSG) sera retenu et englobera l'ensemble des pathologies de type gastro-entérites et diarrhées.

4.2.2 Temps d'incubation

Le temps d'incubation dépend pour une grande part de l'agent pathogène. Les symptômes de MSG peuvent apparaître en 8 heures avec une intoxication à la salmonellose alors que pour une intoxication à *Yersinia* le temps d'incubation peut durer 10 jours. Il est donc difficile de déterminer un temps d'incubation précis.[20]

Dans le cas de notre étude, nous estimerons ce délai à 2 semaines maximum.

4.2.3 Etiologie des MSG

L'étiologie des MSG peut être infectieuse ou non. Il faut noter tout de même que l'origine infectieuse est la plus répandue. [21]

A) MSG d'origine infectieuse

a) Description

Deux types de MSG infectieuses sont, comme indiqué ci-dessus, répertoriés : inflammatoire ou non inflammatoire. [21]

- Les MSG inflammatoires sont dues à des organismes qui pénètrent la muqueuse de l'intestin provoquant une ulcération et donc une inflammation. Ces germes sont en général *Campylobacter jejuni*, les salmonelles, les shigelles et *Yersinia*...
- Les MSG non inflammatoires sont dues à des organismes qui désorganisent la flore intestinale et qui provoquent un mauvais fonctionnement. Les germes sont les suivants : le virus de Norwalk, *E. coli* entérotoxigène, *Clostridium perfringens*, *Giardia*...

De plus l'étiologie dépend du lieu géographique comme l'indique le Tableau 1 [22] :

Tableau 1 : Pourcentage des Principaux agents responsables de MSG

	Etats Unis	Voyageurs	Pays Tropicaux
Virus			
Rotavirus	8 – 50	17	5 – 19
Virus type Norwalk	10 – 27	5 – 6	1 – 2
Bactéries			
<i>E coli</i> entérotoxigène	1 – 7	47	23 – 31
<i>Campylobacter</i>	1 – 4.6	1 – 3	7 – 14
Shigelles	1	1 – 22	8 – 11
Salmonelles	2 – 3	4 – 7	0 – 1
<i>Yersinia-Vibrion</i>			
<i>Aeromonas. Cl. difficile</i>	1 – 3	0 – 5	1 – 3
Parasites			
<i>Cryptosporidium</i>			4.5 – 7.6
<i>Giardia</i>	3 – 7	0 – 2	6.7
Strongyloïdes	0.2	0 – 1	3 – 5
<i>E. hystolitica</i>	0.6	0 – 1	2

Ces données datent de 20 vingt ans et il est logique de penser qu'avec les améliorations scientifiques et technologiques, ces chiffres doivent être relativisés. Toutefois la différence entre les Etats Unis et les pays tropicaux est intéressante à observer et justifie les orientations du mémoire. En effet, la majeure partie des contaminations s'effectue par des bactéries et des parasites dans les pays tropicaux alors que dans les pays tempérés, ces agents sont plus rarement à l'origine de diarrhées aiguës.

b) *Facteurs de risque de MSG d'origine infectieuse*

Les 4 facteurs de risque suivants sont à prendre en compte dans la survenue de MSG.

- La baignade et les activités nautiques sont des facteurs d'expositions aux agents pathogènes. Les parasites *Cryptosporidium* et *Giardia* sont à l'origine de nombreuses épidémies de gastro-entérites chez les baigneurs en piscines ou en milieux naturels.[21] Des études aux Etats-Unis [18] ont également montré que des micro organismes comme les virus de Norwalk ou les *Shigella* peuvent également être à l'origine d'éclousions d'épidémies de diarrhées après des activités nautiques.
- Les contacts entre personnes ne doivent pas être négligés. La transmission de pathogènes à l'origine des MSG peut s'effectuer par des surfaces souillées, par les mains et par contact avec des matières fécales. Les institutions comme les garderies, les écoles, les hôpitaux ou les maisons de retraite sont particulièrement touchées par ce type d'épidémies.

- Les voyages en pays tropicaux sont une source privilégiée d'exposition aux pathogènes. Le taux d'incidence de ces diarrhées augmente si la différence d'hygiène observée entre le pays d'origine et le pays visité est importante. Il peut varier de 20 à 50%. [19]
- Enfin le dernier facteur de risque est l'hygiène alimentaire. Les pathogènes sont véhiculés par les aliments et par l'eau de consommation. La majeure partie des épidémies sont des intoxications dues aux aliments mais comme l'indique le Tableau 2, l'eau de consommation reste un vecteur important. [21]

Tableau 2 : Estimation du pourcentage de cas de MSG dû aux bactéries véhiculées par l'eau [18]

Bactérie	Pourcentage des infections dues à l'eau
<i>Campylobacter</i>	20
<i>Escherichia coli</i> entéro-hémorragique	15
<i>Salmonella sp.</i>	5
<i>Shigella</i>	80
<i>Yersinia enterocolitica</i>	10

Source : Center for Disease Control and Prevention (CDC)

B) MSG d'origine non infectieuse

4 causes sont principalement à l'origine de MSG non infectieuses : la prise de médicaments, certaines pathologies, l'allergie aux produits laitiers et les risques individuels. [21]

De plus la majorité des toxiques, acides et bases, les savons et détergents, les organophosphorés et les métaux lourds dont l'arsenic, le plomb et le mercure peuvent entraîner des symptômes équivalents aux MSG. (vomissements, douleurs abdominales) [20]

A partir de ces données bibliographiques, qui précisent que la consommation d'une eau turbide peut être à l'origine d'épidémie de MSG, nous allons étudier la situation de la Guadeloupe en adoptant la démarche explicitée dans la partie méthodologie § 5.

5 METHODOLOGIE

5.1 Périodes de l'étude

Le bilan de la qualité des eaux distribuées en Guadeloupe a été effectué à l'aide des données du contrôle sanitaire de l'année 2004. Cette période nous permettra de distinguer les différences de qualité d'eau d'une commune à l'autre.

Le bilan des incidences des MSG et les liens pluviométrie-turbidité-MSG seront étudiés sur la période de juin 2003 à juin 2005.

5.2 Zone d'étude

Un état des lieux consistant à réaliser un bilan de la qualité des eaux distribuées par commune, a permis de déterminer une répartition de la qualité des eaux distribuées en Guadeloupe et ainsi de sélectionner une zone d'étude où la qualité des eaux est régulièrement hors normes, notamment pour le paramètre turbidité.

5.3 Données exploitées

5.3.1 La veille sanitaire

A) Présentation

La DSDS de la Guadeloupe a mis en place une cellule de veille sanitaire qui travaille en collaboration avec la CIRE Antilles Guyane.

La mission principale de la veille sanitaire en Guadeloupe est de surveiller en permanence la santé de la population et son évolution afin de détecter toute menace pour la santé publique. Elle réalise cette mission en récoltant des déclarations de pathologie régulièrement, en interprétant les courbes épidémiologiques, en réalisant des évaluations de risques et en définissant des plans d'actions.

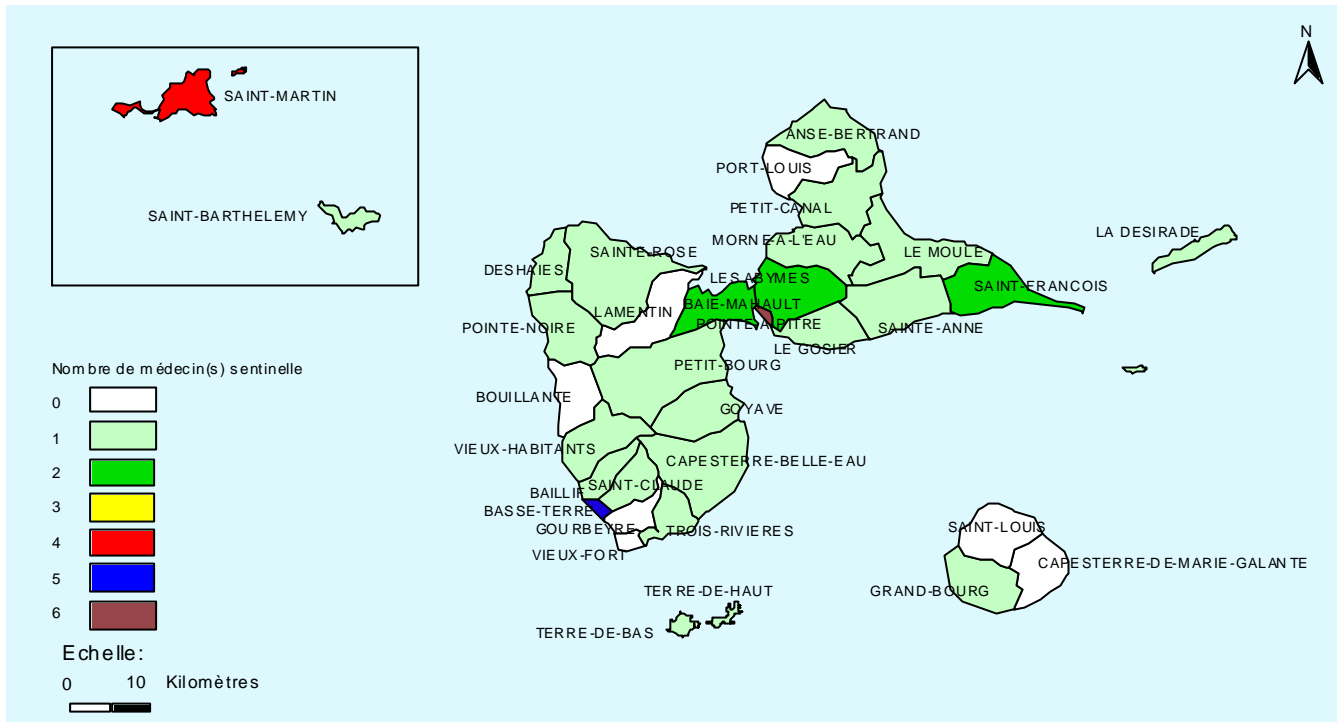
B) Sources d'informations

Les sources principales d'informations sont les suivantes :

- Un réseau sentinelle composé de 42 médecins généralistes et 6 hospitaliers, qui couvrent 30 communes de la Guadeloupe.
- Les laboratoires locaux (Pasteur, CHU...) et nationaux (Merieux Lyon et Pasteur Serba Paris)

La répartition des médecins sentinelle dans l'île est représentée sur la Figure 5 :

Figure 5 : Localisation des médecins sentinelle en Guadeloupe



La veille sanitaire collecte également des données dans le milieu scolaire, au Conseil Général, dans les établissements médicalisés et chez les particuliers (Données secondaires).

C) Collecte des données

Le recensement des cas s'effectue de manière hebdomadaire sur plus de 15 pathologies dont les diarrhées, les gastro-entérites, les viroses et les gripes. Il permet ainsi de détecter les moindres variations hebdomadaires du nombre de cas par pathologie et par secteur géographique.

Ces données sont collectées par la DSDS à l'aide d'un questionnaire que les médecins doivent remplir chaque semaine. L'infirmière les contacte par téléphone tous les lundis et mardis pour récupérer les résultats de la semaine précédente. Les données sont saisies sur un tableur permettant leur exploitation.

5.3.2 Météo France

Les données de pluviométrie ont été fournies par la direction interrégionale Antilles Guyane de Météo France.

Les données exploitées dans cette étude s'étalent sur une période de 2 ans (juin 2003 à juin 2005) avec une fréquence de relevés hebdomadaire. Une grande partie des communes de la Guadeloupe possèdent un pluviomètre ce qui permet d'obtenir des données précises sur chaque commune.

5.3.3 Les données du contrôle sanitaire

Ces données sont celles du contrôle sanitaire réalisé par la DSDS en application du code de la Santé Publique.

A) En production

L'analyse P1 correspond au programme d'analyses de routine effectué au point de mise en distribution et l'analyse P1+P2 correspond à un complément d'analyses par des paramètres phytosanitaires et des métaux. (annexe 4)

Les analyses P1 + P2 ont été mises en place au court de l'année 2004. Seules les données des P1 ont donc été utilisées.

La fréquence de ces analyses est fonction du nombre d'abonnés et est déterminée à l'aide de l'annexe 13-2 du code de la santé publique. [23]

B) En distribution

L'analyse D1 correspond au programme d'analyses de routine effectuées au point d'usage et l'analyse D2 correspond à un complément d'analyses de D1 qui permet d'obtenir un programme complet (D1 + D2). (annexe 4)

➤ La D1 : contrôle réalisé avec une fréquence qui dépend du nombre d'abonnés [23] et les paramètres analysés présentés en annexe 4.

➤ La D1+D2 : contrôle réalisé avec une fréquence qui dépend du nombre d'abonnés [23]. Les paramètres analysés sont répertoriés dans le tableau présenté en annexe 4.

5.3.4 Les données de l'autocontrôle

Les exploitants sont tenus par l'article R1321-23 du code de la santé publique de surveiller la qualité de l'eau de distribution et doivent tenir à disposition du Préfet les résultats de cette surveillance et toutes informations en rapport avec la qualité de l'eau (article R1321-25).

Pour obtenir un maximum de renseignements et compléter les données du contrôle sanitaire de la DSDS, les données d'exploitation ont été récupérées auprès des régies (Sainte-Rose), des syndicats (CGSP) et des exploitants (Générale des eaux) des communes étudiées.

Au moment de la rédaction du mémoire, la régie des eaux de Sainte Rose ne nous a toujours pas fourni ces résultats d'autocontrôle.

La Générale des eaux qui gère la production d'eau potable de Deshaies nous a bien remis les résultats de turbidité de l'eau distribuée mais la fréquence de mesure pour ce paramètre n'est pas adaptée pour atteindre l'objectif fixé. En effet la mesure de turbidité est relevée en moyenne une fois par mois ce qui ne permet pas d'établir une corrélation avec l'incidence des MSG.

Enfin les résultats concernant les communes de Bouillante, Pointe Noire et Vieux Habitants nous ont été mis à disposition par la CGSP. A la sortie de chaque usine 4 mesures de turbidité de l'eau distribuée sont effectuées hebdomadairement par les agents de la CGSP. Cette fréquence de mesure est largement satisfaisante pour mener notre étude.

5.4 Hypothèses et outils de travail

5.4.1 Estimation des Maladies à Symptomatologie Gastro-entérique (MSG)

Certaines communes ne possèdent pas de médecins sentinelle et d'autres en possèdent plusieurs. L'obtention du nombre de MSG en Guadeloupe et par commune avec les seules données des médecins sentinelle a donc nécessité une estimation.

Pour réaliser cette estimation de l'impact réel, il était nécessaire d'évaluer le volume de consultations chez les médecins sentinelle par rapport au nombre total de médecins

réalisant des activités libérales. De plus le nombre d'habitants par commune fourni par le recensement de 1999 de l'INSEE nous a permis d'exprimer les résultats en incidence pour 100000.

L'estimation repose sur les hypothèses décrites ci-après.

A) Hypothèses

Hypothèse 1 : Les habitants d'une commune se rendent chez un médecin de la commune.

Une liste exhaustive des médecins par commune et par secteur d'astreinte, exerçant en Guadeloupe est jointe en annexe 6.

Hypothèse 2 : Le pourcentage de MSG par rapport à l'ensemble des pathologies diagnostiquées est identique chez tous les médecins d'une même commune. C'est-à-dire que l'échelle de travail est la commune et les résultats observés chez le(s) médecin(s) sentinelle est (sont) identique(s) aux autres médecins d'une même commune.

Hypothèse 3 : Les médecins exerçant une activité mixte, c'est-à-dire qu'ils exercent à la fois une activité libérale et une activité de salarié, ont été pris en compte en évaluant que leur activité libérale représentait en moyenne la moitié de leur temps de travail.

Hypothèse 4 : Le volume de consultations chez un médecin sentinelle est le même, en moyenne, que chez un médecin non sentinelle.

Ainsi la somme des médecins en terme d'activité libérale (cf. hypothèse précédente) en Guadeloupe est de 335 médecins et le nombre de médecins sentinelle en Guadeloupe est de 42. Le pourcentage de médecin sentinelle est donc de 12,5 % ce qui revient à dire que le volume de consultations chez les médecins sentinelles est de 12,5 %. Le calcul peut se réitérer dans chaque commune à partir du moment où l'on connaît le nombre de médecin total et sentinelle de la commune.

Cette dernière liée avec les 3 précédentes permet de réaliser, à partir des données des seuls médecins sentinelle, une estimation de l'impact réel des MSG par commune en Guadeloupe.

B) Principe de l'estimation

Dans un premier temps, le nombre de cas de MSG recensés par les médecins sentinelle est ramené à une incidence pour 100000 à l'aide des données du recensement réalisé par l'INSEE en 1999.

Dans un second temps, l'incidence est multipliée par le ratio du nombre total de médecins de la commune sur le nombre de médecins sentinelle de la commune.

On obtient ainsi une estimation de MSG par commune. Les formules suivantes détaillent le calcul :

$$\text{Incidence recensée} = \text{Nbre de cas recensés} \times \frac{100000}{\text{Nbre d'habitants}}$$

$$\text{Incidence estimée} = \text{Incidence recensée} \times \frac{\text{Nbre de médecins total de la commune}}{\text{Nbre de médecins sentinelle de la commune}}$$

C) Méthodologie

Le nombre de cas de MSG a été compté avec une fréquence hebdomadaire de juin 2003 à juin 2005 par commune possédant au moins un médecin sentinelle.

5.4.2 Modélisation de la turbidité

Les turbidités de l'eau distribuée sont mesurées à la sortie de chaque station de potabilisation (données exploitants et contrôle sanitaire). Lorsque la commune possède plusieurs stations de potabilisation, chacune d'elles ne dessert qu'une partie de la commune. L'incidence des MSG d'une commune ne peut donc pas être comparée directement aux valeurs de turbidités de l'eau desservie par une station.

Pour obtenir un résultat représentatif de la turbidité de l'eau consommée dans la commune il est donc nécessaire d'utiliser une modélisation de la turbidité en utilisant les données suivantes :

- Le volume journalier moyen produit par les stations de potabilisation permet de maximiser le poids des valeurs de turbidité de l'eau distribuée observées dans les stations produisant les plus grands volumes. Si une station A produit 10 fois plus d'eau potable qu'une station B, seules les données de turbidité de la station A seront conservées car plus de personnes sont susceptibles de consommer l'eau provenant de l'usine A.
- Pour un volume produit équivalent entre 2 stations d'une même commune, la valeur de turbidité d'eau distribuée retenue est la valeur maximale observée entre les 2 stations. On met ainsi l'accent sur l'exposition susceptible aux pathogènes.

Cette "modélisation" permet de retenir l'exposition de la plus grande partie des habitants aux eaux de distribution connaissant les pics de turbidités les plus importants.

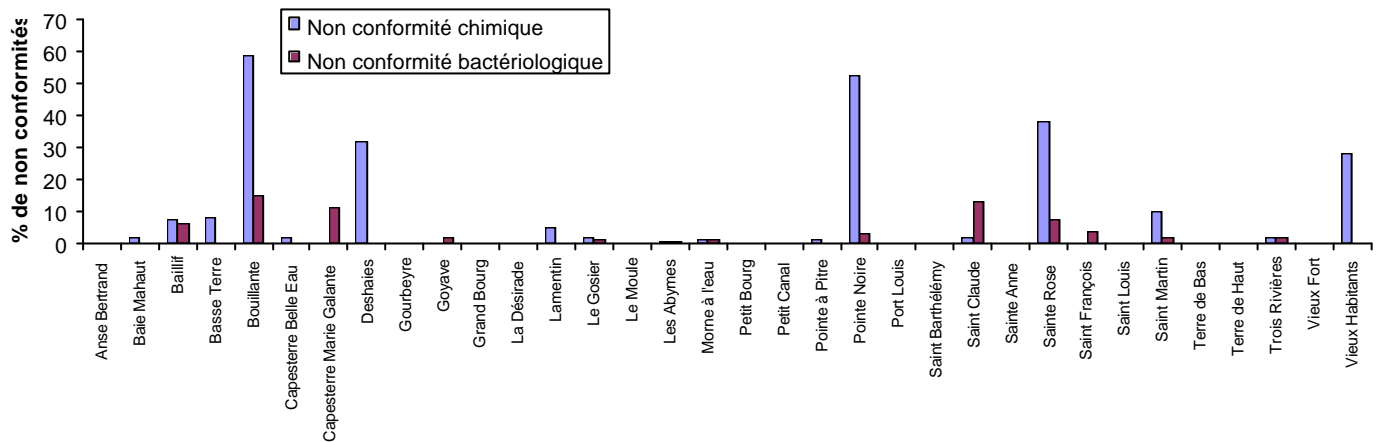
6 ETAT DES LIEUX

6.1 Résultats du contrôle sanitaire de l'année 2004

L'ensemble des 34 communes de la Guadeloupe est régulièrement contrôlé par la Direction Sanitaire et du Développement Social (DSDS). 1062 prélèvements ont été effectués aux différents points d'usage en 2004.

Le bilan des analyses D1 et D1+D2 est représenté par la Figure 6.

Figure 6 : Bilan des non-conformités chimiques et microbiologiques des eaux distribuées par commune en Guadeloupe durant l'année 2004

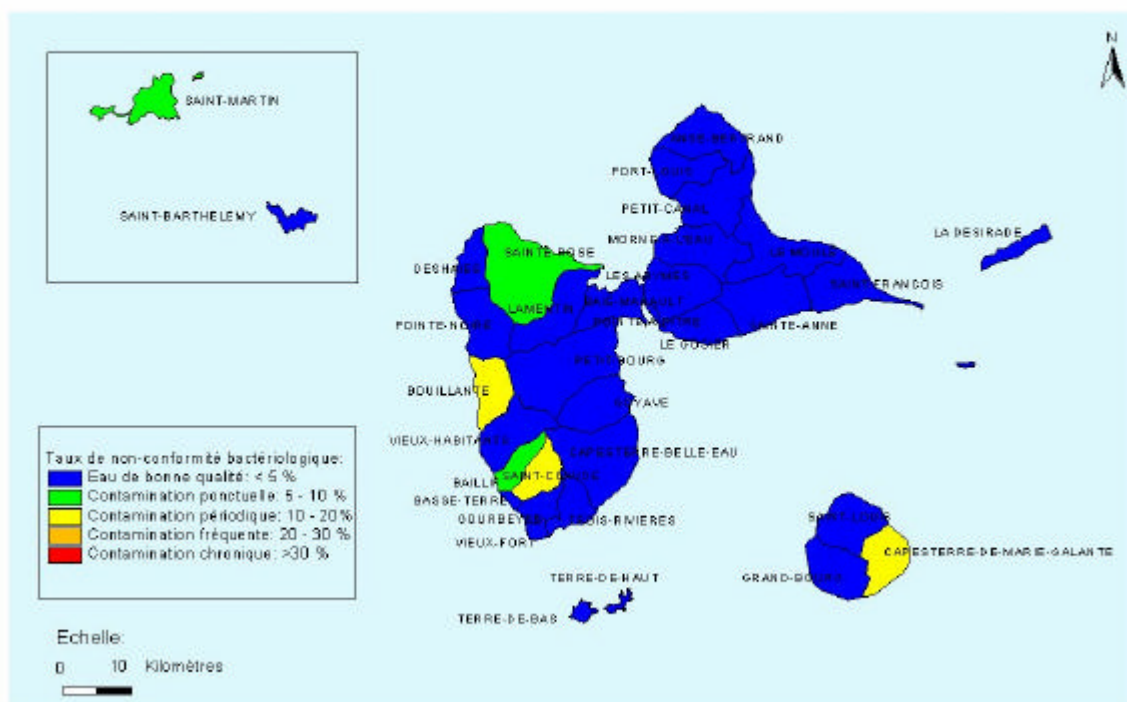


La qualité microbiologique des eaux distribuées en Guadeloupe est globalement satisfaisante puisque les résultats d'analyses microbiologiques respectent les normes dans plus de 95% des cas. Seules trois communes, Bouillante, Capesterre Marie Galante et Saint Claude présentent un pourcentage de non-conformité microbiologique atteignant les 15%.

La Figure 7 présente la carte des non-conformités microbiologiques durant l'année 2004 des communes de la Guadeloupe.

Figure 7 : Qualité microbiologique des eaux de distribution pour l'année 2004 en Guadeloupe

Qualité bactériologique des eaux de distribution pour l'année 2004



Source DSDS

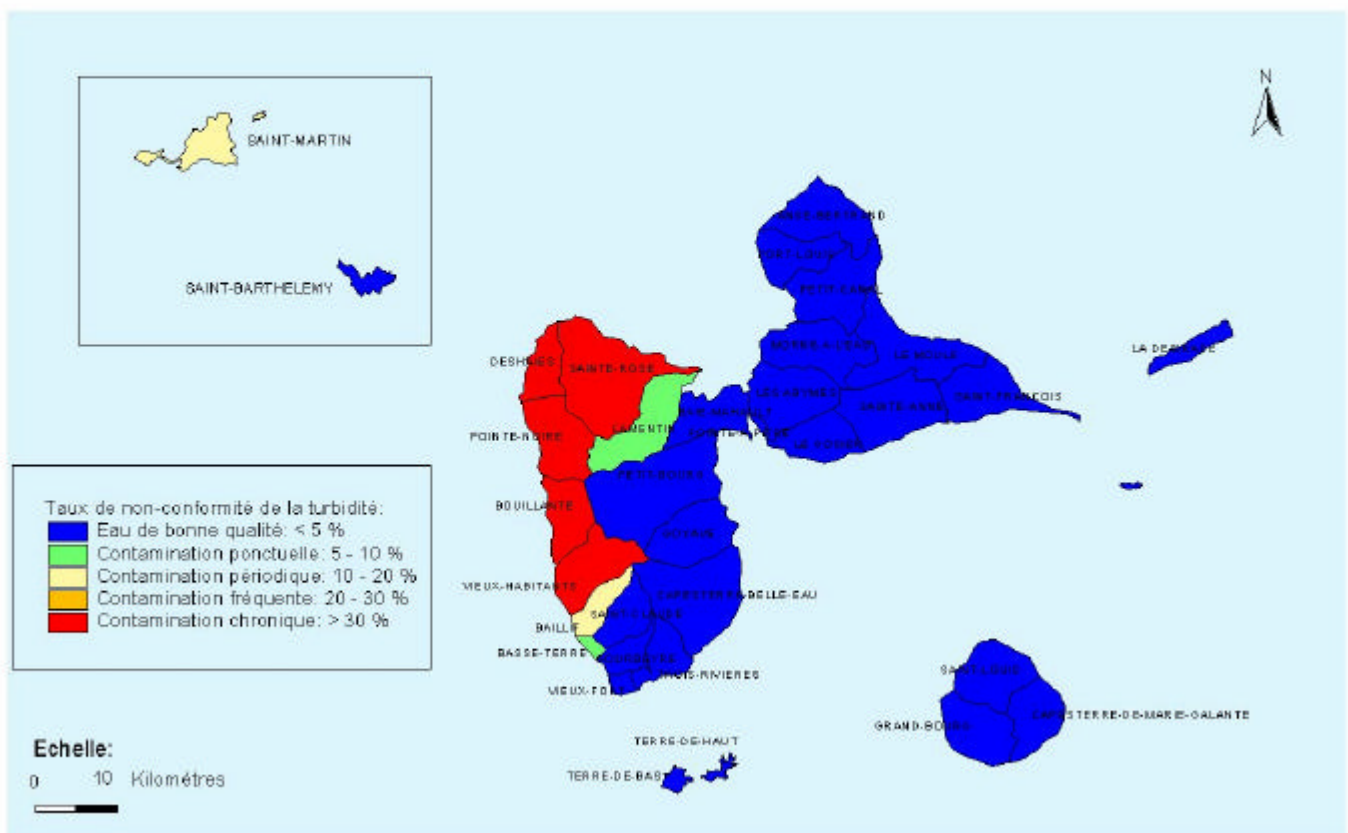
Par contre, les pourcentages de non-conformités chimiques sont parfois très importants, notamment dans 5 communes de la Guadeloupe : Bouillante, Deshaies, Pointe Noire, Sainte Rose et Vieux Habitants.

Ces non-conformités sont essentiellement dues aux dépassements de limite de qualité du paramètre turbidité. En effet, les résultats des analyses indiquent que ces 5 communes présentent des turbidités hors normes dans près de 50% des contrôles de la DSDS.

La Figure 8 représente les résultats de non-conformités liés à la turbidité en Guadeloupe en 2004.

Figure 8 : Bilan des non-conformités liées aux paramètres turbidité en Guadeloupe pour l'année 2004

Turbidité des eaux de distribution pour l'année 2004

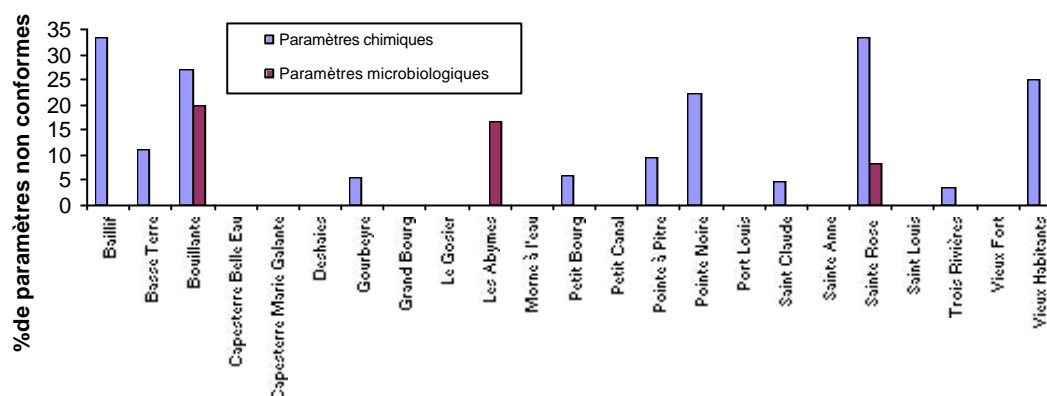


Remarque : le bilan des non-conformités a également été réalisé à la sortie des usines (analyses P1) pour vérifier si la source de pollution provoquant les non-conformités provenait des réseaux ou non.

58 stations de traitement des eaux destinées à la consommation sont contrôlées par la DSDS et 332 analyses P1 ont été réalisées durant l'année 2004 dont 83 analyses P2.

Pour simplifier l'interprétation des résultats, seuls les paramètres ayant une limite de qualité ont été pris en compte dans le bilan des conformités chimiques et microbiologiques. Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure 9.

Figure 9 : Bilan des non-conformités chimiques et microbiologiques des eaux en sortie de production en Guadeloupe durant l'année 2004 et par commune



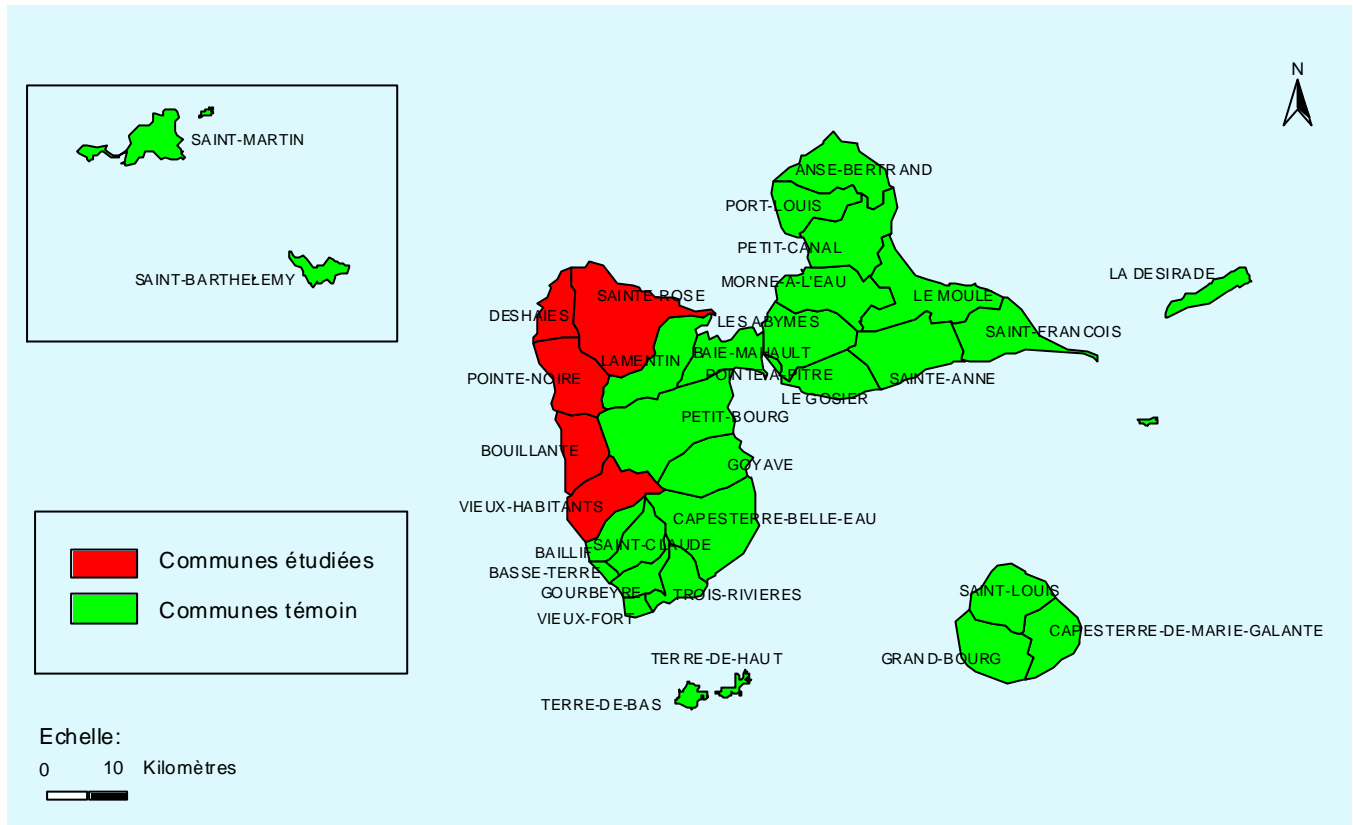
Globalement cette figure est difficilement interprétable car les fréquences des analyses sur l'eau mise en distribution sont assez faibles. En 2004, l'eau en sortie de production de certaines usines n'a été contrôlée que 4 fois compte tenu du débit de la ressource. Toutefois, on constate que les problèmes de qualité de l'eau distribuée ne proviennent pas des réseaux car le pourcentage de paramètres non conformes est relativement important également en sortie de production, surtout dans les 5 communes citées précédemment.

6.2 Délimitation de la zone d'étude

6.2.1 Localisation

L'état des lieux met en évidence une situation de non-conformités chimiques, liées essentiellement au paramètre turbidité, des eaux distribuées dans les communes de Bouillante, Deshaies, Pointe Noire, Sainte Rose et Vieux Habitants. Ces communes ont donc été choisies comme zone d'étude (Figure 10) Nous allons donc étudier un peu plus dans le détail la situation de ces communes vis-à-vis de la production et de la distribution d'eau de consommation humaine.

Figure 10 : Localisation des communes dites à risque et des communes témoin



Les communes étudiées ont toutes leurs captages sur le relief de la Basse Terre qu'ils soient des captages en rivière ou des captages en source. (annexe 2)

6.2.2 Les stations de potabilisation

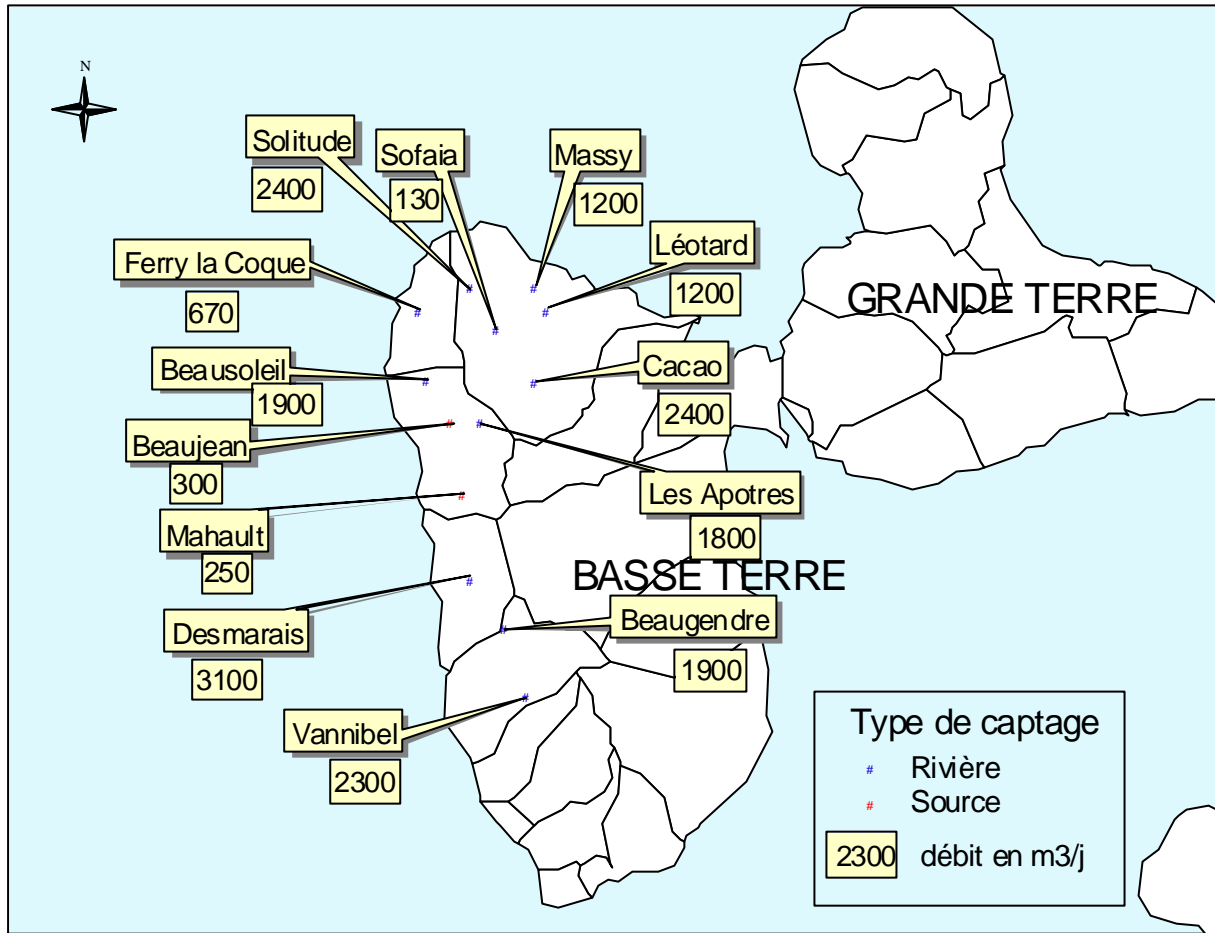
A) Présentation

La zone d'étude présente 13 stations de traitement d'eau destinée à la consommation humaine.

- Bouillante : station Desmarais
- Deshaies : station Ferry de la Coque
- Pointe Noire : Stations Beausoleil, Beaujean, Mahaut et les Apôtres
- Sainte Rose : Station de Léotard, Cacao, Massy, Sofaia et Solitude
- Vieux Habitants : Station Vannibel et Beaugendre

Ces stations dont la localisation est présenté par la Figure 11 ont fait l'objet d'une visite technique dans le cadre de la présente étude dont voici les principaux constats.

Figure 11 : Station de traitement et leur débit (m³/j) de la zone d'étude



B) Descriptif

a) Bouillante

Le captage d'eau brute qui alimente la station Desmarais se fait en rivière.

L'eau brute passe tout d'abord sur un dégrilleur et dessableur. Elle subit ensuite une préchloration et une coagulation floculation par injection de sulfate d'aluminium. Deux bassins, le premier avec une agitation rapide de l'eau et le deuxième avec une agitation plus lente, assurent le mélange du coagulant avec l'eau et le grossissement des floes. La décantation est réalisée par des décanteurs lamellaires. La désinfection finale s'effectue avec du chlore juste avant le stockage dans 2 réservoirs : le premier de 300 m³ destiné uniquement à l'usage de l'hôpital local et le deuxième de 700 m³.

Le synoptique du principe de production et de distribution est présenté en annexe 6.

b) Deshaies

Le captage d'eau brute alimentant la station de Ferry la Coque se fait en rivière. Il se situe à 1 km de la station et l'eau arrive en gravitaire par une conduite en fonte de 200 mm. Une crépine évite le passage d'éléments trop grossiers. Une vanne automatique et un débitmètre électromagnétique gèrent le débit d'entrée dans la station. L'eau passe tout d'abord par un dessableur et subit une préchloration. Ensuite une injection de chaux est réalisée pour augmenter le pH puis le sulfate d'alumine est injecté pour réaliser l'étape de coagulation floculation. L'eau passe ensuite dans un décanteur rectangulaire puis est filtrée. Enfin l'eau est désinfectée par du chlore gazeux puis neutralisée avec de la chaux. Le réservoir de la station est de 500 m³.

c) *Pointe Noire*

La commune de Pointe Noire est alimentée par 4 points de production d'eau potable. Seule la station de Beausoleil a été visitée car les stations de Mahaut et de Beaujean ont pour unique traitement une chloration : leur captage est une source. De plus la station des Apôtres est fermée depuis fin 2004 pour cause de travaux.

La prise d'eau brute de la station de Beausoleil est un captage en rivière. L'eau brute passe tout d'abord sur un dégrilleur dessableur. Ensuite une injection de sulfate d'alumine est effectuée proportionnellement à la turbidité (de 0 à 30 NFU). Les taux de traitements varient donc entre 30 et 35 g/m³.

La décantation s'effectue dans un décanteur circulaire de 6 m de diamètre et de 6 m de profondeur. L'eau claire rejoint les 2 filtres à sable fermés (2.5 m de diamètre et 2.5 m de hauteur) par gravitation.

La désinfection finale s'effectue par injection de chlore juste avant le stockage dans un réservoir de 700 m³.

Le synoptique du principe de production et de distribution est présenté en annexe 6.

d) *Sainte Rose*

Les 5 stations de Sainte Rose repose sur le même schéma. Un captage en rivière qui alimente en gravitaire les stations. L'eau brute passe sur un dessableur. Ensuite une injection de sulfate d'alumine est effectuée manuellement et « proportionnellement » à la turbidité, c'est à dire que le système n'est pas asservi mais les agents modifient le débit d'injection en fonction de la turbidité de l'eau brute. La décantation s'effectue dans un décanteur circulaire de 6 m de diamètre et de 6 m de profondeur. L'eau claire rejoint une série de filtres à sable ouvert pour la station de Sofaia et fermés pour les autres stations. La désinfection finale s'effectue par injection de chlore gazeux juste avant le stockage.

e) *Vieux Habitants*

Les stations de Vieux Habitants sont du même type que celle de Desmarais à Bouillante.

Le synoptique du principe de production et de distribution est présenté en annexe 6.

C) Audit des stations

Afin de compléter cette première analyse un audit de toutes les stations de potabilisation des communes de la zone d'étude est prévu au cours de la semaine du 12 au 16 septembre 2005. Cet audit sera réalisé par M. MONTIEL de la SAGEP pour le compte de la DSDS.

D) Analyse des défaillances

Suite à la visite de ces stations de traitement, un certain nombre d'éléments permet d'expliquer l'apparition fréquente de pics de turbidité de l'eau distribuée :

- Certaines installations sont relativement anciennes. Des investissements seraient nécessaires pour renouveler les installations les plus vétustes.
- Les stations ne disposent pas de vannes d'entrée de l'eau brute asservie à la turbidité. Lors des événements pluvieux importants, les stations laissent entrer des eaux brutes trop chargées en turbidité, le traitement n'est plus efficace et cette eau turbide contamine les réseaux et les réservoirs.

- Certaines stations ne possèdent pas de débitmètre en entrée. Ainsi elles laissent entrer un débit d'eau brute nettement supérieur au débit imposé par le dimensionnement. Certains ouvrages fonctionnent donc en sur régime de ce fait les décanteurs ne peuvent plus réaliser leur mission.
- Plusieurs stations possèdent une capacité de filtration insuffisante pour le débit imposé. Les filtres à sable se colmatent très vite lorsque les eaux sont très chargées et la filtration n'est pas efficace.
- L'étape de coagulation floculation est très particulière et nécessite une démarche soignée pour être efficace. Or :
 - ✓ le pH de l'eau brute n'est pas contrôlé. Lors des événements pluvieux, ce pH peut varier de façon importante. Or une coagulation floculation bien maîtrisée nécessite un pH avoisinant les 6,5 sinon les floccs grossissent mal et la décantation n'est pas efficace.
 - ✓ Certaines stations effectuent une correction du pH de l'eau brute en ajoutant de la chaux mais la pompe d'injection n'est pas asservie au pH. Cette correction n'est donc pas efficace.
 - ✓ La dose de sulfate d'alumine est généralement déterminée par des tests expérimentaux (Jar test). Or ces tests ne sont pas réalisés et la dose est évaluée très approximativement en fonction de la turbidité.
- Certaines stations n'effectuent pas de neutralisation à la fin du traitement ce qui a pour conséquence de détériorer les réseaux de distribution.
- Le traitement des eaux de source consiste en une simple chloration or on a vu que ces eaux connaissent également des variations de turbidité importantes. Ces eaux devraient donc subir un traitement adapté de cette turbidité. (cf. annexe 7 : commune Pointe Noire : station Beaujean et Mahaut)
- Le réflexe des exploitants lorsque la turbidité de l'eau distribuée dépasse les normes est d'augmenter la dose de chlore injectée. Cette opération n'engendre pas une désinfection efficace et de plus elle est relativement dangereuse du fait de la formation de THM.

L'analyse de ces premiers éléments confirme que les installations en place pour produire de l'eau potable dans les communes étudiées ne sont pas adaptées à un traitement efficace de la turbidité. Lors des événements pluvieux importants, les eaux brutes deviennent rapidement très turbides et il n'est pas étonnant de voir apparaître des pics de turbidité dans l'eau distribuée.

6.3 Bilan

La qualité des eaux distribuées est moyenne à médiocre dans les 5 communes choisies comme zone d'étude par rapport au reste de la Guadeloupe. De plus les équipements et les chaînes de traitements ne sont pas adaptés au traitement efficace et continu de la turbidité.

Il convient d'examiner dans la partie suivante si cette mauvaise qualité d'eau de distribution peut avoir une influence sur l'incidence de MSG dans ces communes.

7 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE

7.1 Influence de l'eau de distribution sur l'incidence de MSG

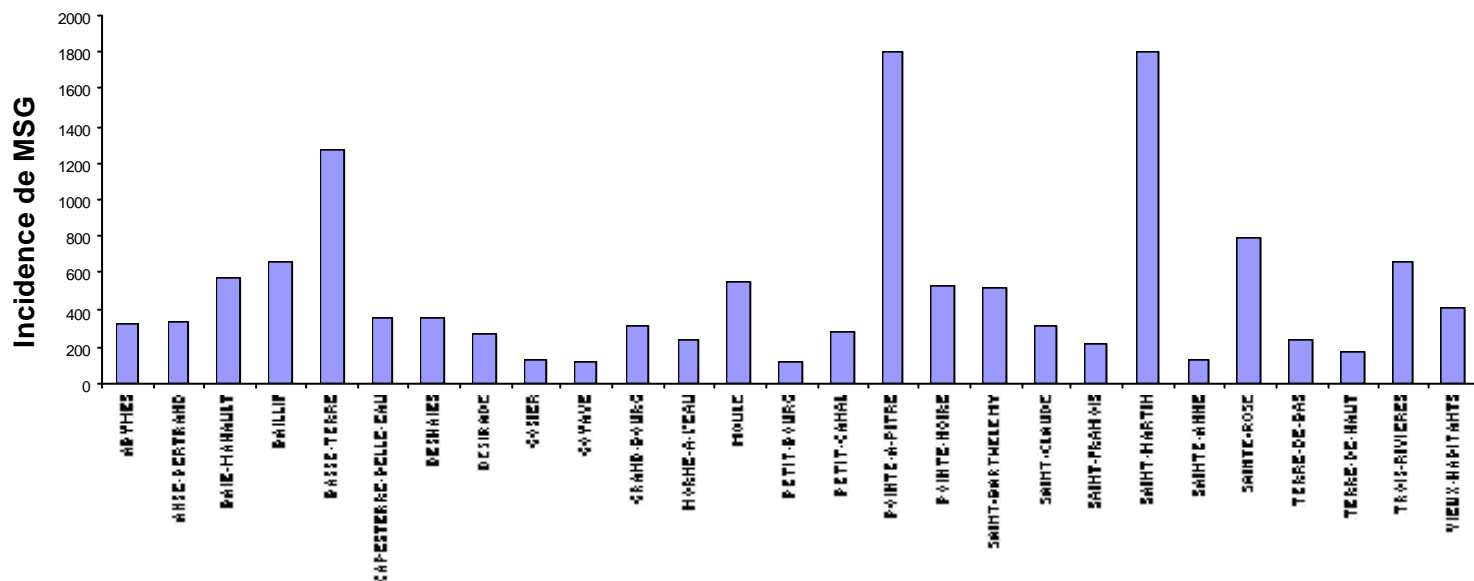
7.1.1 Incidence des MSG en Guadeloupe

A) Exploitation des données de la veille sanitaire

a) Analyse des données brutes recensées par les médecins sentinelle

La Figure 12 indique que le nombre de MSG recensées par les médecins sentinelle est très important dans trois communes : Basse Terre, Pointe à Pitre et Saint Martin. Toutefois l'interprétation de ces résultats est difficile car ils indiquent uniquement un constat de MSG observées par les médecins sentinelle et le nombre de médecins sentinelle est différent selon les communes. Ces résultats ne permettent donc pas de comparer les communes entre-elles.

Figure 12 : Incidence des MSG recensées par les médecins sentinelles par communes de juin 2003 à juin 2005



Remarque : La commune de Bouillante ne possède pas de médecin sentinelle. L'analyse des données reliant l'incidence des MSG aux paramètres environnementaux se limitera donc aux 4 autres communes de la zone d'étude.

b) Estimation de l'impact

Une estimation des incidences de MSG par commune a été calculé sur la base des hypothèses décrites dans le § 5.4.1.

Cette estimation permet de comparer les communes entre-elles. La moyenne des incidences de MSG estimées pour 100000 habitants sur la période de 2 ans est de 29174 et la médiane est de 24481.(Figure 13)

11 communes dépassent une incidence de cas de MSG de 30000 pour 100000 habitants pour la période des 2 ans. Elles sont listées dans le Tableau 3.

Figure 13 : Incidence estimée de cas de MSG durant la période de juin 2003 à juin 2005

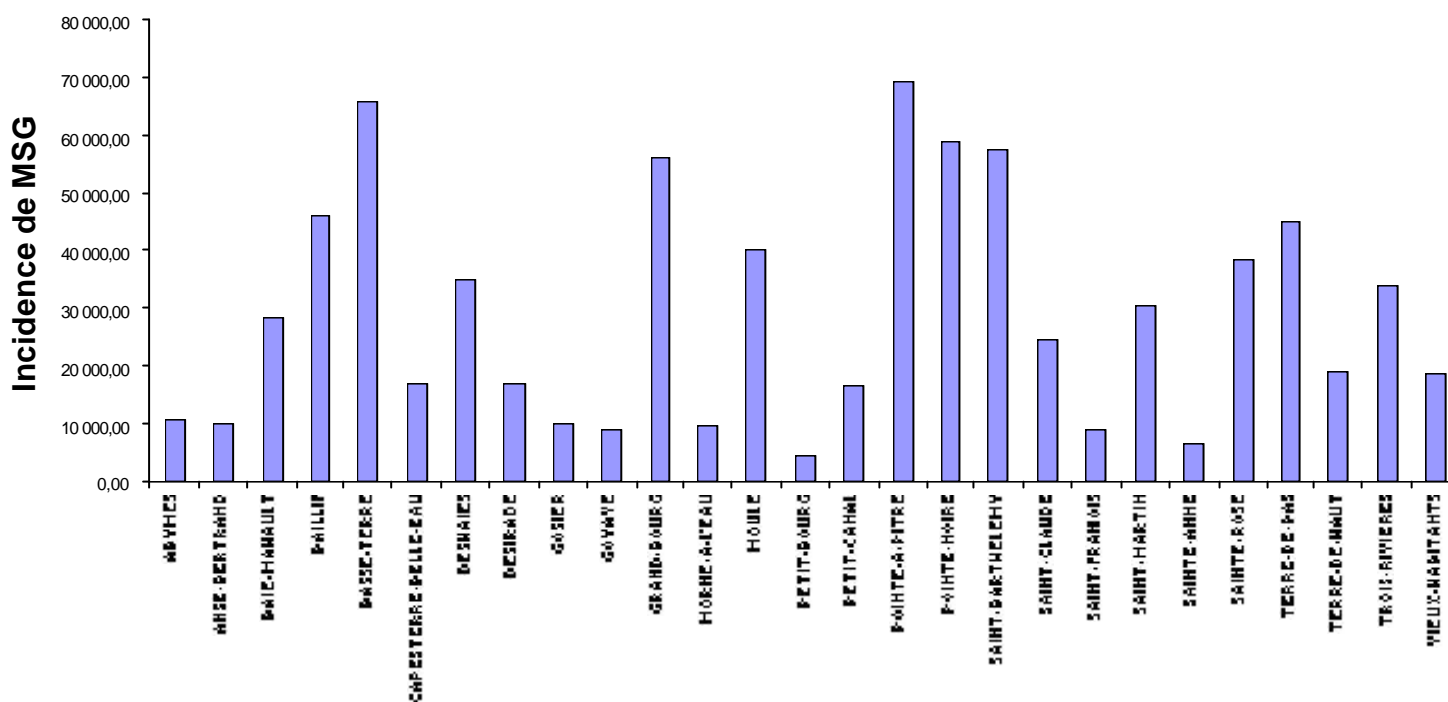


Tableau 3 : Incidence de MSG des 11 communes pour la période de 2 ans

Commune	Incidence (1/100000)
POINTE-A-PITRE	69679
BASSE-TERRE	66029
POINTE-NOIRE	59227
SAINT-BARTHELEMY	57380
GRAND-BOURG	55873
BAILLIF	45987
TERRE-DE-BAS	44776
MOULE	40030
SAINTE-ROSE	38693
DESHAIES	35044
TROIS-RIVIERES	34115

Parmi ces 11 communes on note la présence de 3 communes (Deshaies, Pointe Noire, Sainte Rose) sur les 4 de la zone d'étude. L'incidence estimée des cas de MSG à Vieux Habitants est relativement faible car elle n'est que de 18739.

c) *Comparaisons des résultats de la zone d'étude par rapport aux autres communes*

L'incidence moyenne hebdomadaire des cas de MSG en Guadeloupe est de 262,3 pour 100000 habitants. Or en comparant les 4 communes étudiées aux 23 autres communes

possédant au moins un médecin sentinelle, les résultats deviennent intéressants comme l'indique le Tableau 4.

Tableau 4 : Estimation de l'incidence des MSG durant la période de l'étude des 2 ans et moyennée sur la semaine

Période	2 ans	1 semaine
4 communes étudiées	36 324,79	352,67
23 autres communes	25 809,52	250,58

Pendant la période de 2 ans, un excès d'environ 10515 cas de MSG pour 100000 habitants est observé sur les 4 communes retenues par rapport aux 23 autres communes ce qui représente environ un excès de 102 cas pour 100000 par semaine.

d) Conclusion

Ce paragraphe montre donc que l'incidence estimée des cas de MSG dans les 4 communes étudiées est relativement importante par rapport à l'ensemble de la Guadeloupe. Cependant il fait également le constat que d'autres communes dont Basse Terre, la capitale administrative et Pointe à Pitre, la capitale commerciale (tableau 4) font état d'une incidence de MSG très élevée qui serait intéressant d'explorer dans le cadre d'une autre étude.

Certaines épidémies de MSG sont facilement identifiables comme les épidémies hivernales qui apparaissent de façon cyclique tous les ans en France métropolitaine.

Le paragraphe suivant explore si le phénomène est identique en Guadeloupe et si ces périodes d'épidémies hivernales sont identifiables.

B) Périodes d'épidémies hivernales

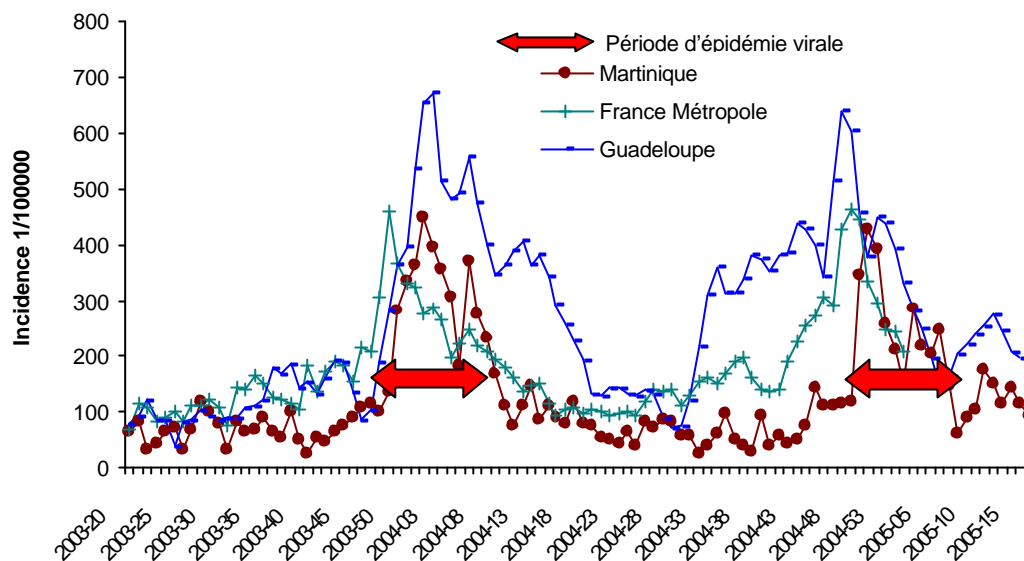
a) Définition

Les gastro-entérites dites «hivernales» sont d'origine virale. Elles se propagent par transmission inter humaine et n'ont donc aucun lien avec, des événements épidémiques de survenues de MSG d'origine, dites environnementales, notamment d'origine hydrique.

b) Détermination des épidémies hivernales en Guadeloupe

Des études ont été réalisées par la CIRE pour comparer l'évolution des MSG en métropole et dans les DFA [24]. Elles ont montré que les épidémies de gastro-entérites saisonnières, qui surviennent en métropole chaque année, touche les Antilles de manière systématique avec un retard variant de 1 à 6 semaines et une intensité équivalente comme l'indique la Figure 14.

Figure 14 : Incidence mobile sur 3 périodes des MSG en Martinique, en Guadeloupe et en France métropolitaine de juin 2003 à juin 2005



En 2003, on observe un pic de gastro-entérites, en Martinique et en Guadeloupe, 2 ou 3 semaines après le pic de la métropole. L'épidémie de MSG virale à transmission inter humaine est donc facilement identifiable.

En observant, les résultats de fin d'année 2004, le phénomène est identique à l'année 2003 mise à part une incidence élevée de MSG persistant en Guadeloupe de la semaine 33 à la semaine 50 2004 alors que le phénomène n'apparaît pas en Martinique. Il sera intéressant dans la suite du mémoire de déterminer s'il s'agit d'une épidémie virale ou si l'origine est également environnementale.

D'après les résultats de la CIRE Antilles Guyane, les périodes d'épidémies hivernales en Guadeloupe sont les suivantes :

- De la semaine 50 en 2003 à la semaine 13 en 2004 incluses
- De la semaine 50 en 2004 à la semaine 10 en 2005 incluses

Une nouvelle estimation de l'excès de risque de MSG peut alors être réalisée en enlevant ces périodes d'épidémies hivernales pour permettre de vérifier si elles engendrent des biais d'interprétations.

c) *Incidence des MSG hors épidémies hivernales.*

La Figure 15 est quasi identique à la Figure 13 mis à part la diminution de l'incidence car la période n'est plus que de 76 semaines contre 103 dans le cas précédent. La présence ou l'absence des périodes d'épidémies hivernales ne fait pas varier énormément l'excès de MSG observé sur les communes étudiées. En effet l'excès de MSG entre les communes étudiées et le reste de la Guadeloupe durant la période d'étude est de 92 pour 100000 habitants en enlevant les périodes d'épidémies hivernales comme l'indique le Tableau 5 alors qu'il était de 102 en gardant ces périodes.

Figure 15 : Incidence estimée de cas de MSG durant la période de juin 2003 à juin 2005 et en retirant les périodes d'épidémies hivernales

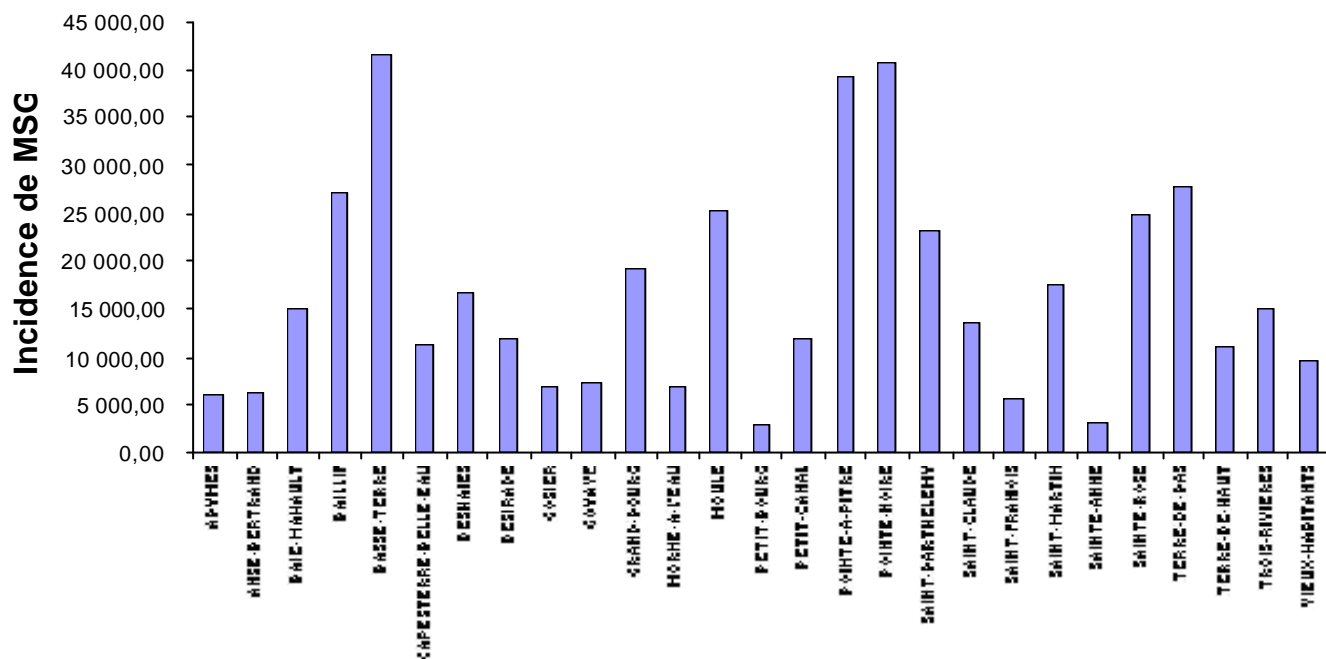


Tableau 5 : Comparaison de l'incidence estimée de MSG entre la zone d'étude et le reste de la Guadeloupe pendant la période de juin 2003 à juin 2005 et en enlevant les périodes d'épidémies hivernales

Période	76 semaines	1 semaine
4 communes étudiées	21871	288
23 autres communes	14885	196

d) Bilan

De juin 2003 à juin 2005, l'excès de MSG peut donc être estimé entre 92 et 103 pour 100000 et par semaine dans les communes étudiées par rapport au reste de la Guadeloupe.

Il conviendrait maintenant de déterminer si ces excès de MSG observés sont d'origine environnementale d'une part et si l'eau de distribution peut expliquer en partie cet excès de MSG d'autre part.

Remarque : pour une meilleure lisibilité des résultats, les liens entre l'incidence des MSG et les paramètres environnementaux (pluviométrie et turbidité) ne seront pas étudiés pendant les périodes d'épidémies hivernales.

7.1.2 Relation entre les MSG, la pluviométrie et les turbidités d'eau distribuée

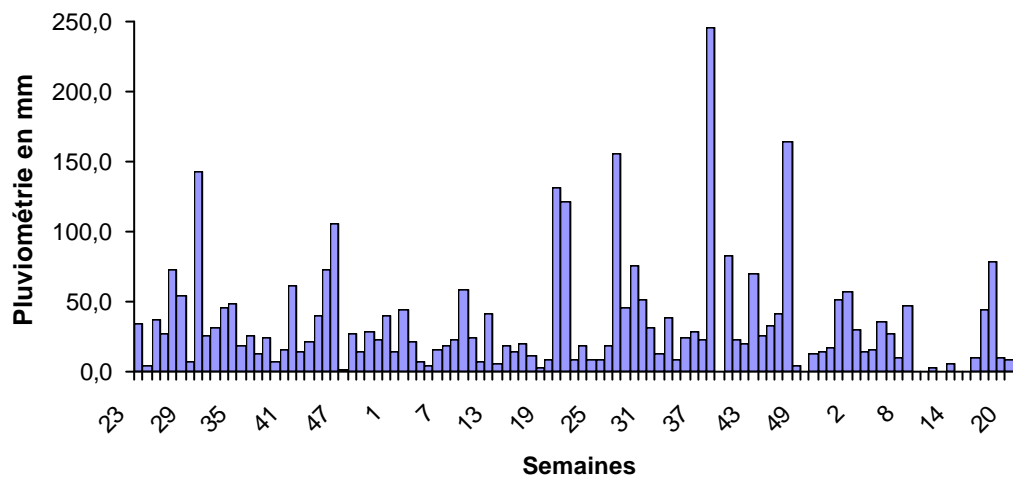
A) Lien entre la pluviométrie et les MSG

a) Pluviométrie

La Figure 16 présente la pluviométrie sur la commune de DESHAIES et permet de distinguer les 2 saisons suivantes :

- Une saison sèche de janvier à avril-mai
- Une saison humide de juillet à décembre

Figure 16 : Pluviométrie de la commune de Deshaies de la semaine 23 2003 à la semaine 21 2005



Les graphiques de pluviométrie de chaque commune étudiée sont présentés en annexe 8. Les résultats obtenus pour les autres communes ont la même tendance que pour la commune de Deshaies.

Remarque : La Figure 16 montre que la période comprise entre la semaine 30 et 50 en 2004 a été beaucoup plus pluvieuse que la même période en 2003 et ce phénomène est général à la zone d'étude et à la Guadeloupe entière. Cette période se situe hors périodes d'épidémies hivernales. La comparaison de cette période en 2003 et 2004 est donc une bonne base pour comparer l'évolution des MSG et la pluviométrie.

b) Comparaison des incidences de MSG semaine 30 à 50 2003 et 2004

Dans les 4 communes étudiées, l'incidence estimée est multipliée par 2,4 entre les semaines 30 à 50 en 2003 et 2004 tandis qu'elle est multipliée par 2,1 dans les 23 autres communes. (Tableau 6)

L'incidence des MSG augmente donc lorsqu'il pleut davantage. Le paragraphe suivant réalise une analyse plus fine en étudiant les séries temporelles afin de vérifier si cette hypothèse se confirme.

Tableau 6 : Comparaisons des incidences pour 100000 estimées durant les périodes semaines 30 à 50 2003 et 2004

Année	2003	2004
Incidence des 4 communes étudiées	3457,02	8216,94
Incidence des 23 autres communes	2579,14	5496,56

L'excès de MSG est dans les 4 communes étudiées est de 129,5 pour 100000 et par semaine. Cet excès est donc passé de 92 pour 100000 et par semaine en moyenne et sans les périodes d'épidémies hivernales à 129,5 pendant les 21 semaines étudiées.

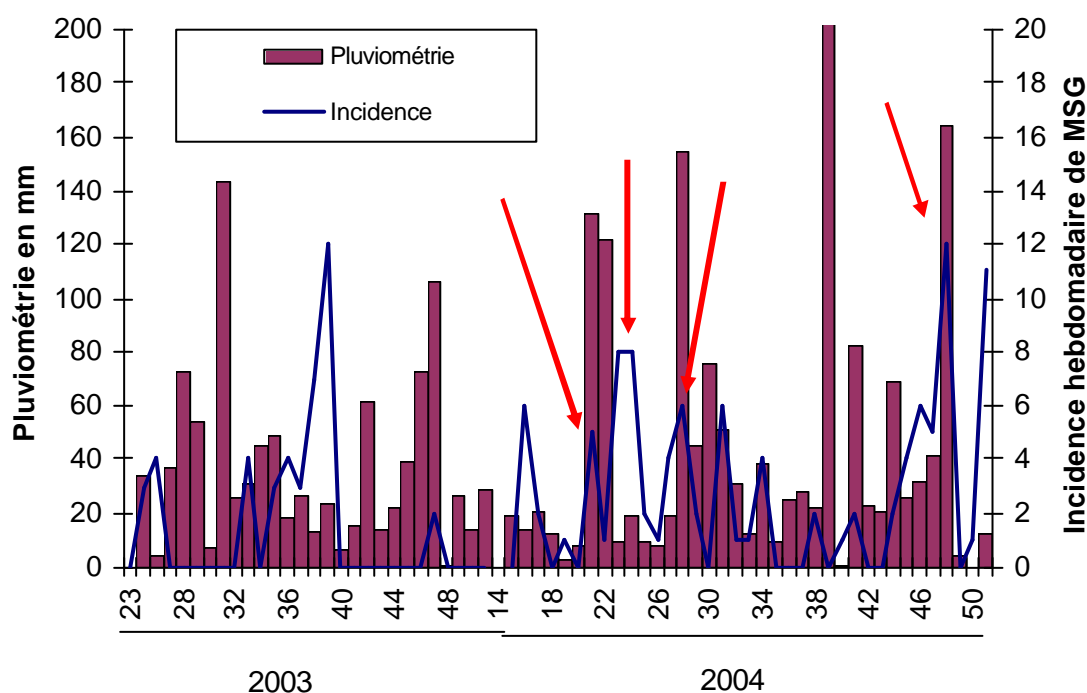
c) *Séries Temporelles*

La Figure 17 présente l'évolution de la pluviométrie et des MSG durant la période de juin 2003 à juin 2004 (hors période épidémies hivernales). Pendant les semaines 22 à 26 en 2004 et les semaines 48 à 50 en 2004, il y a eu apparition de pics de pluviométrie et de MSG.

Un décalage dans le temps est parfois observable entre le pic de pluviométrie et le pic de MSG mais il n'excède jamais 15 jours. On note également que les pic de MSG ne se situe jamais avant les pics de pluviométrie.

Le phénomène est beaucoup plus visible en 2004, année où la pluviométrie était supérieure sur le même pas de temps.

Figure 17 : Séries temporelles de la pluviométrie et de l'incidence des MSG de la semaine 23 à 50 en 2003 et de la semaine 14 à 50 en 2004 pour la commune de Deshaies



Ce paragraphe appuie donc l'hypothèse que certaines épidémies de MSG pourraient être d'origine environnementale puisque les périodes où la pluviométrie augmente sont semblables aux périodes où l'incidence de MSG augmente. Si cette hypothèse est vérifiée, l'origine de survenue de ces épidémies pourrait être provoquée par l'eau de baignade (les activités nautiques en général) ou l'alimentation (aliments, eau).

Les résultats des autres communes étudiées sont présentés en annexe 9 et on constate que la tendance observée dans les autres communes est identique à celle de Deshaies.

Suite à ce constat, nous allons examiner si la pluviométrie a un effet sur la turbidité de l'eau distribuée.

B) Lien entre la pluviométrie et la turbidité de l'eau distribuée

Dans un premier temps nous allons comparer les turbidités des eaux brutes et distribuées en période sèche et période humide. Cette comparaison nous permettra de constater, de manière globale, si les pluies ont une influence sur la turbidité des eaux distribuées.

Dans un second temps, les séries temporelles de la pluviométrie et des turbidités de l'eau distribuée permettront de constater si l'intensité des pluies est un facteur important.

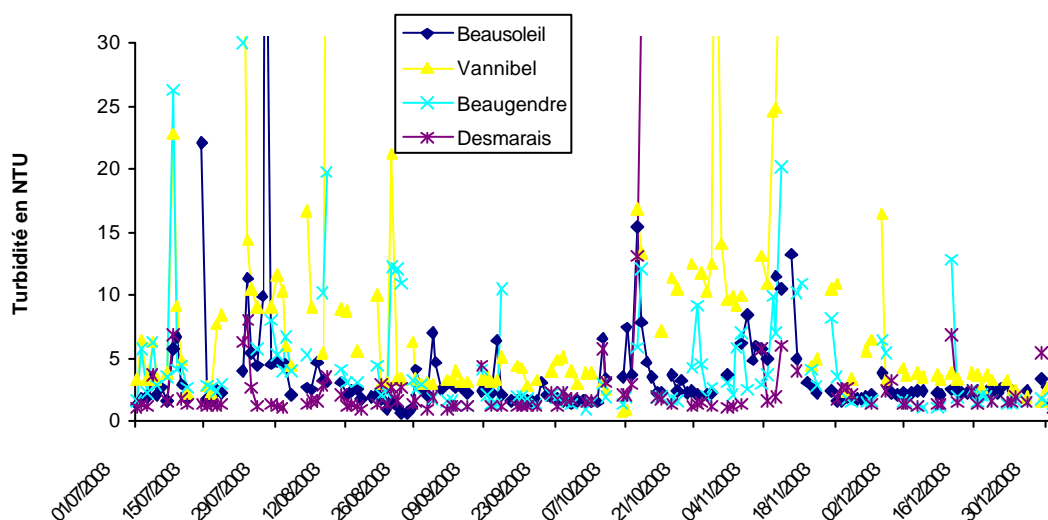
a) Comparaison période sèche période humide

La pluviométrie

Les précipitations sont 4 à 5 fois plus importantes en période d'hivernage qu'en période de carême et atteignent au total des valeurs comprises entre 1100 à 1500 mm de juillet à décembre 2004 alors qu'elles sont comprises entre 179 et 350 mm de janvier à avril. De plus, les moyennes hivernale et estivale sont nettement plus importantes que les médianes ce qui indique que les pluies tombent de manière brutale comme le montre les maxima observés en période hivernale : jusqu'à 245 mm en 1 semaine à Deshaies.

La turbidité des eaux brutes (Figure 18)

Figure 18 : Comparaison de la turbidité des eaux brutes à Pointe Noire, à Bouillante et à Vieux Habitants en période humide



Le graphique comparant les turbidités des eaux brutes arrivant aux stations de Beausoleil à Pointe Noire, de Vannibel et Beaugendre à Vieux habitants et de Desmarais à Bouillante en saison sèche est présenté en annexe 10.

On constate :

1. Les courbes de turbidité sont sensiblement identiques en période humide pour les 3 communes. La Figure 18 indique que les turbidités d'eau brute oscillent majoritairement entre 2 et 6 NFU. Toutefois les pics de turbidités sont assez nombreux, surtout pour les stations de Vannibel et Beaugendre de Vieux Habitants.
2. Les courbes de turbidité sont sensiblement identiques en période sèche pour les 3 communes. Les valeurs de turbidité oscillent entre 2 et 4 NFU et les pics sont peu nombreux comme le montre le graphique présenté en annexe 10.

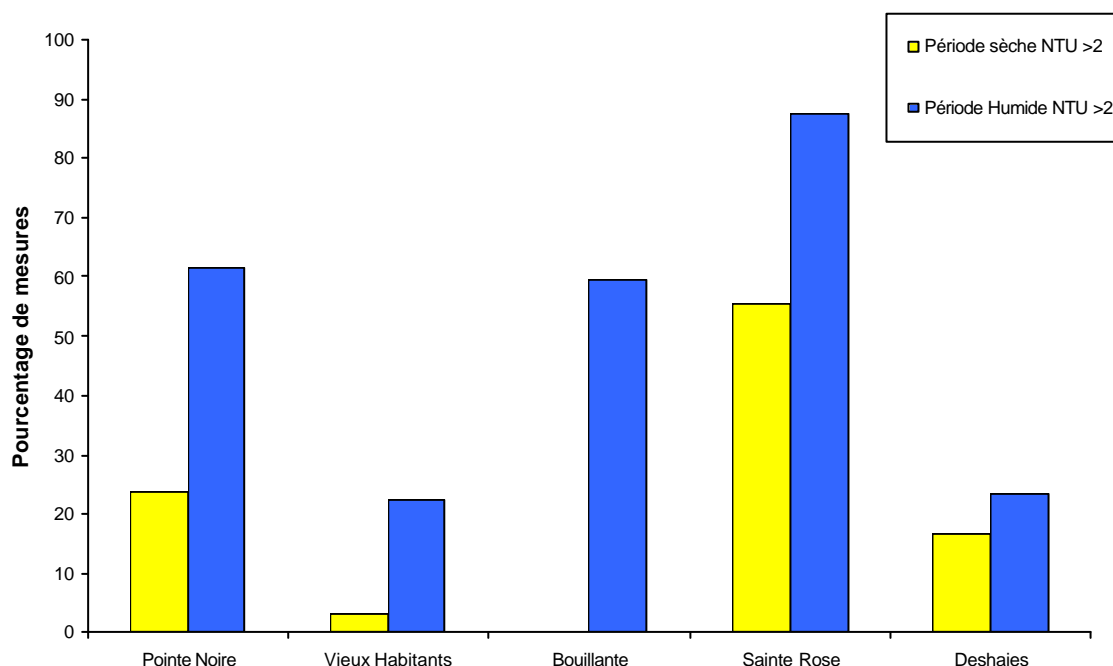
La turbidité des eaux distribuées

Le tableau récapitulatif des résultats est présenté en annexe 11.

La Figure 19 compare des mesures de turbidité observées sur les communes étudiées en période sèche et période humide. En saison sèche, le pourcentage de dépassement de la valeur 2 NFU est assez faible sur toutes les stations de la zone étudiée sauf pour la commune de Sainte Rose où ce pourcentage avoisine les 60%.

Par contre les dépassements de 2 NFU sont très importants en saison humide, entre 60 et 90% des mesures pour Pointe Noire, Bouillante et Sainte Rose. Les communes de Vieux habitants et Deshaies limitent assez bien les dépassements de 2 NFU en distribution car les pourcentages avoisinent uniquement les 20%.

Figure 19 : Comparaison des pourcentages de mesures de turbidité supérieures à 2 NFU en période sèche et période humide sur les communes étudiées



La turbidité des eaux distribuées est donc nettement plus importante en saison humide qu'en saison sèche. Les turbidités de l'eau distribuée sont visiblement fonction de la pluviométrie mais varient selon la commune, donc de l'efficacité des stations de traitement. En effet les stations de Vieux Habitants et de Bouillante traitent des eaux brutes plus turbides que les stations de Pointe noire et de Bouillante (cf. § précédent), alors que cette tendance s'inverse pour les eaux mises en distribution. Les stations de Bouillante et de Vieux Habitants sont donc plus efficaces.

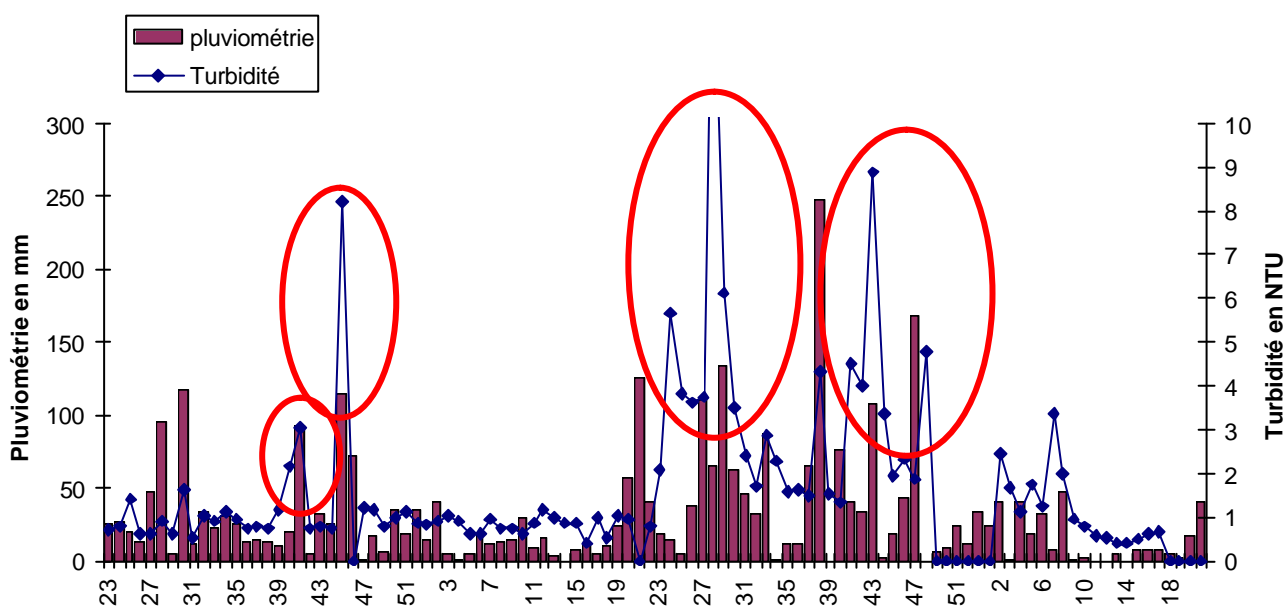
Ainsi s'établit le lien entre la pluviométrie et la turbidité de l'eau par comparaison entre période sèche et humide. La partie suivante s'intéresse à la réponse dynamique des turbidités face à une impulsion pluviométrique en distribution à travers des séries temporelles.

b) *Séries temporelles : pluviométrie turbidité*

Le bilan par commune est le suivant :

- Bouillante : la Figure 20 indique clairement que les pics de turbidité sont associés à une pluviométrie importante (>40 mm par semaine).

Figure 20 : Comparaison pluviométrie turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 Bouillante



Les séries temporelles entre la pluviométrie et les turbidités de la semaine 23 en 2003 à la semaine 22 en 2005 des autres communes étudiées sont présentées en annexe 7. Globalement les résultats sont identiques à ceux de Bouillante.

- Deshaies : lorsque les précipitations sont inférieures à 100 mm par semaine, la turbidité des eaux distribuées demeure comprise entre 0 et 2. Par contre au-delà de 100 mm par semaine les turbidités de l'eau distribuée ont tendance à dépasser les 2 NFU.
- Pointe Noire : Les pics de turbidité sont clairement associés à des pluviométries dépassant les 50 mm par semaine.

- Sainte Rose : Les données de turbidité sont moins nombreuses (absence d'autocontrôle). La relation entre pluviométrie et turbidité est plus difficilement observable ou démontrable.

Toutefois, on note que 31 mesures de turbidité sont supérieures à 2 NFU sur les 49 prélèvements effectués. Les pics de turbidités supérieurs à 5 NFU sont clairement associés à des pluies importantes.

- Vieux habitants : lorsque les pluies ne dépassent pas les 40 mm par semaine, les turbidités de l'eau distribuée restent comprises entre 1 et 2 NFU environ. Par contre les pics de turbidité au-dessus de 2 NFU sont visiblement corrélés avec les pics de pluviométrie (>60 mm par semaine).

Cette analyse montre une relation d'autant plus marquée entre la pluviométrie et les turbidités de l'eau distribuée que les pluies sont intenses. Lors d'évènements pluvieux, les habitants de la côte sous le vent sont donc susceptibles d'être exposés à des pathogènes en consommant l'eau du robinet.

c) *Bilan*

De façon générale, la corrélation pluviométrie turbidité des eaux distribuées est bien marquée sur toutes les communes étudiées mais avec des amplitudes différentes.

Remarque : Comme l'indiquait le paragraphe précédent, les communes de Vieux Habitants et Deshaies connaissent des pics de turbidité de l'eau distribuée mais ils sont moins nombreux et moins intenses que pour les autres communes étudiées.

Il sera intéressant d'observer s'il existe une différence d'incidence de MSG entre ces 2 communes et Pointe Noire et Sainte Rose.

La comparaison de la turbidité de l'eau distribuée et les déclarations de cas de MSG permet d'évaluer si l'exposition des habitants à une eau distribuée turbide peut être à l'origine de certaines épidémies de MSG

C) **Lien entre la turbidité et les MSG**

a) *Informations nécessaires*

Pour obtenir une relation cohérente entre la turbidité et les incidences de MSG, un relevé régulier de turbidité est nécessaire. L'incidence des MSG étant établie par semaine (cf. § 5.3.1C), la moyenne hebdomadaire des relevés de turbidité de l'eau distribuée permettrait d'établir la relation turbidité-MSG.

b) *Données disponibles*

Les délais de l'étude ne permettent pas de récupérer toutes les données escomptées. De ce fait le choix des communes s'est imposé comme suit :

Choix des communes

Seule la CGSP, exploitant les communes de Bouillante, Pointe Noire et Vieux Habitants réalise un relevé régulier de turbidité de l'eau distribuée. Les relevés de turbidité des autres communes se font de manière éparse et ne permettent pas de réaliser une exploitation fine des résultats.

Comme par ailleurs, il n'y a pas de médecin sentinelle à Bouillante, les communes retenues pour l'interprétation des résultats sont donc Pointe Noire et Vieux Habitants.

Choix des données de turbidité

- Pointe Noire

Les stations de Beausoleil et des Apôtres produisent respectivement 1900 m³/j et 1800 m³/j alors que celles de Mahaut et Beaujean ne produisent respectivement que 250 m³/j et 300 m³/j.

Seules les données de turbidité de Beausoleil et des Apôtres ont donc été exploitées. (cf. hypothèses présentées au § 5.4.2)

- Vieux Habitants

Les stations de Beaugendre et de Vannibel produisent respectivement 1900 m³/j et 2300m³/j. Les données de ces 2 stations ont donc été exploitées.

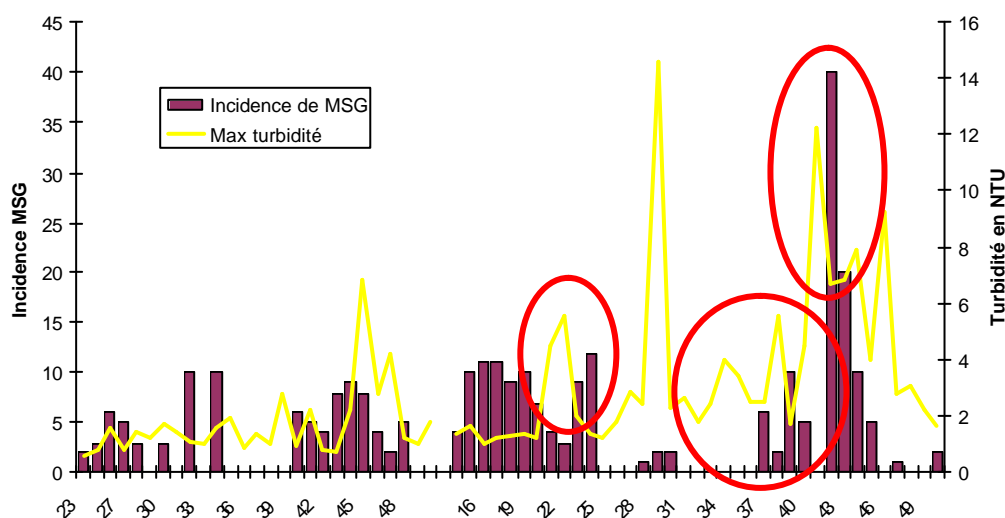
c) Résultats

Séries temporelles

- Pointe Noire

La Figure 21 présente l'évolution de la turbidité de l'eau distribuée et l'incidence des MSG durant les semaines 13 à 50 en 2003 et les semaines 14 à 50 en 2004. Elle montre que, sur la période étudiée, les pics de turbidité de l'eau distribuée supérieurs à 4 NFU en distribution sont souvent suivis d'une augmentation de l'incidence de MSG dans les 2 semaines qui suivent. Toutefois d'autres pics de turbidité de l'eau distribuée n'engendrent pas de MSG comme la semaine 30 en 2004 ou la semaine 47 en 2004.

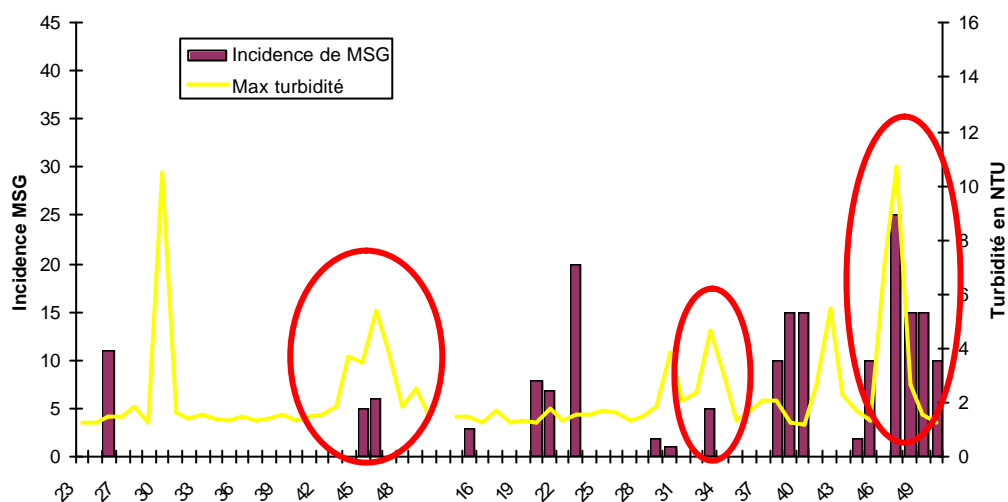
Figure 21 : Série temporelle de la turbidité et des incidences de MSG pour les semaines 13 à 50 en 2003 et pour les semaines 14 à 50 en 2004 pour la commune de Pointe Noire



- Vieux Habitants

La Figure 22 indique que les pics de turbidité sont moins intenses que sur la commune de Pointe Noire puisqu'ils atteignent au maximum 11 NFU en distribution. Les pics de turbidités de leau distribuée supérieurs à 4 NFU sont également souvent suivis d'une augmentation de l'incidence des MSG dans les 2 semaines suivantes. Toutefois le pic de turbidité de la semaine 31 en 2003 n'est pas suivi d'une augmentation de l'incidence de MSG.

Figure 22 : Série temporelle de la turbidité et des incidences de MSG pour les semaines 13 à 50 2003 et pour les semaines 14 à 50 2004 pour la commune de Vieux Habitants



En conclusion, sur la période étudiée, les résultats mettent en évidence un lien entre les pics de turbidité de l'eau distribuée et l'apparition de cas de MSG. De plus une augmentation des cas de MSG sont fréquemment liés avec des pics de turbidité supérieurs à 4 NFU en distribution.

La vérification de cette hypothèse nécessite l'étude de la relation entre l'intensité des pics de turbidité et l'influence sur l'incidence de MSG. Pour cela nous allons comparer entre elles les communes de Pointe Noire et de Vieux Habitants.

Remarque : Les séries temporelles de Sainte Rose et de Deshaies sont présentées en annexe 12.

Influence de l'intensité des pics de turbidité

Le Tableau 7 indique les chiffres clefs des valeurs de turbidité de l'eau distribuée et l'incidence estimée de MSG à Pointe Noire et à Vieux Habitants pendant la période d'étude.

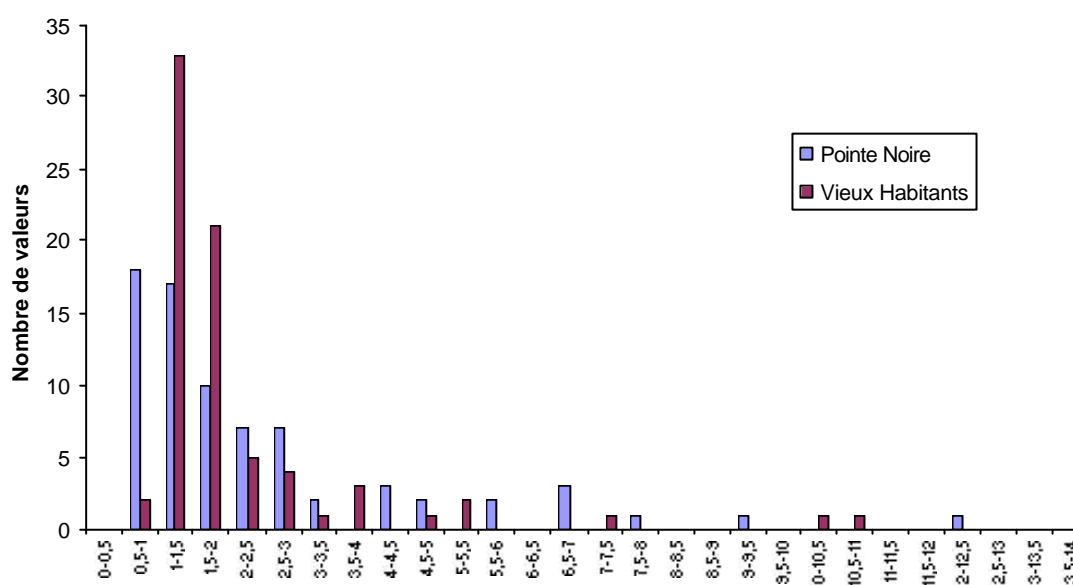
Tableau 7 : Résultats des valeurs de turbidité de l'eau distribuée observées et incidence estimée pour 100000 habitants de MSG à Pointe Noire et à Vieux Habitants de juin 2003 à juin 2005 en enlevant les période d'épidémies hivernales

	Turbidité			Incidence MSG
	Moyenne	Médiane	Ecart type	
Pointe Noire	2,5	1,6	2,6	40850
Vieux Habitants	2,1	1,5	1,8	17829

L'incidence des MSG est nettement plus importante à Pointe Noire qu'à Vieux Habitants. Ce constat est rapproché de la remarque du § 7.1.2.B.c.

En moyenne les valeurs de la turbidité de l'eau distribuée à Pointe Noire sont plus importantes qu'à Vieux Habitants. De plus l'écart type indique que la dispersion des valeurs est plus importante sur la commune de Pointe Noire que sur la commune de Vieux habitants. Cette dispersion est représentée sur la Figure 23.

Figure 23 : Dispersion des valeurs de turbidités de l'eau distribuée sur les communes de Pointe Noire et de Vieux Habitants pendant la période d'étude



Le nombre de valeurs de turbidité dépassant 2 NFU est de 29 sur 75 valeurs à Pointe Noire alors qu'à Vieux Habitants ce nombre est de 19 sur 76 valeurs.

d) Conclusion

En comparant ces 2 communes sur la période d'étude, on constate que plus le nombre et l'intensité des pics de turbidité d'eau distribuée est important et plus l'incidence des MSG est élevée.

Plus précisément, plus le nombre de valeurs de turbidité dépassant 2 NFU est important et plus l'incidence de MSG est grande.

On constate également que les pics de turbidité dépassant 4 NFU sont fortement associés avec une augmentation importante de l'incidence de MSG.

7.1.3 Interprétations

A) Bilan des incidences de MSG en Guadeloupe

En intégrant les périodes épidémiques hivernales puis en les éliminant de l'analyse, on constate que l'excès de MSG sur les 4 communes étudiées par rapport au reste de la Guadeloupe est respectivement de 92 et 102 cas pour 100000 habitants par semaine pendant la période étudiée.

Il n'y a aucune raison pour que les 4 communes étudiées soient touchées plus sévèrement par les épidémies hivernales que les autres communes de la Guadeloupe. On peut donc déduire que l'excès de MSG dans les communes étudiées n'est pas lié à ces épidémies hivernales.

Il existe donc une source d'exposition aux pathogènes régulière ou récurrente dans les communes étudiées pendant et hors périodes d'épidémies hivernales.

B) Origine environnementale de l'excès des MSG

D'après le § 4.2.3, l'étiologie de MSG peut être non infectieuse ou infectieuse et cette dernière est la plus répandue.

a) *MSG non infectieuses*

Cette forme de MSG n'étant pas très répandue, il paraît très improbable qu'un excès aussi important de MSG soit de ce type.

b) *MSG infectieuses*

Comme précisé dans le paragraphe 5.1.2.C, 4 facteurs de risques sont à prendre en compte pour l'apparition de MSG infectieuses.

Sainte Rose, Vieux Habitants, Deshaies et Pointe Noire ne sont pas les communes les plus touristiques de la Guadeloupe. Il est peu probable que l'excès de MSG soit uniquement causé par la population touristique non immune.

Le bilan de localisation des institutions (Source DSDS) ne démontre pas une concentration d'écoles, de crèches, de maison de retraite dans les communes étudiées, donc ce facteur de risque ne doit pas être à l'origine de cet excès.

Ces éléments appuient donc la thèse que certaines épidémies de MSG ont une origine environnementale et les seules sources d'exposition aux pathogènes plausibles qui permettraient d'expliquer l'excès de MSG dans les 4 communes étudiées seraient, alors des sources environnementales comme les eaux de baignade et/ou l'eau de distribution et les aliments.

Cette hypothèse est confortée par l'identification au § 7.1.2A), d'évènements épidémiques en lien avec la pluviométrie.

C) L'eau de distribution à l'origine de l'excès de MSG ?

Le paragraphe 7.1.2C) indique que certaines épidémies de MSG sont corrélées avec la turbidité de l'eau distribuée. Notamment, une augmentation de la turbidité en deçà de 4 NFU est fréquemment associée à une forte augmentation de l'incidence de MSG.

De plus la comparaison des situations des 2 communes Pointe Noire et Vieux Habitants indique clairement que plus les pics de turbidité de l'eau distribuée sont nombreux et intenses et plus l'incidence des MSG est grande.

Cette analyse a permis de mettre en évidence un excès de survenue de MSG sur les 4 communes dont la seule différence a priori avec le reste de la Guadeloupe est la qualité de l'eau distribuée.

L'excès de ces MSG dans les communes étudiées aurait donc pour origine plausible, une origine environnementale, et notamment la consommation de l'eau de distribution lorsque celle-ci est ne respecte pas les normes de turbidité.

7.2 Discussion

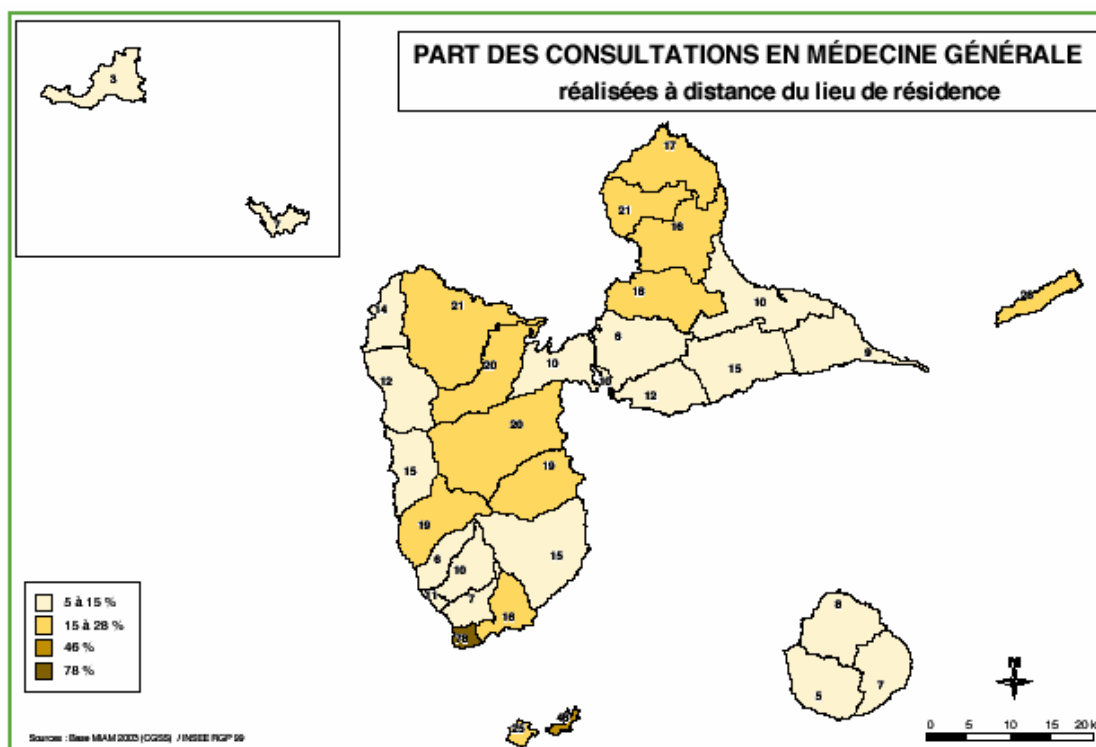
Les résultats de l'étude sont intéressants car ils indiquent que l'eau de distribution pourrait être à l'origine de la survenue d'épidémies de MSG en Guadeloupe. Toutefois cette analyse repose sur un certain nombre d'hypothèses à valider, notamment en terme de pertinence des données exploitées au cours de cette étude.

7.2.1 Validités des hypothèses

Hypothèse 1 : Les habitants d'une commune se rendent chez un médecin de la commune.

La Figure 24 donne une estimation du nombre de personnes qui consulte un médecin généraliste en dehors de leur commune. [1]

Figure 24 : Part des consultations en médecine générale en dehors de la commune de résidence



Source ARH

Selon ces données, en moyenne, 10 à 20 % des personnes résidents dans une commune consulte un médecin généraliste d'une autre commune.

Ainsi, 80 à 90 % des habitants d'une commune se rendent chez un médecin généraliste de leur commune.

On conserve donc par commune, 80 à 90 % de l'information concernant les cas de MSG. Cette marge est très satisfaisante car elle donne une bonne estimation de la tendance globale de déclaration de MSG observée sur une commune.

L'hypothèse est donc justifiée et permet donc bien de délimiter des zones d'étude à l'échelle de la commune.

Hypothèse 2 : Le pourcentage de MSG par rapport à l'ensemble des pathologies diagnostiquées est identique chez tous les médecins d'une même commune.

Cette hypothèse est nécessaire pour réaliser l'estimation à l'échelle de la commune. Elle reste néanmoins difficile à justifier. Seule une enquête approfondie sur l'ensemble des consultations chez les médecins pourrait justifier ou contredire cette hypothèse.

En pratique, dans un secteur localisé comme une commune, il est raisonnable de penser que la proportion de chaque pathologie infectieuse reste quasiment identique sur tous les secteurs de la commune. Au bilan, la répartition des pathologies infectieuses diagnostiquées par les médecins serait donc équivalente chez tous les médecins d'une même commune.

Ceci ne valide pas l'hypothèse mais justifie son utilisation.

Hypothèse 3 : Les médecins exerçant une activité mixte, c'est-à-dire qu'ils exercent à la fois une activité libérale et une activité de salarié, ont été pris en compte en évaluant que leur activité libérale représentait en moyenne la moitié de leur temps de travail.

Dans les types de contrat permettant aux médecins d'exercer une activité mixte, il est avantageux d'effectuer au moins 50% du temps de travail en activité libérale car en dessous de ce seuil les médecins ne bénéficient pas des avantages sociaux (retraite, assurances, mutuelle...). D'après les informations de la DSDS la plupart des médecins effectuant une activité mixte choisissent de partager équitablement le temps de travail entre les 2 activités.

L'hypothèse 3 est donc pertinente mais nécessiterait une validation en interrogeant les médecins concernés.

Hypothèse 4 : Le volume de consultations chez un médecin sentinelle est le même, en moyenne, que chez un médecin non sentinelle.

La veille sanitaire de la Martinique et de la Guadeloupe reposent sur le même schéma et ont été développées en parallèle. Les médecins sentinelle en Martinique sont aux nombres de 55 et représentent 17,5% du nombre total de médecin [25]. Or une estimation de la représentativité du réseau faite en 2003 par la Caisse d'assurance maladie avait calculé que les médecins sentinelles représentaient 17,7% du volume de consultations de l'ensemble des médecins en Martinique. (Source : CIRE Antilles Guyane).

En se basant sur ces chiffres, on en déduit que le ratio du nombre de médecins sentinelle et le nombre de médecin total donne approximativement le volume de consultations chez les médecins sentinelle. L'hypothèse 4 paraît donc fondée.

Une validation de cette hypothèse nécessiterait une enquête de la caisse d'assurance maladie.

7.2.2 Pertinence des données exploitées

A) La veille sanitaire

a) *Taux de participation*

Les médecins déclarent uniquement un nombre de cas. Aucune caractéristique socio-démographique des cas n'est notifiée.

Il existe des non-réponses essentiellement pendant les fêtes, les périodes de vacances scolaires, lorsque les médecins ferment leur cabinet ou se font remplacer. [26]
Sur la période de juin 2003 à juin 2005, soit un total de 103 semaines, le nombre de semaines durant lesquelles un médecin du réseau n'a pas fourni d'information s'est élevé à 357, soit un taux de non-réponse global de 13.2%.

L'évaluation de l'importance des non-réponses n'est pas réalisée en continu et il n'existe pas de procédure de redressement des données tenant compte des non-répondants.

b) *Représentativité*

La somme des médecins en terme d'activité libérale en Guadeloupe est de 335 et les médecins sentinelle en Guadeloupe sont au nombre de 42. Le pourcentage de médecin sentinelle est donc de 12,5%.

Seules 6 communes de la Guadeloupe sont couvertes par le réseau sentinelle.

Il n'existe pas de procédure de vérification de la qualité des données fournies.

c) *Acceptabilité*

Le fonctionnement du réseau sentinelle suscite plutôt plus d'adhésions que de désistements car entre juin 2003 et juin 2005, 3 nouveaux praticiens se sont engagés à recueillir et à transmettre des informations sur le nombre de cas vus en consultation et un seul a démissionné.

Les médecins du réseau acceptent facilement d'être contactés par téléphone chaque semaine. Ce dialogue régulier est très apprécié par un certain nombre d'entre eux qui y voient l'occasion de rompre l'isolement lié à leur pratique ainsi que de partager et de valoriser leur expérience quotidienne avec un professionnel de santé. [26]

d) *Indicateurs*

A l'heure actuelle, Il est impossible de réaliser des calculs de sensibilité, spécificité, valeurs prédictives positives et valeurs prédictives négatives. En effet aucun protocole n'est mis en place pour distinguer les faux positifs et les faux négatifs.

e) *Limite du système de surveillance*

La CIRE Antilles Guyane et la cellule de veille sanitaire de la DSDS ont essentiellement travaillé sur la surveillance de la dengue et ont optimisé cette surveillance en développant un guide [27].

Cependant il n'existe aujourd'hui aucun protocole pour la surveillance des autres pathologies et autres syndromes. Les résultats reposent sur les diagnostics des médecins et peuvent donc parfois différer selon les interprétations.

B) Météo France

Les données de météo France sont très précises les 5 communes disposent d'un pluviomètre.

C) Contrôle de la qualité de l'eau

a) Contrôle sanitaire

Le contrôle sanitaire opéré par la DSDS de la Guadeloupe est réalisé comme précisé par les articles R. 1321-15, R. 1321-16 et R. 1321-24 complété par l'annexe 13-2 du code de la Santé Publique.

La DSDS dispose de 11 préleveurs à temps plein pour assurer le programme de contrôle et les échantillons sont confiés à l'Institut Pasteur de Guadeloupe (IPG) (Laboratoire agréé de la DSDS) qui les analyse eux-mêmes ou soustraite avec d'autres laboratoires pour les paramètres métaux, radioactivité et hydrocarbures. Ces analyses sont réalisées sous accréditation COFRAC.

b) Les données de l'autocontrôle

Les mesures de l'autocontrôle posent toujours le problème de la qualité et de la validité des données. Toutefois la CGSP est un partenaire sérieux qui entretient des bonnes relations avec la DSDS depuis plusieurs années. La validité des données ne sera donc pas remise en cause. De plus le but de l'étude n'est pas de réaliser une évaluation quantitative de la relation turbidité-MSG mais plutôt d'obtenir une tendance. La précision des analyses n'est donc pas une critique prédominante dans cette étude.

7.2.3 Protocole de validation des données

Les hypothèses et les données exploitées ne permettent pas de réaliser une estimation quantitative fine mais elles restent relativement fondées et précises pour estimer une tendance fiable.

Toutefois une validation des conclusions pourrait être réalisée en étudiant plus finement une commune de la zone d'étude. Lors d'un événement pluvieux important, le protocole suivant pourrait être mis en place :

- La cellule veille sanitaire peut aisément mettre en place une procédure de recueil de données plus fines auprès de tous les médecins de la commune choisie et non plus uniquement avec les médecins sentinelle. Une fréquence idéale pour calculer l'incidence des MSG serait la journée et non plus la semaine.
- Un travail de relevés de mesures de turbidité de l'eau distribuée peut être engagé avec la collaboration des exploitants. L'idéal serait un relevé continu des valeurs mais des relevés 3 fois par jour (matin, midi et soir) permettrait d'obtenir une bonne précision.

Ces 2 actions seraient mises en place le plus tôt possible après les précipitations (24 heures maximum) et pendant une période de 1 mois. L'étude de la relation turbidité-MSG serait ainsi plus fine et permettrait de valider ou non les résultats.

7.2.4 Bilan

On peut donc conclure que les résultats obtenus sont proches de la réalité et des mesures de gestion de cet excès de risque de MSG, présentées dans le paragraphe suivant, devraient être proposées au Préfet au titre de l'article R 1321-29 du code de la Santé Publique.

8 GESTION DES RISQUES

Une bonne gestion du risque lié à la consommation de l'eau distribuée nécessite également un outil épidémiologique performant pour mieux dépister et analyser les épidémies.

Pour gérer un risque environnemental, il existe 3 possibilités :

- Agir sur le milieu : réduire le nombre de pathogènes dans l'environnement et dans les sols.
- Agir sur l'exposition : éliminer ou réduire au maximum la densité de pathogènes dans les eaux de distribution et/ou éviter l'exposition des consommateurs.
- Agir sur les effets : prise en charge des malades.

La 3^{ème} possibilité est un traitement curatif. Sa mise en place est indispensable mais les actions de gestion du risque d'épidémies de MSG doivent se situer en amont. Les actions préventives sont à privilégier et doivent donc agir sur le milieu ou sur l'exposition.

Les périmètres de protection définis par l'article R 1321-13 ont pour but de limiter la contamination de la ressource en définissant des zones dans lesquelles les activités sont interdites ou réglementées. La mise en place de ces périmètres de protection est en cours en Guadeloupe, mais ne devrait avoir que peu d'influence sur le phénomène, la contamination des captages étant rarement d'origine anthropique.

L'action sur l'exposition paraît donc être la solution, adaptée aujourd'hui en Guadeloupe pour réduire les épidémies de MSG, susceptibles d'être liées à la consommation d'eau distribuée turbide. Pour cela il faut intervenir :

- Au niveau des installations de traitement d'eau pour optimiser et fiabiliser leur fonctionnement.
- Au niveau du contrôle sanitaire pour le rendre, plus efficace dans le contexte guadeloupéen.
- Au niveau de la gestion des crises en instaurant un protocole adapté lors d'événements pluvieux et d'apparitions de pics de turbidité de l'eau distribuée.

8.1 Propositions d'améliorations des stations de traitement

8.1.1 Investissements

L'amélioration de la fiabilité et de l'efficacité du traitement nécessite en priorité de pallier les défaillances constatées au paragraphe 6.2.2D) en réalisant les investissements suivants :

- Remplacer les installations les plus vétustes.
- Installer un débitmètre en entrée pour gérer le débit d'eau entrant dans la station
- Installer un turbidimètre en entrée de station

- Installer une vanne en entrée de station asservie à la turbidité pour limiter les entrées d'eau brute trop chargée en matière en suspension.
- Augmenter la capacité de filtration dans les usines où les filtres se colmatent trop vite.
- Installer une pompe doseuse, asservie à un PH-mètre, injectant de la chaux dans les eaux brutes pour ajuster le pH et ainsi optimiser l'étape de coagulation floculation.
- Installer un turbidimètre permettant d'asservir la pompe d'injection de sulfate d'alumine.

8.1.2 Gestion des pics de turbidité

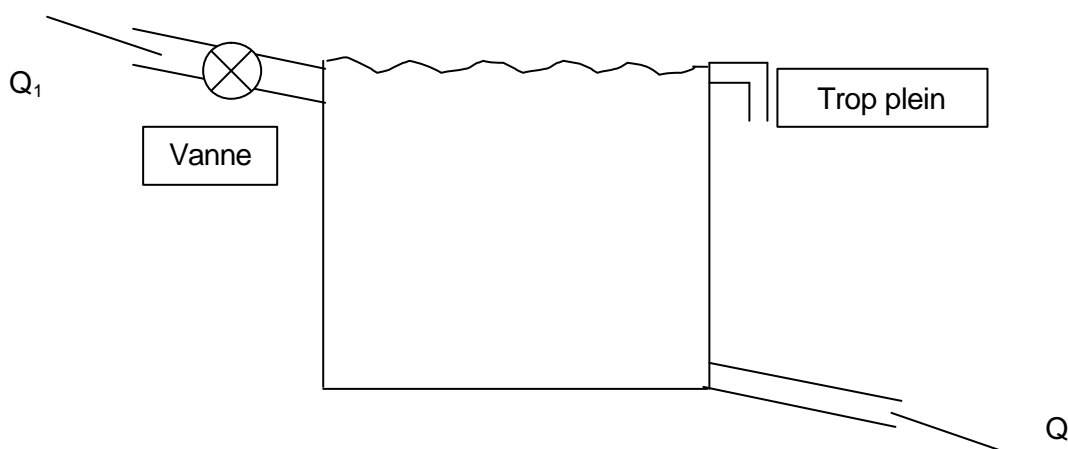
A) A court terme

Deux solutions peuvent être proposées pour gérer les pics de turbidité de l'eau distribuée :

- La mise en place d'un bassin d'eau brute en entrée de station pourrait avoir pour effet de lisser la turbidité de l'eau brute. Il n'y aurait ainsi plus de pics brutaux de turbidité d'eau brute mais une montée progressive de la turbidité. Cette méthode permettrait d'apporter 2 améliorations importantes :
 - ✓ les techniciens gagnent du temps pour pouvoir se déplacer et ajuster les traitements en conséquence.
 - ✓ Si les eaux brutes deviennent trop turbides, la vanne d'arrivée d'eau brute se ferme et les usines possèdent une réserve d'eau brute à traiter permettant ainsi de ne pas interrompre la distribution de l'eau ou de limiter l'interruption, tout en évitant les colmatages. Généralement, après une pluie importante, les premières eaux se chargent rapidement en matière en suspension mais au bout de 5 – 6 heures, la turbidité de l'eau brute baisse à nouveau. Ce bassin pourrait donc être dimensionné pour permettre une autonomie de 5 – 6 heures, soit pour la zone étudiée, des bassins allant de 100 à 700 m³.

Remarque : l'eau brute ne doit pas stagner dans ce bassin (Figure 25). Le protocole suivant doit être appliqué.

Figure 25 : Schématisation d'un bassin tampon d'eau brute



- En fonctionnement normal, $Q_1 = Q$
 - Lors de turbidités trop importantes de l'eau brute, $Q_1 = 0 \text{ m}^3/\text{h}$
- La mise en place d'un asservissement de l'injection de sulfate d'alumine à la turbidité et au débit des eaux brutes est une étape capitale mais délicate. La corrélation entre la dose de sulfate d'alumine et la turbidité de l'eau brute n'est pas linéaire et elle dépend également de la température de l'eau. La réalisation d'abaques à l'aide d'essais en Jar test est indispensable pour déterminer les dosages de sulfate d'alumine en fonction de la température et de la turbidité. Ses abaques serviraient à la programmation d'automates qui permettraient de gérer plus efficacement les pics de turbidité de l'eau brute.

B) A long terme

Les techniques de filtration sur membranes, qui constituent un traitement physique poussé, sont de plus en plus utilisées mais engendrent un coût supplémentaire non négligeable.

Dans le contexte de la Guadeloupe, elles pourraient être utilisées à la suite d'une chaîne de traitement classique. Ainsi les membranes ne devraient pas traiter toute la turbidité mais seraient utilisées comme un traitement d'affinage ce qui éviterait un colmatage trop rapide de ces membranes.

8.2 Mise en place d'un contrôle sanitaire adapté à la Guadeloupe

8.2.1 Pertinence

A) Les limites du dispositif actuel

Des limites réglementaires résident sur la gestion du risque microbiologique. En effet, la politique menée jusqu'à présent s'est montrée très efficace contre le péril fécal, cependant, dans les pays industrialisés, quelques pathologies infectieuses d'origine hydrique persistent toujours.

Les systèmes de potabilisation ne sont pas à l'abri de défaillances techniques qui peuvent provoquer des épidémies de grande ampleur comme aux Etats Unis où 30 épidémies liées à la consommation d'eau ont été recensées entre 1993 et 1994. [28]

La diversité des agents pathogènes dans l'eau oblige également à choisir des indicateurs pour évaluer d'une part la qualité microbienne de l'eau et d'autre part l'efficacité des traitements d'eau. Ces indicateurs ont été sélectionnés car leur présence dans l'eau indique une forte probabilité de trouver également des microorganismes pathogènes. Toutefois des études ont prouvé que le respect des exigences réglementaires actuelles en terme de contrôles microbiologiques de l'eau ne peut à lui seul garantir l'absence de risque [28].

L'exemple de Milwaukee en mars 1993 en fait la preuve, car à la suite de fortes intempéries, la qualité de l'eau brute a été détériorée et a provoqué une montée en turbidité de l'eau traitée. Les exigences de qualité microbiologique étant tout de même respectées, la distribution de l'eau n'a pas été interrompue et environ 840000 personnes ont été exposées à des *Cryptosporidium parvum*. Le bilan est assez dramatique puisque environ 400000 personnes ont été contaminées et le nombre de décès s'est élevé à 69.

B) La situation guadeloupéenne

Le paragraphe 6.1 indique que la qualité microbiologique de l'eau distribuée dans les communes étudiées est bonne voire même très bonne. Toutefois les résultats semblent montrer que l'eau distribuée pourrait être à l'origine d'un excès important de cas de MSG.

Ce constat pose donc la question de l'efficacité du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine en Guadeloupe et remet en cause le choix des indicateurs de contamination fécale lorsque la turbidité de l'eau distribuée est élevée. L'instauration d'indicateurs complémentaires semble indispensable pour mieux décrire la qualité microbiologique des eaux distribuées en Guadeloupe.

C) Bilan

Les données publiées dans la littérature et l'analyse du cas de la Guadeloupe tendent vers la même conclusion : le renforcement du contrôle sanitaire est indispensable si l'on veut mieux gérer le risque de contamination lié à la consommation d'eau distribuée.

Le paragraphe suivant présente une approche méthodologique pour déterminer des indicateurs complémentaires afin d'optimiser le contrôle sanitaire des eaux de consommation.

8.2.2 Principe

A) A court terme

Des paramètres microbiologiques complémentaires peuvent être intégrés au contrôle sanitaire. Lorsque la turbidité de l'eau distribuée est supérieure à 4 NFU, l'incidence de MSG a tendance à augmenter (§7.1.2C)d). Le renforcement du contrôle sanitaire doit être mis en place dès que la turbidité de l'eau est supérieure à 4 NFU.

Etant donné la résistance aux désinfectants des protozoaires (*Cryptosporidium* et *Giardia*), le lien important entre ces microorganismes et la turbidité, et leur implication dans des épidémies de gastro-entérites de grande ampleur, ces deux paramètres doivent être intégrés au renforcement de contrôle sanitaire.

De même, les virus sont plus résistants à la désinfection que les indicateurs normalisés actuels. Les bactériophages tels que les coliphages somatiques sont de très bons indicateurs de présence de virus entériques dans l'eau.[14] Ce paramètre doit également être recherché lorsque la turbidité de l'eau distribuée dépasse les 4 NFU.

Le contrôle sanitaire renforcé doit donc rechercher les microorganismes suivants : *Escherichia coli*, Entérocoques, *Giardia*, *Cryptosporidium*, Coliphages somatiques.

B) A long terme

Pour réaliser un travail rigoureux et efficace, une évaluation de la contamination de l'eau brute dans différentes conditions est nécessaire : l'idéal serait d'établir un listing des pathogènes retrouvés dans l'eau brute en fonction de la saison (humide et sèche) et en fonction des pluviométries récentes observées. Ce travail pourrait s'étaler sur 2 années afin de vérifier la stabilité des résultats obtenus.

Les pathogènes à rechercher seraient les bactéries, les virus et les parasites cités au paragraphe 4.2.3.

Parmi les microorganismes retrouvés dans l'eau brute, il faut sélectionner 2 ou 3 indicateurs, à l'aide d'une étude bibliographique et en tenant compte des indications suivantes :

- L'indicateur doit être présent à chaque fois qu'un pathogène est présent.
- Les indicateurs doivent être plus résistants à la désinfection que les pathogènes susceptibles d'être présents dans l'eau de distribution.

Ces indicateurs seront, par la suite, intégrés au contrôle microbiologique de l'eau de distribution réalisé par la DSDS.

8.2.3 Faisabilité

L'IPG est le seul laboratoire agréé par le ministère de la Santé dans le département. Les analyses des indicateurs microbiologiques décrivant la qualité de l'eau distribuée, c'est à dire *E. coli* et entérocoques, sont couverts par l'accréditation COFRAC.

Cependant un certain nombre de facteurs complique la recherche de nouveaux paramètres et la mise en place d'un contrôle sanitaire renforcé.

Tout d'abord il n'existe pas d'analyses normalisées pour rechercher d'autres microorganismes dans l'eau. Ensuite les recherches de parasites nécessitent des équipements supplémentaires dont un appareillage de filtration de grands volumes d'eau et des cartouches spéciales possédant des pores de 1 µm. [1]

La recherche de virus ou de parasites dans l'eau est donc pour l'instant impossible. Par contre le Dr NEYRET, de l'IPG indique que la recherche de bactéries supplémentaires peut être réalisée dans les conditions suivantes :

- filtration de 100 mL d'eau sur membrane 0,45 µm,
- mise en culture du filtre dans un bouillon d'enrichissement sélectif,
- subculture sur un milieu gélosé sélectif,
- identification biochimique des souches caractéristiques.

Les bactéries ainsi recherchées seraient : *Campylobacter*, *Shigella*, *Vibrio* et *Yersinia*. Les milieux d'enrichissement et sélectifs seraient choisis en se référant aux normes alimentaires existantes pour la détection de ces germes.

Les salmonelles seraient également recherchés en appliquant la méthode ISO 6340 utilisée lors des analyses de l'eau brute.

Ce protocole nécessiterait un flacon supplémentaire de 500 mL d'échantillon et le résultat statuerait sur la présence ou l'absence dans 100 mL. Le dénombrement ne pourrait être effectué car il n'y aurait aucune garantie sur la fiabilité de la méthode.

8.3 Protocole de gestion des crises

Des actions rapides et simples doivent être mises en place pour éviter au maximum l'exposition des personnes aux pathogènes susceptibles d'être présents dans l'eau de distribution.

- Une surveillance de la pluviométrie est indispensable pour obtenir une bonne réactivité.

- S'il y a apparition de pluies intenses, les exploitants doivent pouvoir dans la mesure du possible surveiller en continu ou le plus régulièrement possible la turbidité de l'eau distribuée. Le tableau suivant donne la démarche à adopter en fonction de ces valeurs de turbidité.

Les intervalles de turbidité ont été fixés à l'aide de la réglementation, de l'analyse de risque et de l'étude présentée en annexe 13.

Tableau 8 : Protocole de gestion de crise en fonction de la valeur de turbidité de l'eau distribuée

Valeur turbidité eau distribuée	< 1 NFU	Compris entre 2 et 4 NFU	Compris entre 4 et 10 NFU	> 10 NFU
Production	Marche normale	Marche normale	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture vanne entrée eau brute - Production à partir du bassin tampon d'eau brute 	Arrêt
Usage de l'eau	Normal	Restriction d'usage*	Restriction d'usage*	Interdiction d'utiliser l'eau de distribution
Actions correctives		<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la fréquence de lavage des filtres - Surveillance active de la turbidité de l'eau distribuée 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture vanne arrivée eau brute - Nettoyage des filtres 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermeture vanne arrivée eau brute - Nettoyage des filtres - Nettoyage des réservoirs - Purges des réseaux avant la remise en service
Renforcement du contrôle sanitaire	Aucune analyse supplémentaire	Aucune analyse supplémentaire	Analyse classique complémentaires	+ indicateurs (§ 8.2.2)

* : Les restrictions d'usage intègrent la consommation ou l'utilisation de l'eau pour la préparations des aliments.

8.4 Amélioration de la veille sanitaire

Le paragraphe 6.3.2.A.e précise que le système de surveillance actuel connaît des limites car aucun protocole ne permet d'homogénéiser les données du réseau sentinelle sur toute la Guadeloupe ou plus généralement sur tous les Départements Français d'Amérique (DFA).

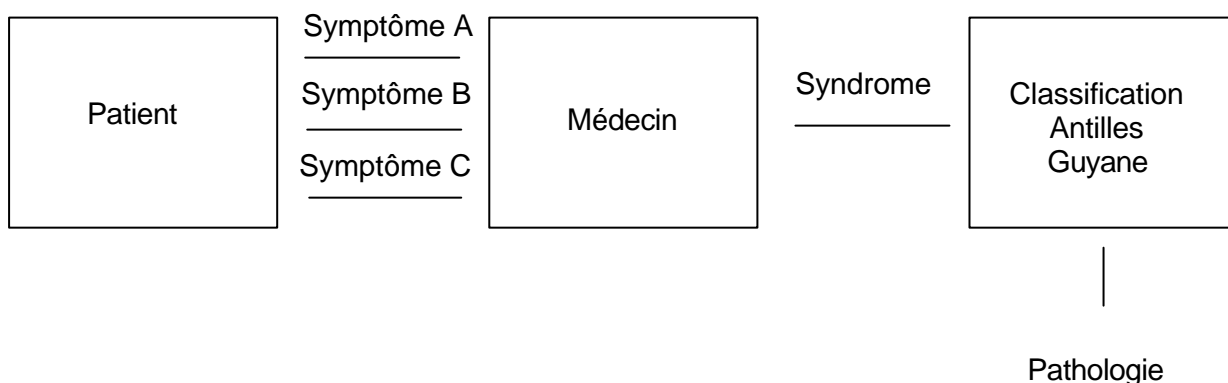
Une réflexion est actuellement menée par la CIRE Antilles Guyane pour réaliser des protocoles de définitions de cas afin d'homogénéiser cette surveillance dans les DFA.

Pour être efficace il faudrait mettre en place un outil capable de comparer les données de pathologies sur l'ensemble des DFA à l'image de la Classification Internationale des Maladies (CIM). Cette classification est un répertoire, reconnu internationalement, qui codifie tous les maladies et affections. Cette grille permet d'homogénéiser les données de pathologie en vue d'effectuer des comparaisons nationales ou internationales.

Une grille de classification pourrait être adaptée aux Antilles et à la Guyane en s'inspirant de la CIM – 10 (dernière version de la CIM). Toutes les maladies et tous les syndromes y seraient codifiés.

Les médecins ne rempliraient plus le questionnaire en indiquant la pathologie diagnostiquée mais indiqueraient uniquement les syndromes constatés. Cette démarche évite toute interprétation subjective du médecin et les pathologies sont définies sur un même référentiel. La Figure 26 schématise le principe de fonctionnement de la classification envisagée.

Figure 26 : Principe de fonctionnement de la classification Antilles Guyane



Ce système de veille sanitaire serait plus performant et annulerait tous les biais d'interprétation.

CONCLUSION

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine fait l'objet, sur tout le territoire français, d'un suivi reposant sur des textes réglementaires. Pour les paramètres chimiques, les valeurs seuils de qualité ou de référence sont choisies en tenant compte de la toxicité aiguë et chronique. Par contre, pour décrire la qualité microbiologique de l'eau, il est indispensable d'utiliser des indicateurs de contamination fécale, compte tenu de la diversité de la flore microbiologique. Mais les indicateurs retenus ne garantissent pas la qualité du produit dans tous les cas et de nombreuses épidémies de type gastro-entérite répertoriées dans la littérature tendent à le prouver.

Ce mémoire réalise un bilan de la qualité de l'eau distribuée en Guadeloupe et permet de distinguer que 5 communes de la côte sous le vent connaissent régulièrement des pics de turbidité de l'eau distribuée. Toutefois la qualité microbiologique de l'eau distribuée reste bonne dans toute la Guadeloupe car 95% des analyses sont conformes à la réglementation française.

La cellule de veille sanitaire de la DSDS a permis d'estimer, à l'aide du réseau de médecins sentinelle, les pathologies déclarées en Guadeloupe. L'analyse des maladies à symptomatologie gastro-entérique a permis de mettre en évidence un excès important de ces pathologies dans les 5 communes précédentes, dont la seule différence, a priori, avec le reste des communes de la Guadeloupe est la qualité de l'eau distribuée (pics de turbidité).

Ce constat pose donc la question de l'efficacité du contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine en Guadeloupe et remet en cause le choix des indicateurs de contamination microbiologique lorsque la turbidité de l'eau distribuée est élevée. L'instauration de paramètres complémentaires semble indispensable pour mieux décrire la qualité microbiologique des eaux distribuées en Guadeloupe.

Au titre des articles R 1321-17 et R 1321-29 du code de la Santé Publique, le Préfet peut imposer ses analyses complémentaires et peut intervenir dans un souci de protéger la santé des personnes. Ce mémoire apporte donc des propositions d'actions adaptées pour gérer ce risque.

Bibliographie

- [1] ARH de Guadeloupe, Sécurité sociale de Guadeloupe, INSEE, Atlas Sanitaire et Social Guadeloupe, 2005
- [2] JOCE n° L 330 du 5 décembre 1998, Directive du Conseil de l'Union européenne n° 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine
- [3] Comité de bassin de la Guadeloupe, Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, Projet de SDAGE, version 2, septembre 2002
- [4] Code de la Santé Publique, Livre III, Protection de la santé et environnement, Titre II, Sécurité sanitaire des eaux et des aliments, Chapitre Ier, Eaux potables, Section 1 Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles ([Articles R1321-1 à D1321-68](#))
www.legifrance.gouv.fr
- [5] Institut National de Santé Publique du Québec, Groupe scientifique sur l'eau, Turbidité, Fiche technique turbidité, Juin 2003
- [6] Santé Canada, Ottawa (Ontario), La turbidité, Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, octobre 2003
- [7] RESE, DDASS du territoire de Belfort, Guide de l'eau potable, fiche turbidité
www.rese.intranet.sante.gouv.fr
- [8] R. BUSTINA, P. LEVALLOIS, CHU de Québec, Etude de l'incidence des cas de gastro-entérite aiguë hospitalisés au Québec de 1991 à 2000 et évaluation de leur lien avec certains paramètres de qualité de l'eau potable, Mars 2003
- [9] G. Michel, Sénateur, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Rapport sur «La qualité de l'eau et de l'assainissement en France », mars 2003
- [10] C. Dupuis, Réflexion préalable à la mise en place d'une démarche d'analyse de risques sanitaires sur des syndicats de production et de distribution d'eau potable dans le cadre du décret 1220-2001, ENSP, 2004
- [11] Institut National de Santé publique du Québec, Groupe scientifique sur l'eau, Fiche *Giardia Lamblia* et fiche *Cryptosporidium*, Mai juin 2003
- [12] Santé Canada, Ottawa (Ontario), Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, Les protozoaires : la Giardia et le Cryptosporidium, Avril 2004
- [13] J.-P. NOZAIS, Maladies parasitaires et péril fécal : les maladies dues aux helminthes, Manuscrit n° PF 03. Journée en hommage au Professeur A. DODIN. Accepté le 13 octobre 1998.
- [14] OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, Deuxième édition, Critère d'hygiène et documentation à l'appui, volume 2, 2000

- [15] Santé Canada, Ottawa (Ontario), Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, les virus entériques, Avril 2004
- [16] M. Lechevalier, T. Evans, R. J. Seidler, Effect of turbidity on chlorination Efficiency and bacterial persistence in drinking water, Applied and Environmental Microbiology, July 1981, p. 159-167
- [17] Charles SAOUT, Ingénieur en chef H.C. du génie sanitaire, Bactériologie et turbidité des eaux souterraines, Quelques illustrations pour le bassin Seine Normandie, Séminaire mars 1997
- [18] Institut National de Santé Publique du Québec, Unité de recherche en santé publique, Etude du Risque de Gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique, Septembre 2004
- [19] Médecine tropicale, cours en ligne.
http://medecinetropicale.free.fr/cours/diarrhées_infectieuses.htm
- [20] R JIAN, Paris V - pôle 2 – Hépatogastroentérologie, Tube digestif, Foie – Voies biliaires, Pancréas, Jan 2005
- [21] Encyclopédie Vulgaris – Médical
www.vulgaris-medical.com/front/?p=index_fiche&id_article=2024
- [22] Gilles BRÜCKER, Didier FASSIN, Santé Publique, Ellipses, Edition Marketing, 1989
- [23] Décret n° 2003-461 relatif à certaines dispositions réglementaires du code de la santé publique
- [24] Institut de veille sanitaire, CIRE Antilles Guyane, Bulletin d'alerte et de surveillance Antilles Guyane, Epidémie de gastro-entérites aiguës en France métropolitaine et dans les DFA
- [25] DSDS, Statistiques et indicateurs de la santé et du social, Statiss 2004, Antilles Guyane, octobre 2004
- [26] P. CHAUD, A. BLATEAU, Direction Interrégionale de la Sécurité Sociale des Antilles et de la Guyane, Les systèmes de surveillance de la dengue dans les départements français d'Amérique, Etat des lieux et propositions, Mars 1998
- [27] P. CHAUD, A. BLATEAU, CIRE Antilles Guyane, Guide pour la surveillance de la dengue dans les départements français d'Amérique, juin 1999
- [28] J. Lesne, Ecole Nationale de la Santé Publique Rennes, Hygiène publique, microbiologie et gestion de l'eau, manuscrit n° PF13, journée en hommage au Professeur A. DODION, 22 décembre 1998

Liste des Figures

FIGURE 1 : CARTE DE LA GUADELOUPE	2
FIGURE 2 : REPARTITION DES PRECIPITATIONS EN GUADELOUPE.....	4
FIGURE 3 : PERSISTANCE DES COLIFORMES DANS UNE EAU TURBIDE ET CHLOREE. EXPOSITION AU CHLORE DE 1 HEURE A 10°C	11
FIGURE 4 : RELATION ENTRE COT ET LA TURBIDITE OBTENUE A PARTIR DES DONNEES DE 6 PRISES D'EAU DE SURFACE DANS L'OUEST DE L'OREGON	12
FIGURE 5 : LOCALISATION DES MEDECINS SENTINELLE EN GUADELOUPE	17
FIGURE 6 : BILAN DES NON-CONFORMITES CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DISTRIBUEES PAR COMMUNE EN GUADELOUPE DURANT L'ANNEE 2004	21
FIGURE 7 : QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DE DISTRIBUTION POUR L'ANNEE 2004 EN GUADELOUPE	21
FIGURE 8 : BILAN DES NON-CONFORMITES LIEES AUX PARAMETRES TURBIDITE EN GUADELOUPE POUR L'ANNEE 2004.....	22
FIGURE 9 : BILAN DES NON-CONFORMITES CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DES EAUX EN SORTIE DE PRODUCTION EN GUADELOUPE DURANT L'ANNEE 2004 ET PAR COMMUNE	23
FIGURE 10 : LOCALISATION DES COMMUNES DITES A RISQUE ET DES COMMUNES TEMOIN.....	24
FIGURE 11 : STATION DE TRAITEMENT ET LEUR DEBIT (M ³ /J) DE LA ZONE D'ETUDE	25
FIGURE 12 : INCIDENCE DES MSG RECENSEES PAR LES MEDECINS SENTINELLES PAR COMMUNES DE JUIN 2003 A JUIN 2005	28
FIGURE 13 : INCIDENCE ESTIMEE DE CAS DE MSG DURANT LA PERIODE DE JUIN 2003 A JUIN 2005.....	29
FIGURE 14 : INCIDENCE MOBILE SUR 3 PERIODES DES MSG EN MARTINIQUE, EN GUADELOUPE ET EN FRANCE METROPOLITAINE DE JUIN 2003 A JUIN 2005.....	31
FIGURE 15 : INCIDENCE ESTIMEE DE CAS DE MSG DURANT LA PERIODE DE JUIN 2003 A JUIN 2005 ET EN RETIRANT LES PERIODES D'EPIDEMIES HIVERNALES	32
FIGURE 16 : PLUVIOMETRIE DE LA COMMUNE DE DESHAIES DE LA SEMAINE 23 2003 A LA SEMAINE 21 2005	33
FIGURE 17 : SERIES TEMPORELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DE L'INCIDENCE DES MSG DE LA SEMAINE 23 A 50 EN 2003 ET DE LA SEMAINE 14 A 50 EN 2004 POUR LA COMMUNE DE DESHAIES	34
FIGURE 18 : COMPARAISON DE LA TURBIDITE DES EAUX BRUTES A POINTE NOIRE, A BOUILLANTE ET A VIEUX HABITANTS EN PERIODE HUMIDE	35
FIGURE 19 : COMPARAISON DES POURCENTAGES DE MESURES DE TURBIDITE SUPERIEURES A 2 NFU EN PERIODE SECHE ET PERIODE HUMIDE SUR LES COMMUNES ETUDIEES	36
FIGURE 20 : COMPARAISON PLUVIOMETRIE TURBIDITE SEMAINE 23 2003 A SEMAINE 22 2005 BOUILLANTE.....	37
FIGURE 21 : SERIE TEMPORELLE DE LA TURBIDITE ET DES INCIDENCES DE MSG POUR LES SEMAINES 13 A 50 EN 2003 ET POUR LES SEMAINES 14 A 50 EN 2004 POUR LA COMMUNE DE POINTE NOIRE	39
FIGURE 22 : SERIE TEMPORELLE DE LA TURBIDITE ET DES INCIDENCES DE MSG POUR LES SEMAINES 13 A 50 2003 ET POUR LES SEMAINES 14 A 50 2004 POUR LA COMMUNE DE VIEUX HABITANTS ...	40
FIGURE 23 : DISPERSION DES VALEURS DE TURBIDITES DE L'EAU DISTRIBUEE SUR LES COMMUNES DE POINTE NOIRE ET DE VIEUX HABITANTS PENDANT LA PERIODE D'ETUDE	41
FIGURE 24 : PART DES CONSULTATIONS EN MEDECINE GENERALE EN DEHORS DE LA COMMUNE DE RESIDENCE	43
FIGURE 25 : SCHEMATISATION D'UN BASSIN TAMPON D'EAU BRUTE.....	48
FIGURE 26 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CLASSIFICATION ANTILLES GUYANE	53

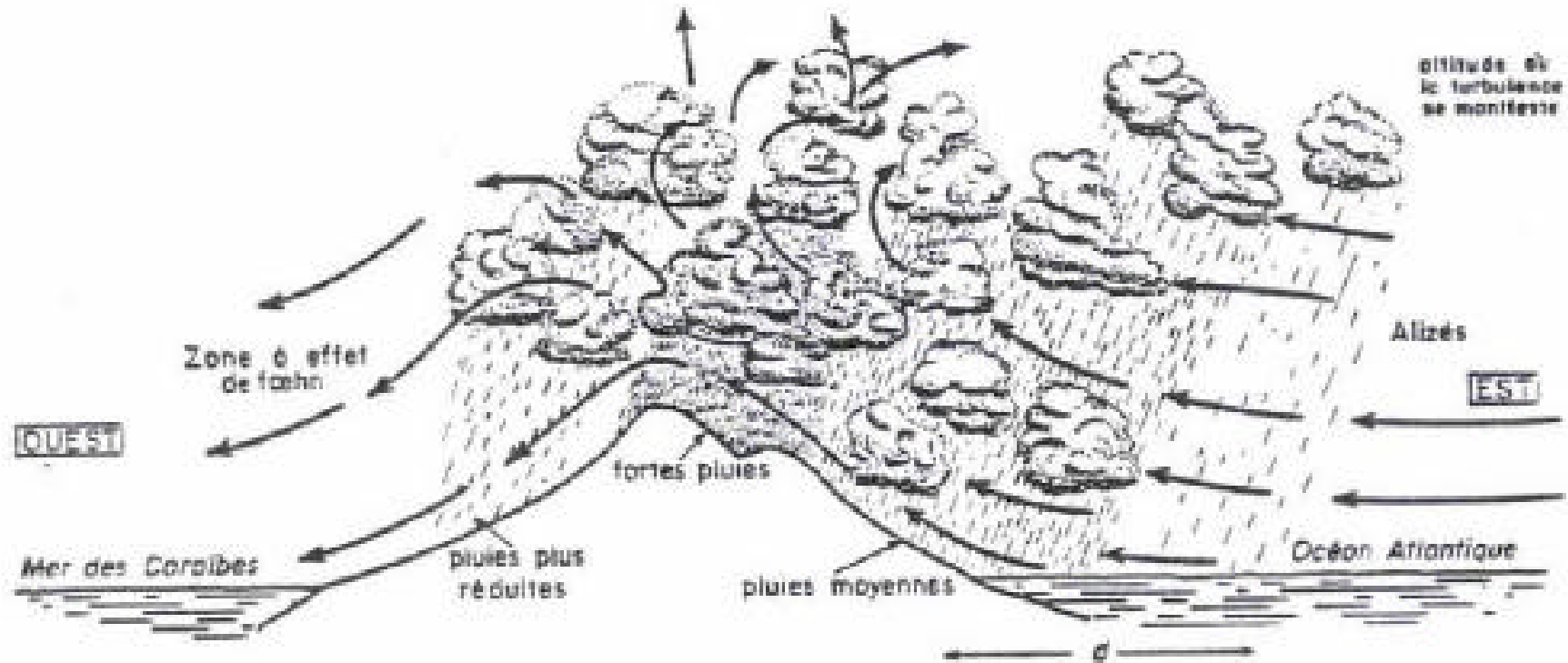
Liste des Tableaux

TABLEAU 1 : POURCENTAGE DES PRINCIPAUX AGENTS RESPONSABLES DE MSG	14
TABLEAU 2 : ESTIMATION DU POURCENTAGE DE CAS DE MSG DU AUX BACTERIES VEHICULEES PAR L'EAU [18]	15
TABLEAU 3 : INCIDENCE DE MSG DES 11 COMMUNES POUR LA PERIODE DE 2 ANS	29
TABLEAU 4 : ESTIMATION DE L'INCIDENCE DES MSG DURANT LA PERIODE DE L'ETUDE DES 2 ANS ET MOYENNEE SUR LA SEMAINE	30
TABLEAU 5 : COMPARAISON DE L'INCIDENCE ESTIMEE DE MSG ENTRE LA ZONE D'ETUDE ET LE RESTE DE LA GUADELOUPE PENDANT LA PERIODE DE JUIN 2003 A JUIN 2005 ET EN ENLEVANT LES PERIODES D'EPIDEMIES HIVERNALES	32
TABLEAU 6 : COMPARAISONS DES INCIDENCES POUR 100000 ESTIMEES DURANT LES PERIODES SEMAINES 30 A 50 2003 ET 2004	34
TABLEAU 7 : RESULTATS DES VALEURS DE TURBIDITE DE L'EAU DISTRIBUEE OBSERVEES ET INCIDENCE ESTIMEE POUR 100000 HABITANTS DE MSG A POINTE NOIRE ET A VIEUX HABITANTS DE JUIN 2003 A JUIN 2005 EN ENLEVANT LES PERIODE D'EPIDEMIES HIVERNALES	41
TABLEAU 8 : PROTOCOLE DE GESTION DE CRISE EN FONCTION DE LA VALEUR DE TURBIDITE DE L'EAU DISTRIBUEE	52

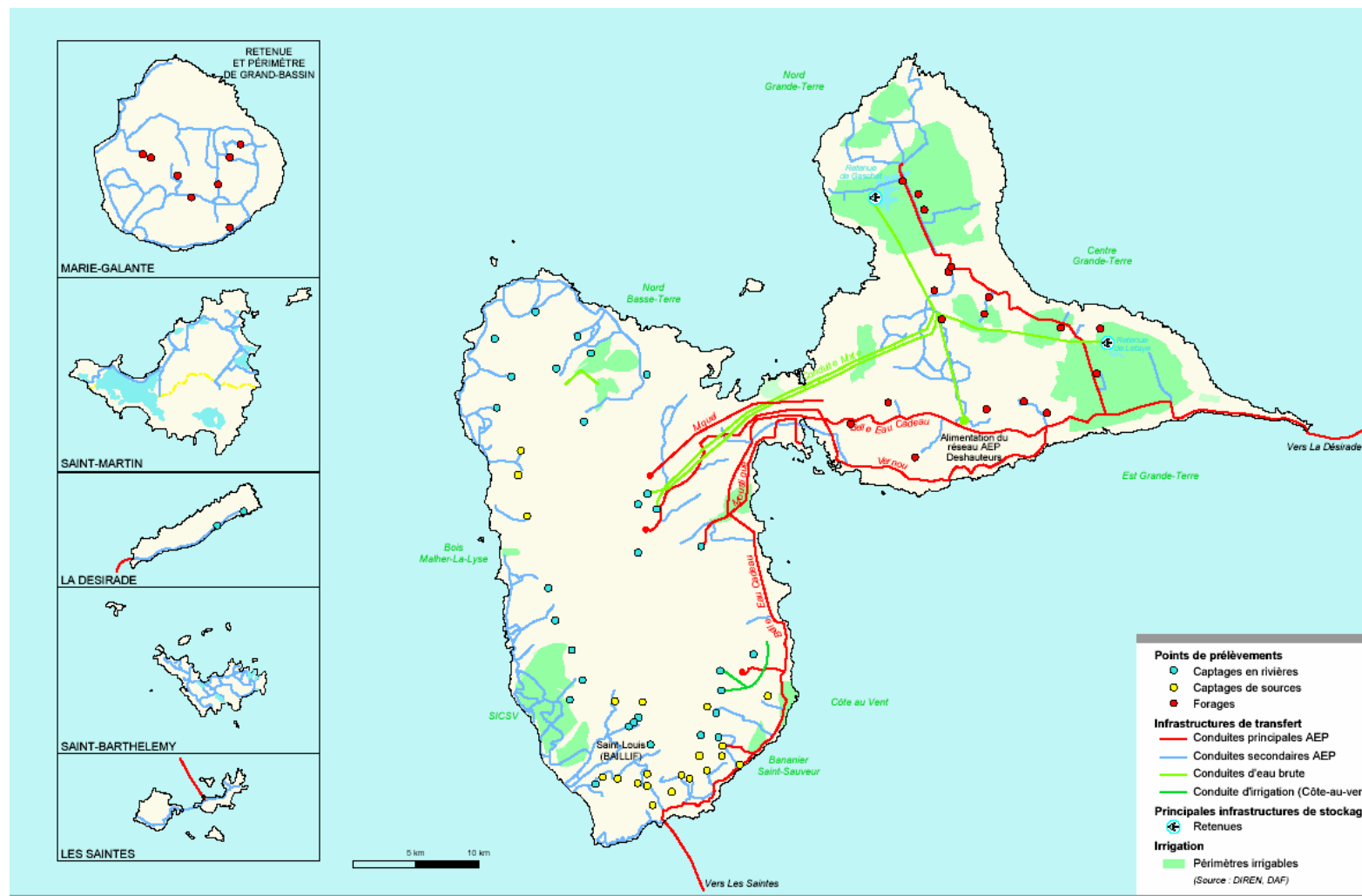
Liste des annexes

ANNEXE 1 : REPRESENTATION DE L'EFFET DE FØHN	II
ANNEXE 2 : CARTE DES PRINCIPAUX RESEAUX DE DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE .	III
ANNEXE 3 : PRESENTATION DES PATHOGENES D'ORIGINE HYDRIQUE ET LEURS PRINCIPALES CARACTERISTIQUES	IV
ANNEXE 4 : PARAMETRES ANALYSES PAR LE CONTROLE SANITAIRE DE LA DSDS DE LA GUADELOUPE	VII
ANNEXE 5 : SYNOPTIQUE DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DES COMMUNES DE BOUILLANTE, POINTE NOIRE ET VIEUX HABITANTS	IX
ANNEXE 6 : LISTE DES MEDECINS EXERÇANT EN GUADELOUPE PAR COMMUNES	XIII
ANNEXE 7 : SERIES TEMPORELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA TURBIDITE DES EAUX DISTRIBUEES PAR LES STATION DE POTABILISATION DES COMMUNES ETUDIEES	XIV
ANNEXE 8 : PLUVIOMETRIE OBSERVEE SUR LES COMMUNES ETUDIEES DE JUIN 2003 A JUIN 2005.....	XVIII
ANNEXE 9 : SERIES TEMPORELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DES INCIDENCES HEBDOMADAIRES DE MSG DES COMMUNES ETUDIEES ET PENDANT LA PERIODE ETUDIEES	XX
ANNEXE 10 : COMPARAISON DE LA TURBIDITE DES EAUX BRUTES ARRIVANT AUX STATIONS DE POTABILISATION DES COMMUNES ETUDIEES EN SAISON SECHE.....	XXII
ANNEXE 11 : TABLEAU RECAPITULATIF COMPARANT LES PLUVIOMETRIES ET LES TURBIDITES OBSERVEES EN PERIODE HUMIDE ET SECHE.	XXIII
ANNEXE 12 : SERIES TEMPORELLES DE LA TURBIDITE DE L'EAU DISTRIBUEE ET DU NOMBRE DE CAS DE MSG RECENSE PAR LES MEDECINS SENTINELLE DANS LES COMMUNES DE SAINTE ROSE ET DESHAIES.	XXIV
ANNEXE 13 : COMPARAISON POINTE NOIRE ET VIEUX HABITANTS	XXV

ANNEXE 1 : REPRESENTATION DE L'EFFET DE FÖHN



ANNEXE 2 : CARTE DES PRINCIPAUX RESEAUX DE DISTRIBUTION DE L'EAU POTABLE



INFRASTRUCTURES DE PRELEVEMENT, DE TRANSFERT ET DE STOCKAGE- PÉRIMÈTRES IRRIGABLES

CARTE 7

ANNEXE 3 : PRESENTATION DES PATHOGENES D'ORIGINE HYDRIQUE ET LEURS PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

Présentation des bactéries pathogènes d'origine hydrique et leurs principales caractéristiques (1)

Contaminant d'origine bactérienne	Caractéristiques	Pathogénicité	Gamme d'hôtes	Période d'incubation	Epidémiologie	Sensibilité au désinfectant
E. coli pathogène	Bâtonnet à gram négatif, mobile, aérobic; non entérotoxigène et non entéro-invasif; des sérogroupes possèdent un facteur d'adhésion antigénique	Affection intestinale accompagnée de diarrhées liquides, de fièvres, de crampes et de vomissements	Humains et la plupart des mammifères	12 à 72 heures	Lié à des épidémies d'affection diarrhéique aiguë dans les pouponnières; souvent sporadique; en Europe et Amérique du Nord, n'est plus cause importante de diarrhée infantile	Sensible à de nombreux désinfectants
Yersinia enterocolitica	Bâtonnet à gram négatif, aspect bacillaire ou ovoïde, production d'une entérotoxine thermolabile (ST) par certaine souche	Affection entérique aiguë avec diarrhées, entérocolite, lymphadénite mésentérique aiguë simulant une appendicite, fièvres, anorexie...	Animaux domestiques, porc...	Probablement 3 à 7 jours, habituellement moins de 10 jours	Répandu dans le monde entier; les ¾ des infections surviennent chez les nourrissons et les jeunes enfants	Sensible à de nombreux désinfectants
Salmonella sp.	Bâtonnet à gram négatif, mobile, aérobic et anaérobic facultatif; identification sérologique des antigènes somatiques et flagellaires	Gastro-entérite aiguë; caractérisée par un début brutal et accompagnée de douleurs abdominales, de diarrhées, de nausées et de vomissements	Humains, animaux domestiques et sauvages, oiseaux	6 à 72 heures; habituellement 12 à 36 heures	Répandu dans le monde entier; incidence plus élevée chez les nourrissons et les jeunes enfants; petites épidémies dans la population générale; grandes dans les hôpitaux, restaurants et foyers d'accueil	Sensible à de nombreux désinfectants
Shigella sp.	Bâtonnet à gram négatif, non encapsulé, asporogène, immobile	Maladie aiguë du colon et de l'intestin grêle; diarrhées, fièvres, nausées et parfois toxémie, crampes et vomissements	Humains et primates	1 à 7 jours; habituellement 1 à 3 jours	Les 2/3 des cas et la plupart des décès surviennent chez les enfants de moins de 10 ans; le taux d'attaque secondaire est de 10 à 40% dans les familles; associés aux endroits surpeuplés et aux conditions sanitaires médiocres	Sensible à de nombreux désinfectants
Vibrio cholerae	Bâtonnet à gram négatif, non sporulant, anaérobic facultatif, oxydase positif	Maladie pouvant être asymptomatique ou à symptôme grave; affection entérique bactérienne aiguë caractérisée par un début soudain, vomissements, déshydratation	Humains	Quelques heures à 5 jours; habituellement 2 à 3 jours	Répandu dans le monde entier au XIX ^e siècle	Sensible à de nombreux désinfectants
Campylobacter jejuni	Bactérie gram négatif, aspect de spirille et aspect en S; mobilité extrême, microaérophile; croissance optimale à 42°C	Affection entérique aiguë de gravité variable; diarrhées, douleurs abdominales, sensation de malaise, fièvres, nausées et vomissements; la maladie se prolonge chez environ 20% des malades; présence de sang, de syndrome de type typhoïde et arthrite peuvent survenir	Humains, animaux et oiseaux	2 à 5 jours; peut aller de 1 à 10 jours selon la dose	Importante cause d'affection diarrhéique dans le monde entier chez tous les groupes d'âges (5 à 14%). Les épidémies de source commune sont très souvent associées aux aliments et à l'eau non chlorée	Sensible à de nombreux désinfectants; 0,1 mg/l de chlore libre, 1 mg/l de monochloramine suffisent éliminer C. jejuni
Enterobacter sp.	Bâtonnet à gram négatif, flagelles péritriches, capsulé ou non, aérobic facultatif	Diverses: nosocomiales, urinaires, infections des poumons, des plaies et du sang	Humains	Non clairement définie	Souvent liés aux affections hospitalières; de plus en plus reconnu comme pathogène opportuniste dans une grande variété de situations	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, à l'éthanol à 70%, à l'iode, aux composés phénolés
Proteus sp.	Bacille en forme de bâtonnet, à gram négatif, mobile, aérobic	Infections chroniques des voies urinaires, bactériémie, pneumonie et foyers lésionnels	Humains	Non clairement définie	Répandu dans le monde; cause importante d'infections nosocomiales acquises après le traitement antimicrobien	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, à l'éthanol à 70%, à l'iode, aux composés phénolés

Présentation des bactéries pathogènes d'origine hydrique et leurs principales caractéristiques (2)

Contaminant d'origine bactérienne	Caractéristiques	Pathogénicité	Gamme d'hôtes	Période d'incubation	Epidémiologie	Sensibilité au désinfectant
<i>Corynebacterium diptheriae</i>	Bâtonnet à gram positif, non sporulé, immobile, renflement caractéristique à une extrémité du bacille, aérobie facultatif	Pharyngite, fièvres, sensation de malaise, tuméfaction du cou et céphalée	Humains	Habituellement 2 à 5 jours, parfois plus	Lié à des épidémies d'affection diarrhéique aiguë dans les pouponnières ; souvent sporadique ; en Europe et Amérique du Nord, n'est plus cause importante de diarrhée infantile	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, éthanol à 70%
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Petit Bâtonnet à gram négatif, flagelle polaire, anaérobie facultative, exotoxines	Gastro-entérite, infections des voies respiratoires et des voies urinaires	Humains, amphibiens, poissons, reptiles et oiseaux	Non clairement définie	Répandu dans le monde entier ; les ¾ des infections surviennent chez les nourrissons et les jeunes enfants	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, éthanol à 70%, iode
<i>Légionella pneumophila</i>	Bâtonnet à gram négatif qui colore mal, aérobie	Pneumonie aiguë accompagnée d'anorexie, sensation de malaise, de myalgie, fièvres et frissons, toux improductive, diarrhée ; taux de létalité est de 39 à 50% chez les malades hospitalisés	Humains, cobayes infectés	2 à 10 jours, le plus souvent 5 à 6 jours	Répandu dans le monde entier ; incidence plus élevée chez les nourrissons et les jeunes enfants ; petites épidémies dans la population générale ; grandes dans les hôpitaux, restaurants et foyers d'accueil	Sensible à de nombreux désinfectants

Présentation des protozoaires pathogènes d'origine hydrique et leurs principales caractéristiques

Contaminant d'origine protozoaire	Caractéristiques	Dose infectante	Pathogénicité	Gamme d'hôtes	Période d'incubation	Epidémiologie	Sensibilité au désinfectant
<i>Giardia lamblia</i>	Protozoaire flagellé monocellulaire ; trophozoïte en forme de poire possédant 2 noyaux à l'extrémité antérieure et 5 flagelles permettant des mouvements rapides évoquant la chute de feuilles ; la forme enkystée se développe dans le colon	Entre 10 et 100 oocystes	Infection asymptomatique dans la majorité des cas, mais parfois l'apparition subite de diarrhées, crampes abdominales, perte de poids	Humains, animaux domestiques (chiens, chats), et sauvages (ours et castors)	3 à 25 jours, habituellement 7 à 10 jours	Éclosions d'origine hydrique fréquentes dans les régions où la contamination fécale de l'eau de consommation non filtrée est courante ; cause de poussées épidémiques dans les garderies	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, (l'ajout de chlore à l'eau potable ne donne pas de résultats satisfaisants, surtout si l'eau est froide)
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Protozoaire de l'ordre des coccidies ; sporozoaires ; les cycles sexué et asexué s'effectuent à l'intérieur d'un seul hôte	100 d'oocystes	Diarrhées aqueuse profuse, des crampes, des douleurs abdominales, perte de poids, anorexie et dans certains cas, nausées, vomissements, fièvre et myalgie	Vertébrés (humains, volailles, poissons, reptiles et mammifères)	1 à 12 jours, en moyenne 7 jours	Répandu dans le monde entier ; les taux d'infections varient entre 1 et 4.5% ; des taux plus élevés ont été observés chez des sujets atteints du sida (3 à 20% aux USA) ; Epidémies fréquemment signalées dans les garderies	Résiste à la majorité des désinfectants dont l'hypochlorite à 3%, les iodophores, le formaldéhyde à 5% ; un traitement prolongé (18 h) avec une solution saline de formol à 10%, déammoniac à 5% ou d'hydrogène de peroxyde à 3% réduit le pouvoir infectant du microorganisme

Présentation des virus pathogènes d'origine hydrique et leurs principales caractéristiques

Contaminant d'origine virale	Caractéristiques	Pathogénicité	Gamme d'hôtes	Période d'incubation	Epidémiologie	Sensibilité au désinfectant
Hépatites A	Virus non enveloppé à ARN monocaténaire de polarité positive, hépatovirus	Début soudain accompagné de fièvre, d'une sensation de malaise, d'anorexie, de nausées et de gênes abdominales suivis après quelques jours d'un ictère	Humains, singes et macaques	10 à 15 jours selon la dose; moyenne de 28 à 30 jours	Sporadique et épidémique; récurrentes cycliques; épidémies dans les établissements et les garderies; les épidémies évoluent doucement dans les pays développés chez les enfants d'âge scolaire et les jeunes adultes; 20 à 25% des hépatites cliniquement apparentes dans le monde entier	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, au formaldéhyde
Hépatites E	Virus à transmission entérique, épidémique, féco-orale	Ictère, anorexie, hépatomégalie, douleurs et sensibilité abdominales, nausées et vomissements	Humains, primates, porcs, rongeurs, poulets domestiques	2 à 9 semaines, 26 à 42 jours en moyenne	Infections associées à la consommation d'eau contaminée par la matière fécale; jeunes adultes particulièrement atteints	Inconnue, mesures de base de désinfection efficace contre le virus de l'hépatite A
Gastro-entérite virale						
Adénovirus	ADN bicaténaire linéaire, diamètre de 70 à 90 nm, non enveloppé, icosaédral	Nausées, vomissements, diarrhées et sensation de malaise	Humains, lapins, porcs et veaux	3 à 10 jours	Epidémies et cas sporadiques; cause d'affection grave chez les nourrissons et les jeunes enfants; les infections se produisent tout le long de l'année sans période de flambée précise	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, au formaldéhyde
Virus de Norwalk	Virion circulaire, non enveloppé, de 27 à 32 nm; ARN monocaténaire, de polarité positive	Diarrhées, vomissements et crampes abdominales; mortalité associé à un déséquilibre électrolytique	Humains	10 à 60 heures; habituellement 24-48 heures	Touche particulièrement les grands enfants et les adultes; les éclosions de cas durent 1-2 semaines au plus	Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%
Rotavirus	Virion non enveloppé, icosaédrique, à 2 capsides; ARN bicaténaire, linéaire, génome segmenté	Fièvres et vomissements suivis de diarrhées aqueuses, associé parfois à une déshydratation	Humains	27 à 70 heures	Principale cause de gastro-entérites chez les enfants (95% des enfants dans le monde infectés); les plus forts taux d'infections s'observent chez les enfants de 4 mois à 3 ans; l'infection est habituellement asymptomatique chez l'adulte	Sensible à l'éthanol à 95%, au formol à 2%
Astrovirus	Virus non enveloppé à ARN monocaténaire, à capsidic icosaédrique	Diarrhées, vomissements et crampes abdominales	Humains	24 à 36 heures		Sensible à l'hypochlorite de sodium à 1%, au glutaraldéhyde à 2%, Résistant à la désinfection alcoolique

**ANNEXE 4 : PARAMETRES ANALYSES PAR LE CONTROLE SANITAIRE DE LA DSDS DE LA
GUADELOUPE**

Analyse P1 :

Libellé	Unités	Limite de qualité	Référence de qualité
Ammonium (en NH ₄)	mg/l		0,1
Bact. aér. revivifiables à 22°-68h	n/ml		
Bact. aér. revivifiables à 36°-44h	n/ml		
Bact. et spores sulfito-rédu.	n/50ml		0
Chlorures	mg/l		250
Coliformes totaux	n/100ml		0
Conductivité à 20°C	µS/cm		180 - 1000
Couleur	qualité		15
Entérocoques	n/100ml	0	
Escherichia coli	n/100ml	0	
Nitrates	µg/l	50	
Nitrites	mg/l	0,5	
Odeur Saveur	qualité		Absence, acceptable
Oxydab. KMnO ₄ en mil. ac. à chaud	mg/l O ₂		5
Sulfates	mg/l		250
Titre alcalimétrique complet	°f		
Titre hydrotimétrique	°f		
Turbidité néphélométrique NFU	NFU	1	0,5

Source DSDS 971

Analyse en distribution :

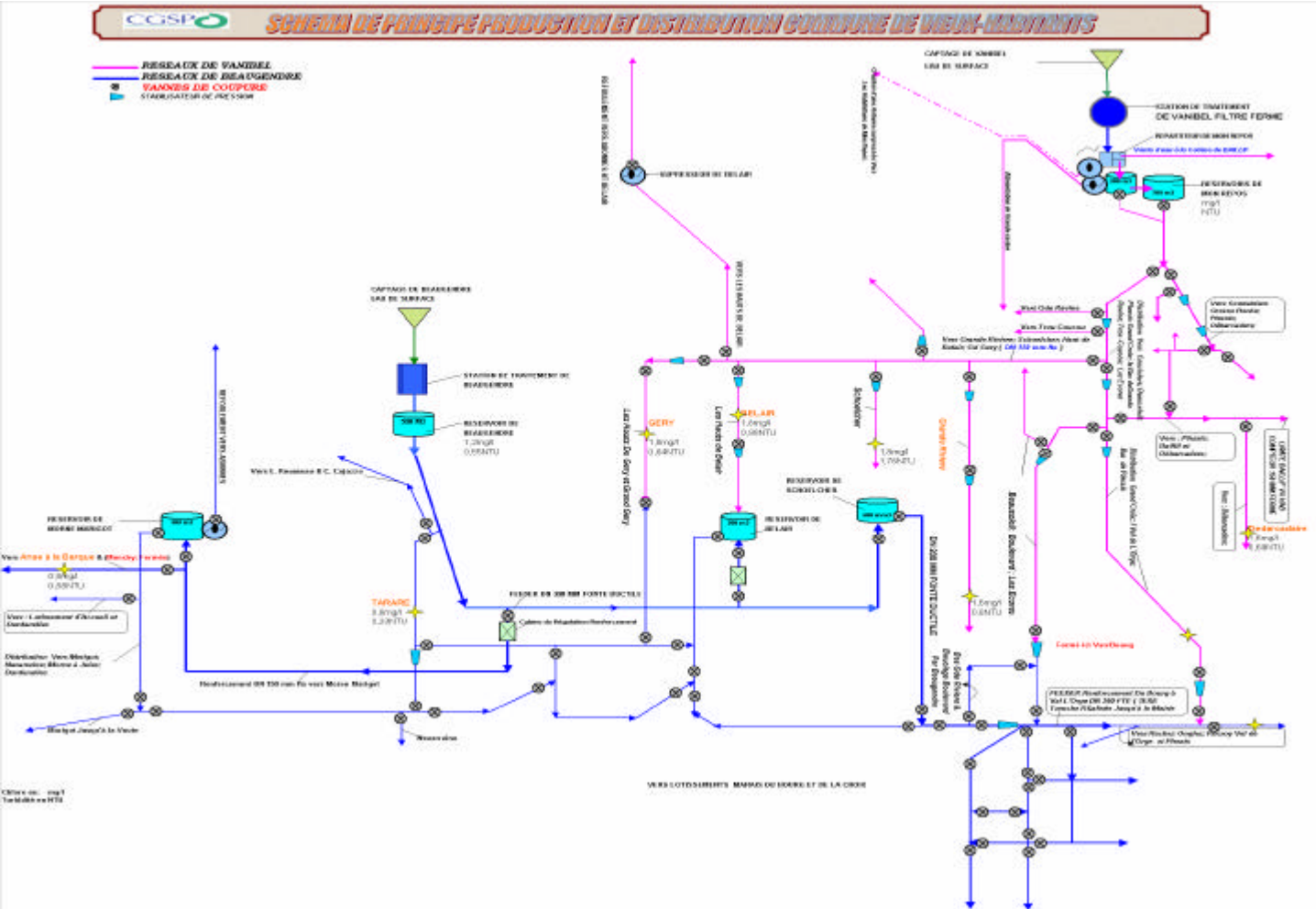
Numéro	Libellé	Unité	Limite de qualité	Référence de qualité
1	Aluminium total	µg/l		200
2	Ammonium	mg/l		0,1
3	Antimoine	µg/l	5	
4	Bactérie aérobie revivifiable à 22°C -68h	n/ml		
5	Bactérie aérobie revivifiable à 36°C -44h	n/ml		
6	Bactérie et spore sulfito-réducteur	n/50ml		0
7	Benzo(a)pyrène	µg/l	0,01	
8	Benzo(b)fluoranthène	µg/l	(*)	
9	Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	(*)	
10	Benzo(k)fluoranthène	µg/l	(*)	
11	Cadmium	µg/l	5	
12	Chrome total	µg/l	50	
13	Coliformes totaux	n/100ml		0
14	Conductivité à 20°C	µS/cm		180 - 1000
15	Couleur	qualité		15
16	Entérocoques	n/100ml	0	
17	E. coli	n/100ml	0	
18	Fer total	µg/l		200
19	Fluoranthène	µg/l	(*)	
20	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	(*)	
21	Nitrites	mg/l	0,5	
22	Odeur Saveur	qualité		acceptable
23	Turbidité	NFU	1	0,5

Source DSDS 971

(*) la somme de ces 5 cinq produits ne doit pas dépasser 1µg/l

L'analyse P1 recherche les paramètres 1-2-4-5-6-13-14-15-16-17-22-23 du tableau.
L'analyse P1+P2 recherche l'ensemble des paramètres.

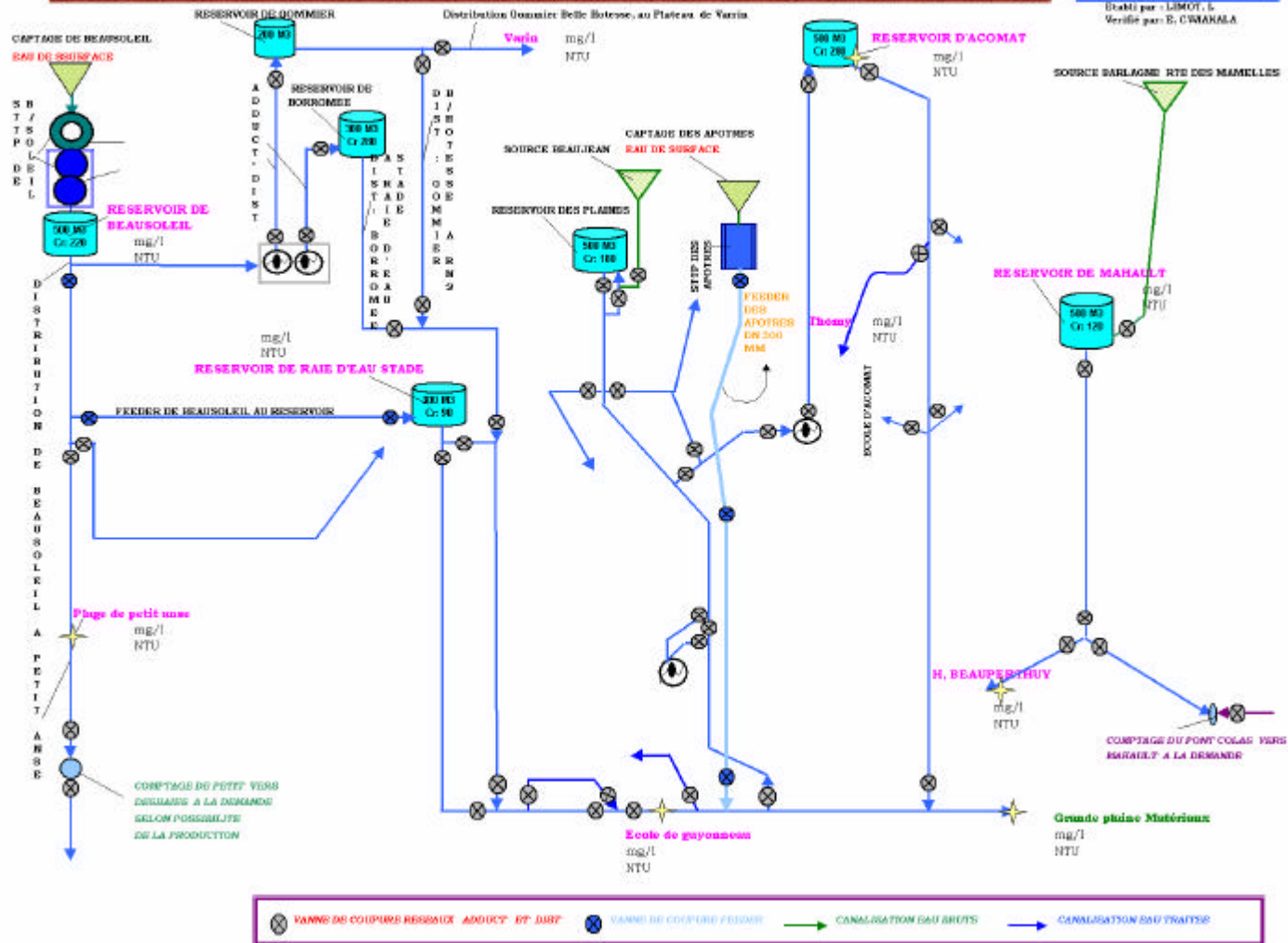
ANNEXE 5 : SYNOPTIQUE DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DES COMMUNES DE BOUILLANTE, POINTE NOIRE ET VIEUX HABITANTS



SCHEMA DE PRINCIPLE PRODUCTION ET DISTRIBUTION COMMUNE DE POINTE NOIRE

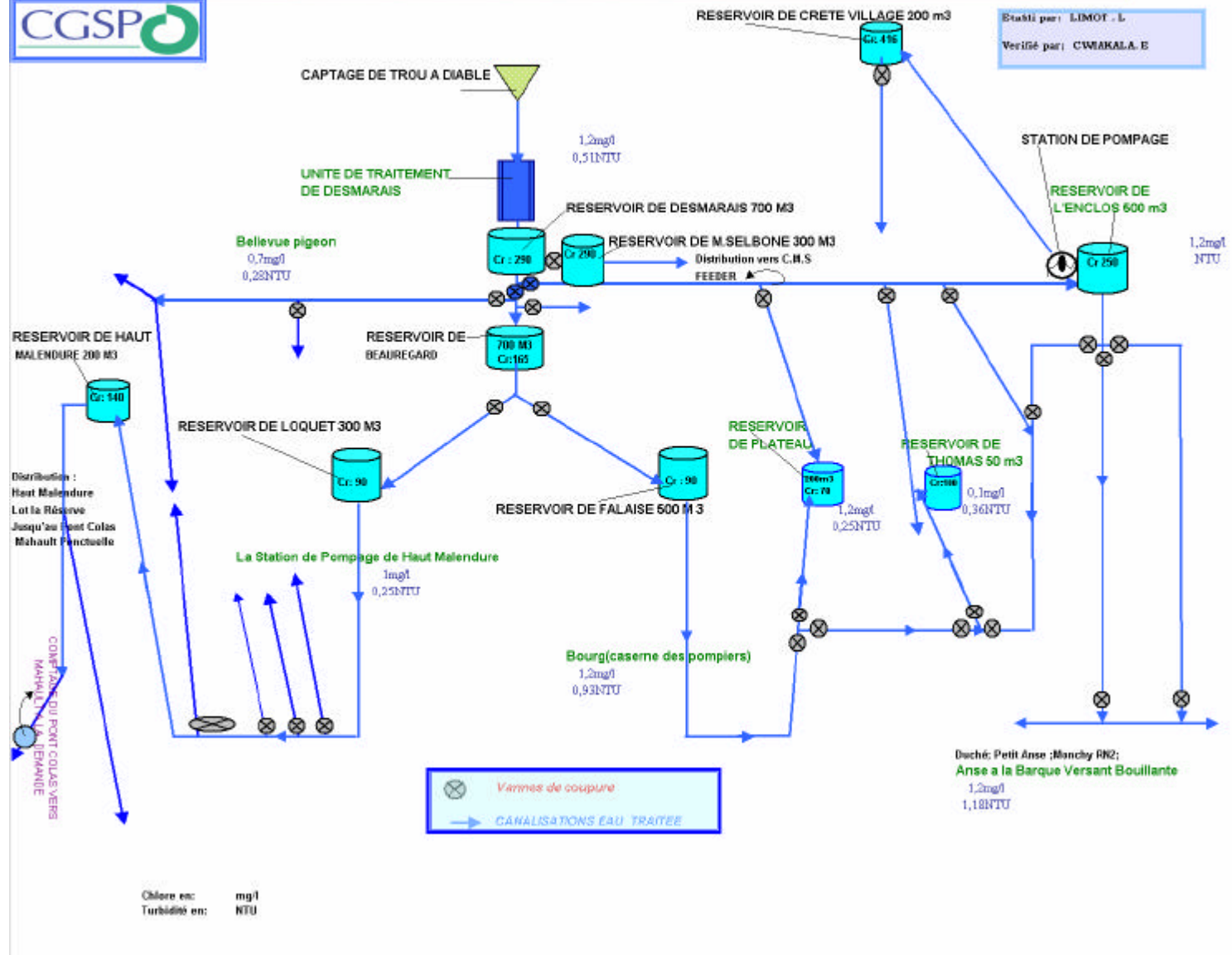


Elab. par : LIMOT, L.
Vérifié par : E. C'WAKALA



Chlore en: mg/l
Turbidité en NTU

SCHEMA DE PRINCIPE PRODUCTION ET DISTRIBUTION COMMUNE DE BOUILLANTE



ANNEXE 6 : LISTE DES MEDECINS EXERÇANT EN GUADELOUPE PAR COMMUNES

Secteurs d'astreintes	Activité libérale exclusive	Activité salariée exclusive	Activité mixte	Total
ABYMES	36	30	12	78
ANSE-BERTRAND	1	0	1	2
BAIE-MAHAULT	22	6	2	30
BAILLIF	4	0	0	4
BASSE-TERRE	24	42	17	83
BOUILLANTE	5	4	0	9
CAPESTERRE-BELLE-EAU	7	1	5	13
CAPESTERRE MARIE GALANTE	0	0	0	0
DESHAIES	4	0	0	4
DESIRADE	1	0	0	1
GOSIER	18	0	4	22
GOURBEYRE	1	1	3	5
GOYAVE	4	0	0	4
GRAND-BOURG	9	4	3	16
LAMENTIN	4	0	1	5
MORNE-A-L'EAU	7	1	0	8
MOULE	14	1	2	17
PETIT-BOURG	8	0	1	9
PETIT-CANAL	4	0	1	5
POINTE-A-PITRE	42	62	13	117
POINTE-NOIRE	6	0	5	11
PORT LOUIS	2	0	0	2
SAINT-BARTHELEMY	7	2	1	10
SAINT-CLAUDE	6	14	4	24
SAINT-FRANÇOIS	8	0	2	10
SAINT LOUIS	1	0	0	1
SAINT-MARTIN	18	4	3	25
SAINTE-ANNE	10	0	2	12
SAINTE-ROSE	8	0	1	9
TERRE-DE-BAS	2	0	1	3
TERRE-DE-HAUT	2	0	0	2
TROIS-RIVIERES	4	0	1	5
VIEUX FORT	0	0	0	0
VIEUX-HABITANTS	3	0	1	4
Total	292	172	86	550

 Zone Grande Terre

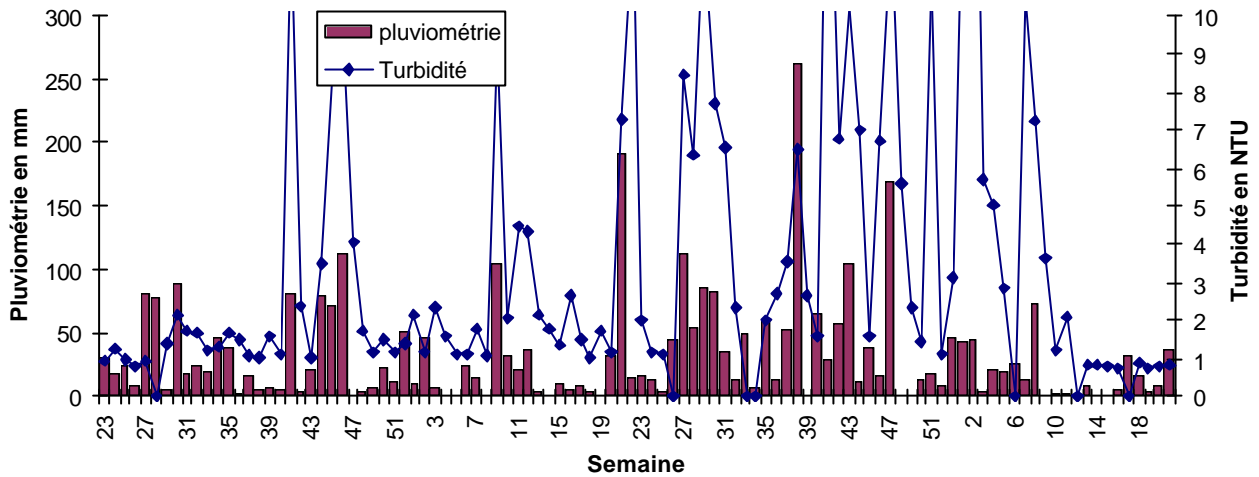
 Zone Basse Terre

 Les saintes

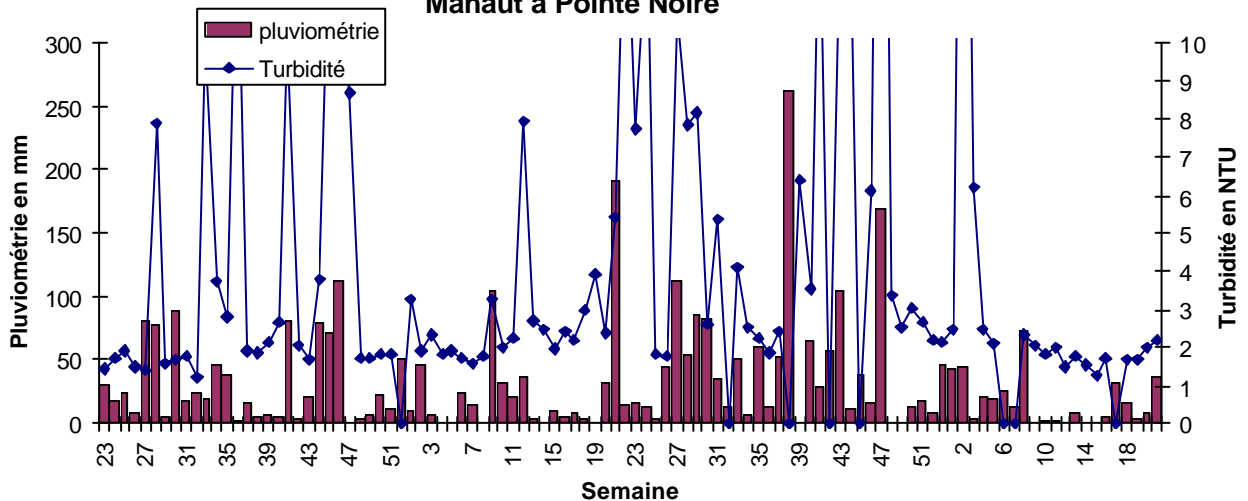
 Marie Galante

**ANNEXE 7 : SERIES TEMPORELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DE LA TURBIDITE DES EAUX
DISTRIBUEES PAR LES STATION DE POTABILISATION DES COMMUNES ETUDIEES**

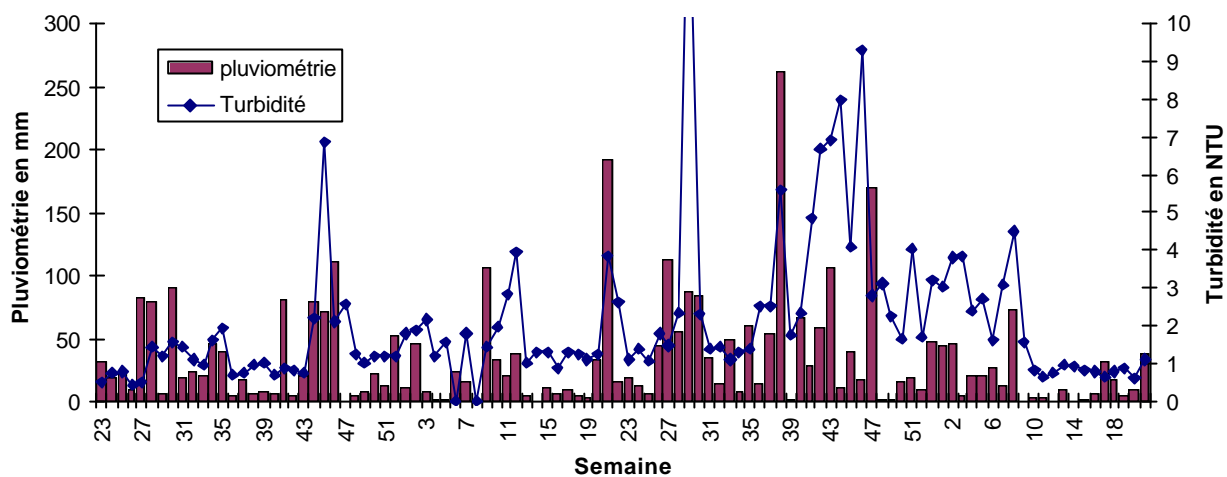
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Beaujean à Pointe Noire**



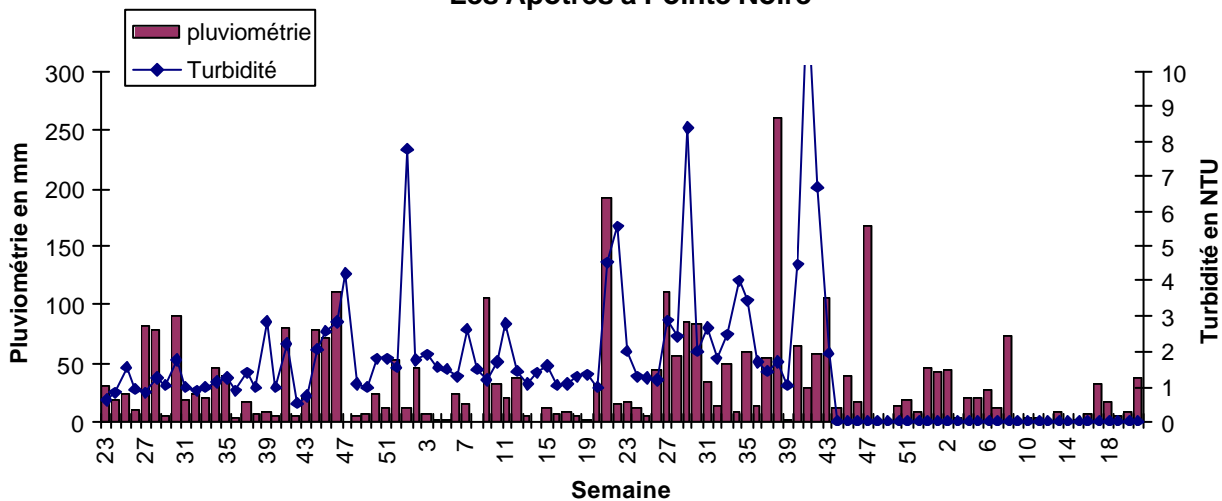
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Mahaut à Pointe Noire**



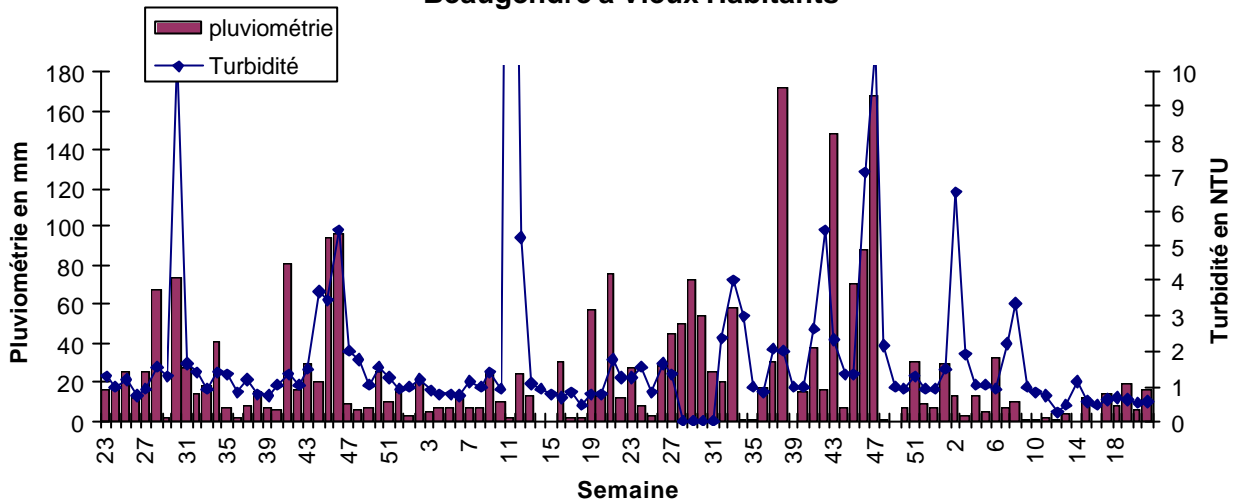
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Beausoleil à Pointe Noire**



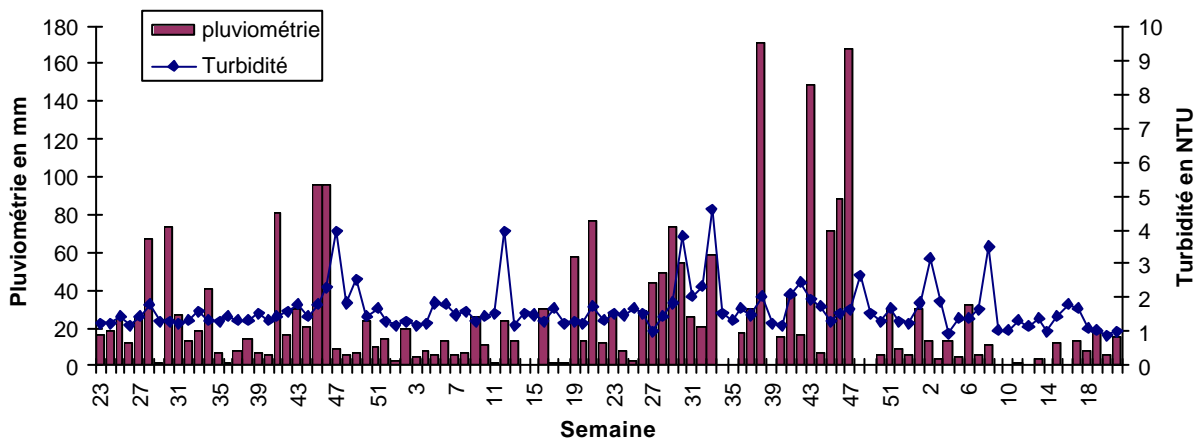
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Les Apôtres à Pointe Noire**



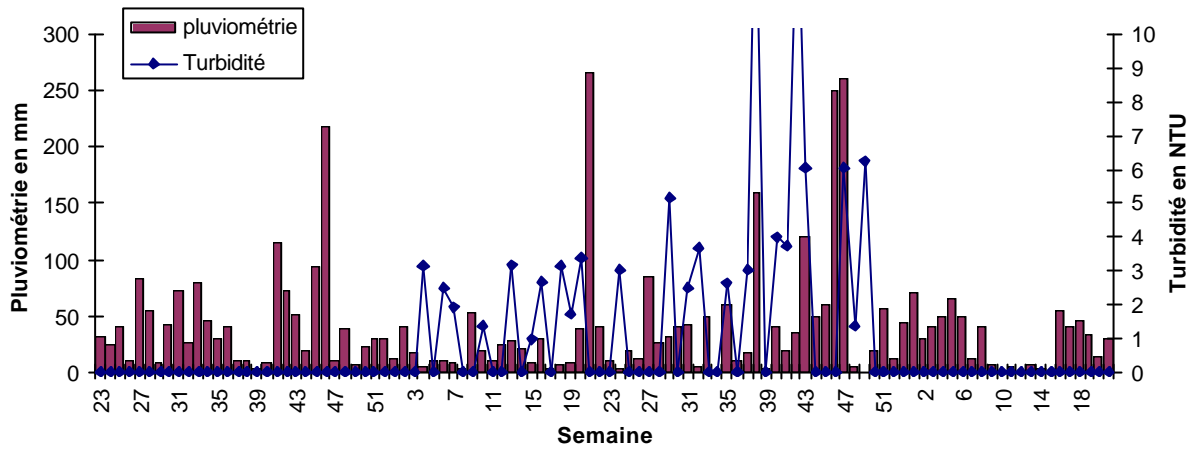
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Beaugendre à Vieux Habitants**



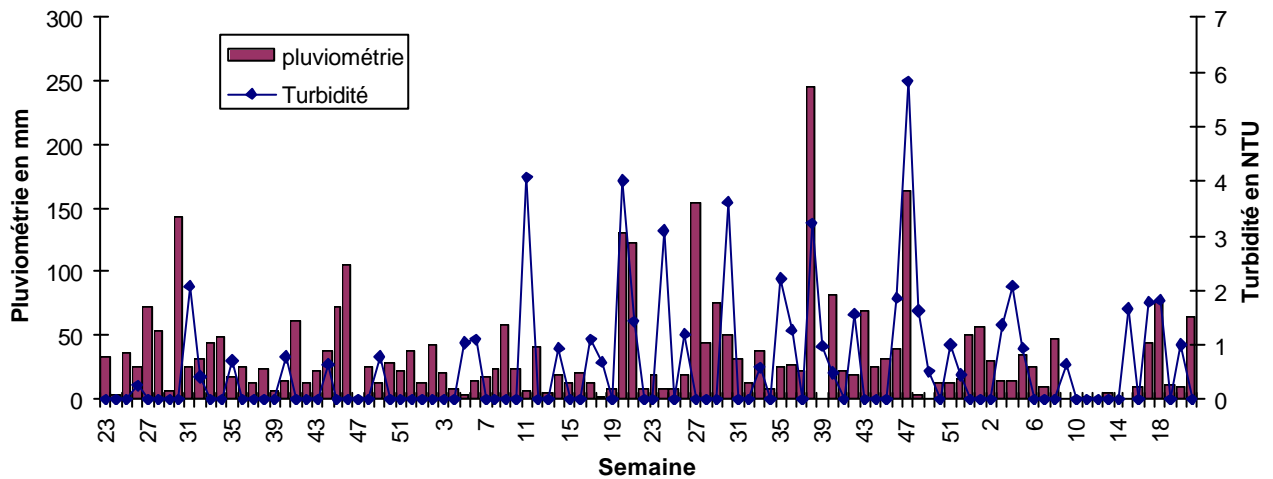
**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Vannibel à Vieux Habitants**



**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Sainte Rose**

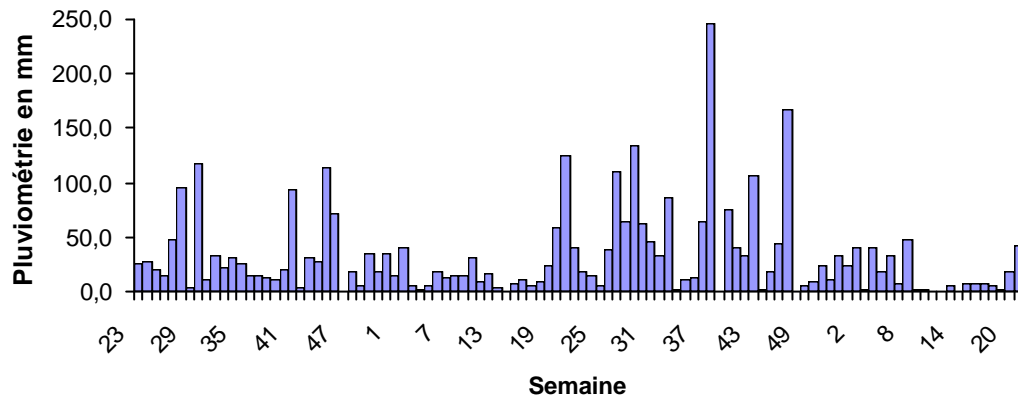


**Comparaison pluviométrie-turbidité semaine 23 2003 à semaine 22 2005 :
Deshaies**

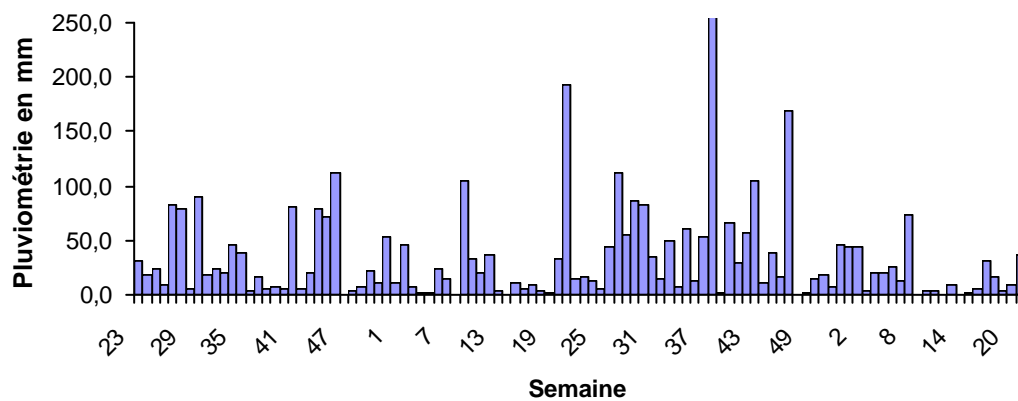


ANNEXE 8 : PLUVIOMETRIE OBSERVEE SUR LES COMMUNES ET UDIEES DE JUN 2003 A JUN 2005

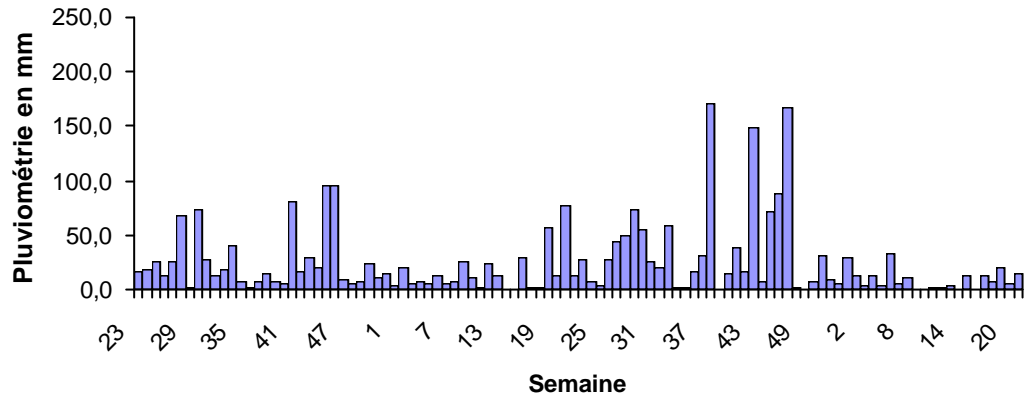
Bouillante



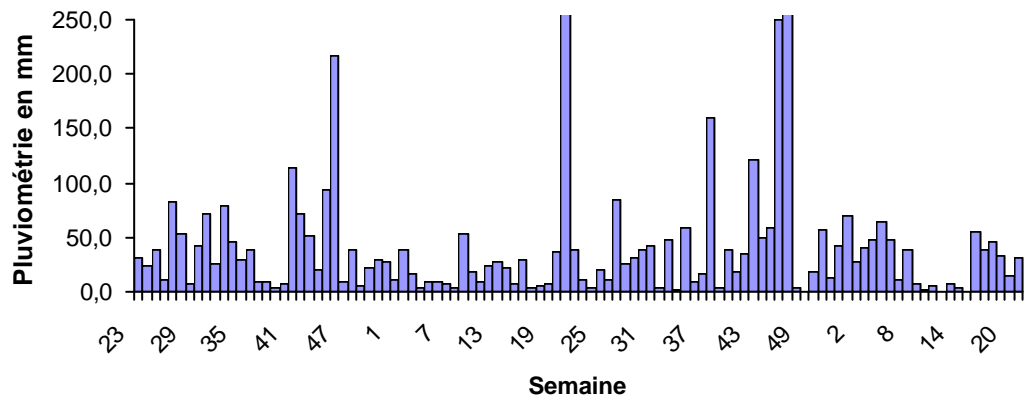
Pointe Noire



Vieux Habitants

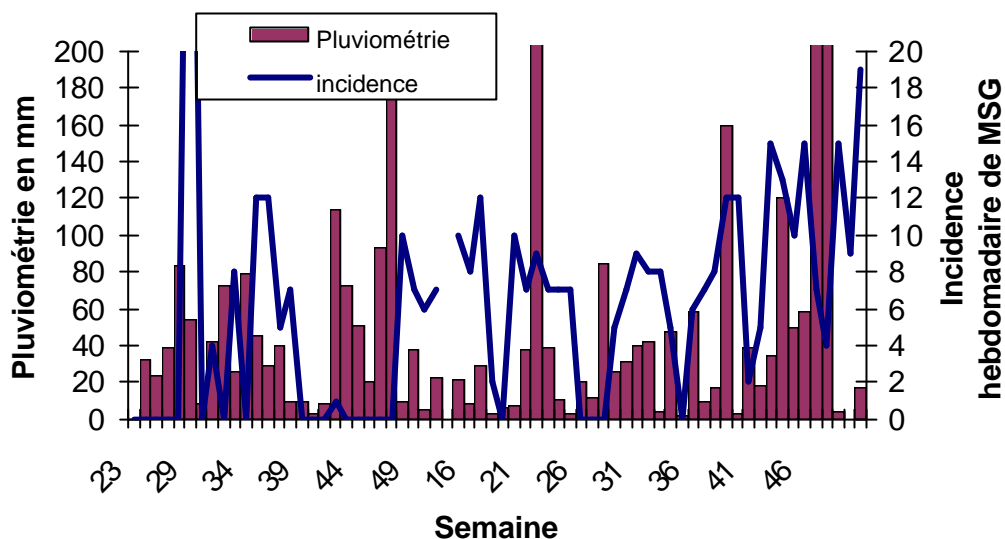


Sainte Rose

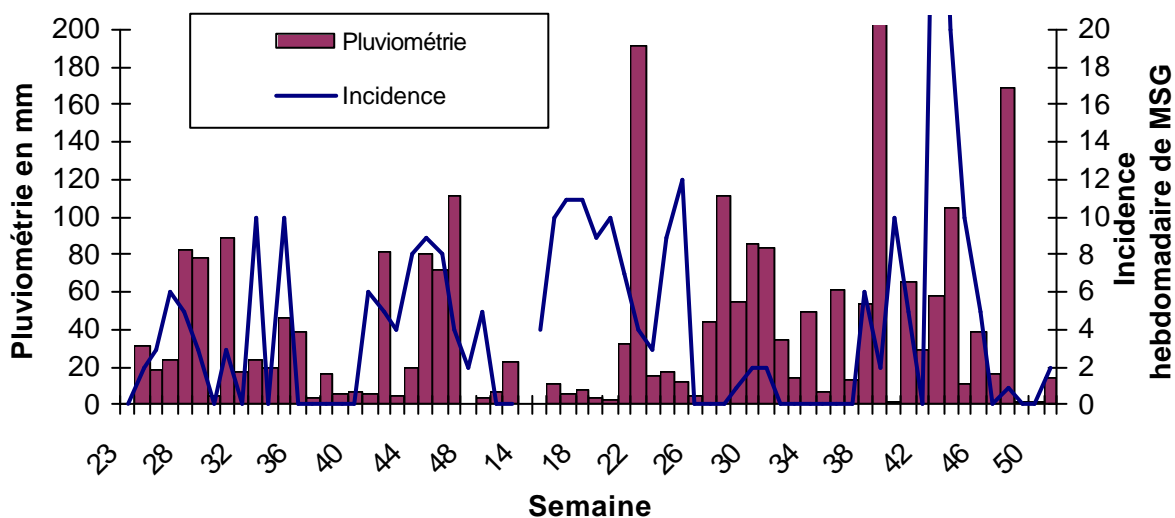


ANNEXE 9 : SERIES TEMPORELLES DE LA PLUVIOMETRIE ET DES INCIDENCES HEBDOMADAIRES DE MSG DES COMMUNES ETUDIEES ET PENDANT LA PERIODE ETUDIEES

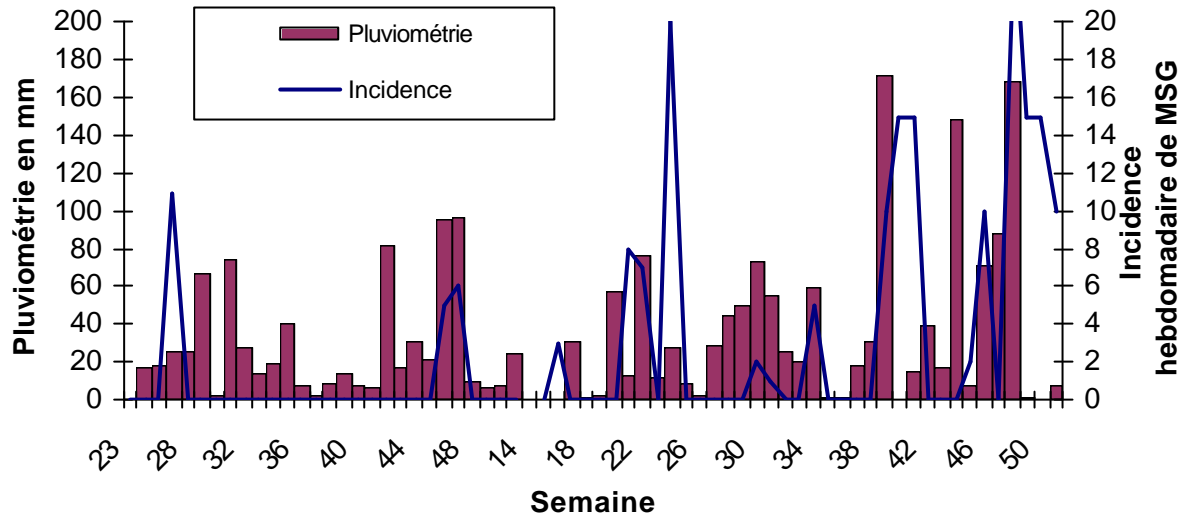
Sainte Rose



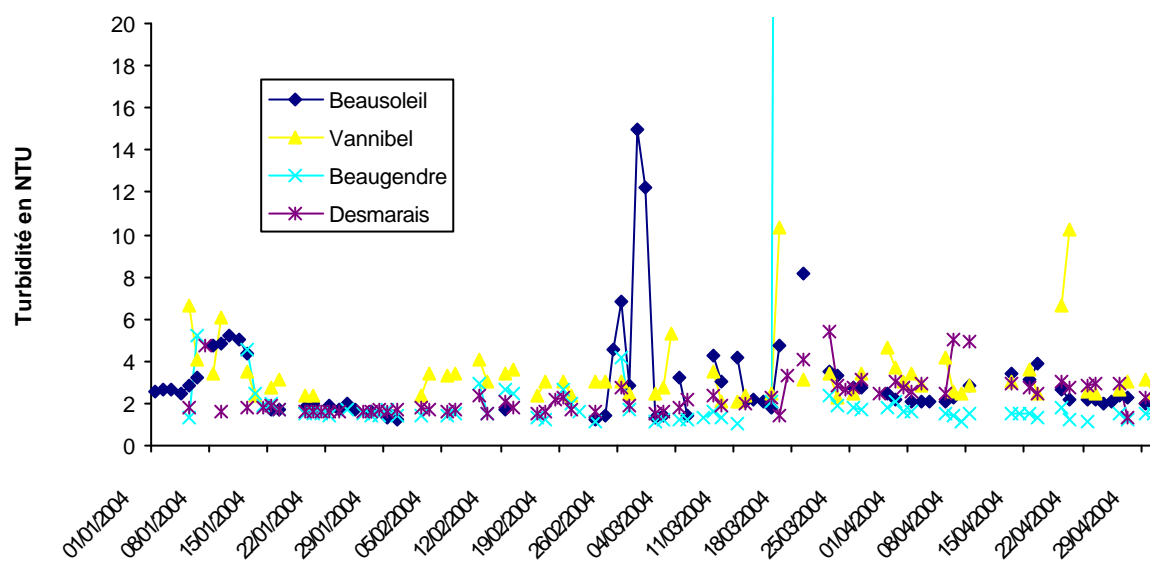
Pointe Noire



Vieux Habitants



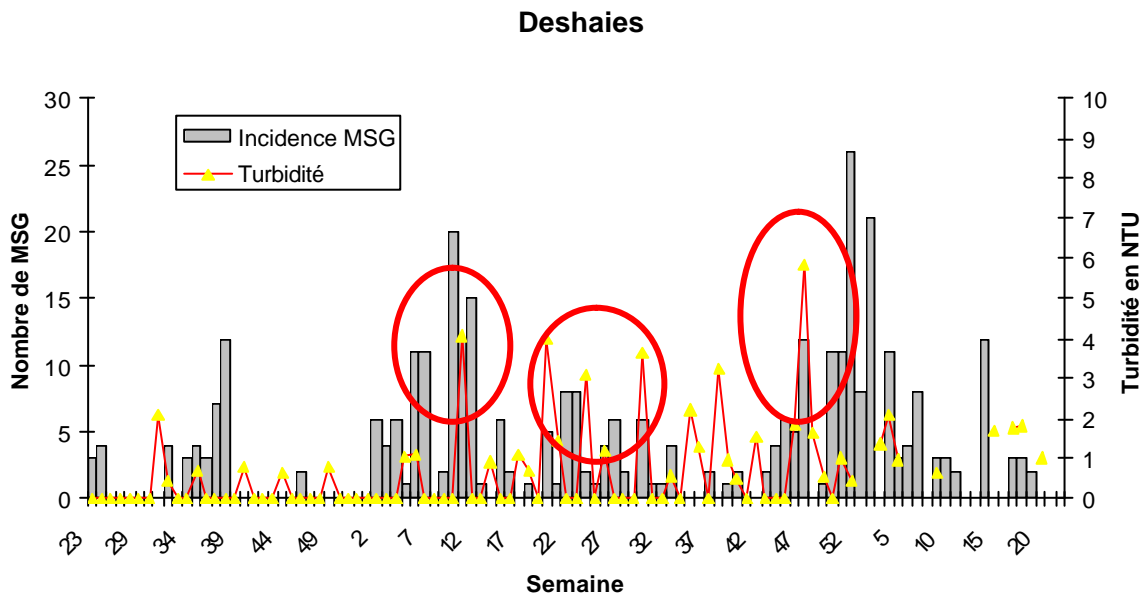
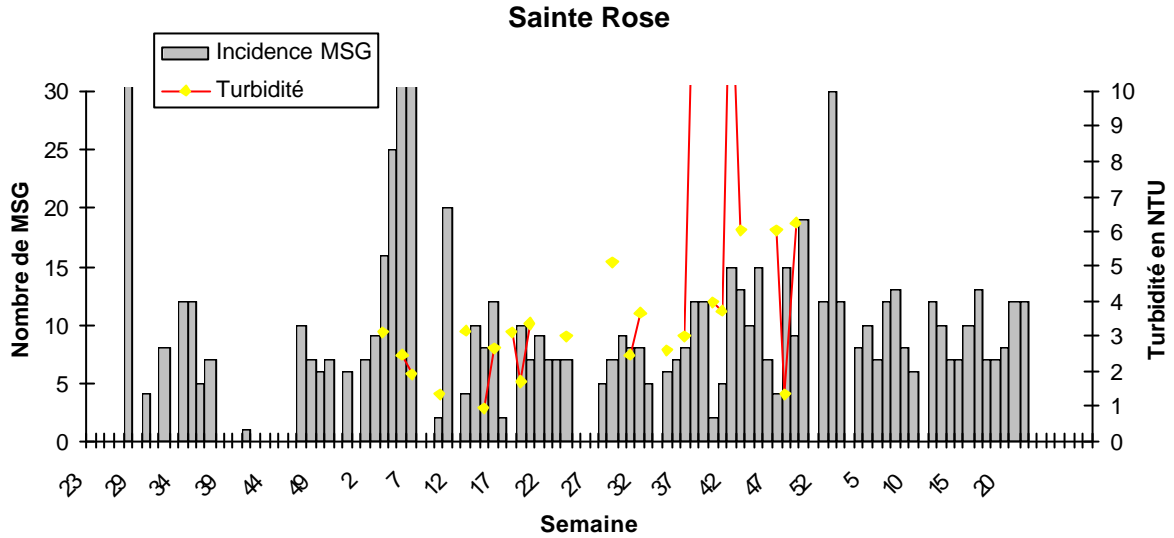
ANNEXE 10 : COMPARAISON DE LA TURBIDITE DES EAUX BRUTES ARRIVANT AUX STATIONS DE POTABILISATION DES COMMUNES ETUDIEES EN SAISON SECHE



ANNEXE 11 : TABLEAU RECAPITULATIF COMPARANT LES PLUVIOMETRIES ET LES TURBIDITES OBSERVEES EN PERIODE HUMIDE ET SECHE.

Commune		Pointe Noire				Vieux Habitants		Bouillante	Sainte Rose	Deshaies	
Nom de la station		Beausoleil	Beaujean	Mahaut	Les Apôtres	Vanibel	Beaugendre	Desmarais		Ferry de la Coque	
Saison sèche	Pluviométrie en mm	total	330,1				179		208	294	347,6
		Max	96,5				30,2		23	29,5	22,4
		médiane	0,2				0,2		0,3	1	0,7
		moyenne	3,7				2,8		3,2	4,7	3,8
	Turbidité	Nombre de prélèvements	50	28	29	62	66	62	63	9	6
		Nombre >1 NFU	44	28	29	56	65	18	18	8	4
		Nombre >2 NFU	6	9	15	10	2	2	0	5	1
Saison humide	Pluviométrie	Total	1318,6				1137,3		1399,5	1449,5	1255,9
		Max	220				130		172	111	223
		médiane	1				0,5		1	1	1,5
		moyenne	7,1				6,1		7,6	7,8	6,8
	Turbidité	Nombre de prélèvements	103	52	43	58	107	99	81	21	17
		Nombre >1 NFU	103	52	43	50	105	67	78	20	12
		Nombre >2 NFU	53	35	39	30	24	22	48	18	4

ANNEXE 12 : SERIES TEMPORELLES DE LA TURBIDITE DE L'EAU DISTRIBUEE ET DU NOMBRE DE CAS DE MSG RECENSE PAR LES MEDECINS SENTINELLE DANS LES COMMUNES DE SAINTE ROSE ET DESHAIES.



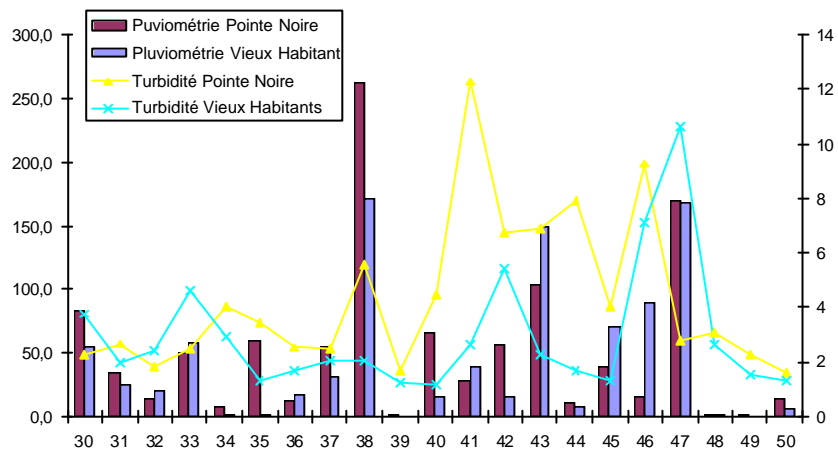
ANNEXE 13 : COMPARAISON POINTE NOIRE ET VIEUX HABITANTS

Présentation

La figure 1 présente le suivi des pluviométries et des turbidités d'eau distribuée à Pointe Noire et Vieux Habitants. Les violentes pluies de la semaine 38 et les pluies abondantes des semaines 43 à 47 ont causé des montés de turbidité des eaux distribuées dans les 2 communes.

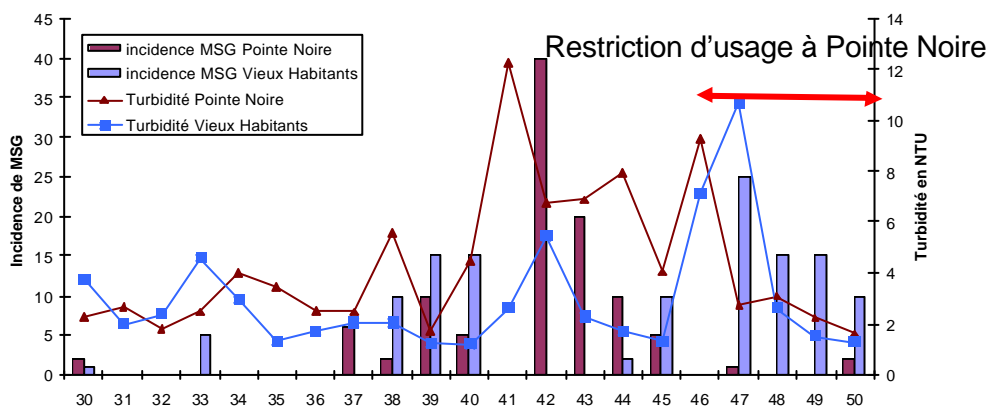
Remarque : les pluies de la semaine 38 ont été plus intenses à Pointe Noire qu'à Vieux Habitants et le pic de turbidité d'eau a été également plus important à Pointe Noire qu'à Vieux Habitants. Cette observation appuie davantage la corrélation entre pluviométrie et turbidité de l'eau distribuée.

Figure 1: Comparaison Turbidité et pluviométrie à Pointe Noire et Vieux Habitants de la semaine 30 à 50 2004



La figure 2 présente le suivi de l'incidence de MSG et des turbidités d'eau distribuée à Pointe Noire et Vieux Habitants.

Figure 2 : Incidence des MSG de la semaine 30 à 50 2004 à Pointe Noire et à Vieux Habitants



Résultats

Pointe Noire

Le pic de turbidité atteint la valeur de 12 NTU, la semaine 41 et en sommant les nombres de cas de MSG sur les semaines 42, 43 et 44, soit les 3 semaines qui suivent ce pic, ont obtenu 70 cas.

Suite à un prélèvement de la DSDS le 8/11/2004 et en observant le retour des pluies abondantes lors des semaines 43 à 47, la CGSP a demandé aux habitants de Pointe Noire de ne pas consommer l'eau du robinet.

Un nouveau pic de turbidité (9NTU) est apparu lors de la semaine 46 et le nombre de cas de MSG sur les 3 semaines suivantes est de 1. La restriction d'usage a été efficace.

Résultats de Vieux Habitants

Les pluies violentes de la semaine 38 ont provoqué une montée de la turbidité des eaux distribuées à une valeur d'environ 5 NTU (semaine 42). Le nombre de cas de MSG durant les semaines 43, 44 et 45 est de 12.

Les pluies abondantes des semaines 45, 46 et 47 ont provoqué une montée de la turbidité de l'eau distribuée atteignant 12 NTU la semaine 47. Le nombre de cas de MSG recensé par le médecin sentinelle est de 55 cas.

Remarque : la restriction d'usage de l'eau sur la commune de Vieux Habitants est arrivée tardivement.

a) Bilan

Cette comparaison apporte un certain nombre d'enseignements :

- Le pic de turbidité de 5 NTU est suivi d'une faible augmentation de l'incidence de MSG
- Un pic de turbidité au delà de 10 NTU a provoqué par 2 fois une incidence importante de MSG.
- L'apparition de cas de MSG durant la période semaine 40 à 50 a visiblement pour origine l'eau de consommation.

La restriction d'usage diffusée sur la commune de Pointe Noire a été efficace car l'incidence des MSG est restée quasi nulle après un pic important de turbidité de l'eau distribué.