

An aerial photograph of a wide waterfall cascading over a rocky ledge into a pool of water. The surrounding landscape is lush and green, with a dirt path visible on the left side of the waterfall. The sky is bright and slightly hazy.

# La Guadeloupe au fil de l'eau

*Editeurs scientifiques*

Marc Morell

Jean-Jacques Jérémie

**C.C.E.E.**

*Comité de lecture* : Paul Alie  
Michel Bangou  
Frédéric Moniod

*Conception et réalisation* : Malika Djellouli

*Révision* : Marie-Odile Charvet

*Réalisation* :

Laboratoire d'Hydrologie  
Centre Orstom de Montpellier  
911, avenue d'Agropolis  
B.P. 5045 - 34032 Montpellier cedex  
Téléphone : 67 61 74 35  
Télécopie : 67 41 18 06

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal .

La  
Guadeloupe  
au  
fil de l'eau

Éditeurs scientifiques

Marc Macell  
Jean-Jacques Jérémie

Comité de rédaction

Nathalie Fleuse et Charles Mandar - MÉTÉO-FRANCE

Yves-Marie Cabilache - INRA

Jean-Pierre Hanguet et Farine Lincour - DDASS

Jean-Jacques Jérémie - UAG

Christine Micheneau - DAF

Marc Macell - ORSTOM

Charly Paulin et Vincent Petit - BRGM



Le cadre organisationnel administratif, juridique et politique de la gestion de l'eau dans le département lui aussi révèle, à l'examen, un certain constat de carence.

À titre de réponse partielle, les recommandations techniques pour améliorer les situations étudiées concernent principalement :

- le développement de la recherche et de la technique pour mieux prévoir la disponibilité de la ressource, pour mieux la protéger, la régulariser, la mobiliser et éventuellement la réhabiliter après usage.
- l'éducation, l'information et la sensibilisation des populations à la préservation de la qualité des milieux aquatiques et à l'économie de l'eau.

La lecture de ce document suggère qu'il y a lieu d'initier à moyen terme une véritable politique de l'eau fondée sur l'expression des besoins exprimés par les communautés concernées (agriculteurs, pêcheurs, chasseurs, représentants des sports et loisirs nautiques...) et sur une analyse objective des capacités du milieu à répondre à ces besoins.

Cela suppose auparavant que l'on ait d'une part, établi une grille d'évaluation des politiques actuellement conduites et d'autre part, élaboré en avenant au Plan de Développement Régional 1994-1998, un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) ainsi que le prévoit la loi du 3 janvier 1992.

Cela sous-entend également de créer les conditions de l'émergence d'un véritable outil fédérateur à la fois conceptuel et opérationnel de cette politique, l'Agence de bassin de la Guadeloupe. Il va de soi qu'il faudrait étudier la possibilité, dans la perspective de l'aboutissement d'une conjoncture nouvelle et responsable, de faire «jouer» le levier fiscal ou d'instaurer l'application des taxes de dissuasion, expression réglementaire de principe du «pollueur-payeur».

C'est à ce prix probablement que l'on minimisera les risques encourus par les fortes crues dans les vallées encaissées de la Côte-sous-le-vent, par les épisodes durables de sécheresse ou par des pollutions accidentelles, et que l'on mettra à profit une technologie moderne dans le domaine de l'assainissement des eaux usées, que l'on exploitera rationnellement les gîtes aquifères pour l'approvisionnement en eau de demain, etc.

Dans le même esprit, façonnera-t-on des contrats de rivières pour «Goyaves» ou «Vieux-Habitants» ? Procédera-t-on à l'entretien des berges des cours d'eau de la côte Atlantique et au curage des mares et des canaux de la Grande-Terre ?

Enfin, on planifiera de façon cohérente les ouvrages d'eau sur le territoire, on améliorera la qualité des eaux de baignade sur certaines franges du littoral de l'archipel et on favorisera l'ouverture sur le marché de l'emploi des métiers de la filière eau...

Gageons que l'initiative du Conseil de la Culture, de l'Éducation et de l'Environnement pour informer les guadeloupéens des travaux réalisés et des progrès qu'il reste à faire dans le domaine de la gestion et de la préservation des ressources en eau fera date.

Le CCEE contribue ainsi à un indispensable processus de progrès social et de préservation active de notre environnement.

Max ETNA  
Géographe



*ESPACE SANTÉ de RAVINE CHAUDE  
97 129 LAMENTIN  
Téléphone : (19 590) 25 78 29  
Télécopie : (19 590) 25 60 08*



*SOCIÉTÉ DES EAUX de CAPES-DOLÉ  
DOLÉ - 97 113 GOURBEYRE  
Téléphone : (19 590) 92 10 92  
Télécopie : (19 590) 92 26 19*

## **Remerciements**

La connaissance des différents thèmes abordés dans cet ouvrage est fondée sur les résultats acquis par les organismes auxquels appartiennent les auteurs, dans le cadre d'études commanditées le plus souvent par le Conseil général ou le Conseil régional de la Guadeloupe.

À ce titre, nous remercions Madame la Présidente du Conseil régional, Monsieur le Président du Conseil général, ainsi que Messieurs les Directeurs des organismes ayant collaboré à cet ouvrage.

Nous tenons à remercier aussi, la Société des Eaux de CAPES-DOLÉ, la DIREN de la Guadeloupe, le Maire et la municipalité du LAMENTIN sans l'aide desquels la réalisation de cet ouvrage n'aurait pu être menée à son terme.

# S O M M

9

## L'eau sur la planète

Jean-Jacques Jérémie

13

## Le climat

Nathalie Bleuse  
Charles Mandar

## Présentation de la Guadeloupe

17

### Géomorphologie et paysages

Françoise Pagney

21

### Les sols

Yves-Marie Cabidoche

23

### L'occupation du territoire

Christine Micheneau

## Les ressources en eau

26

### L'eau atmosphérique

L'évapotranspiration

Yves-Marie Cabidoche

Les précipitations

Nathalie Bleuse, Charles Mandar

Marc Morell

35

### Les eaux de surface

Marc Morell

49

### Les eaux souterraines

Charly Paulin

Vincent Petit

61

## L'eau et les risques naturels

62

### Ouragans, crues et inondations

Marc Morell

Nathalie Bleuse, Charles Mandar

70

### Les sécheresses

Marc Morell

Nathalie Bleuse, Charles Mandar

71

### Les autres risques

Charly Paulin

Vincent Petit

72

### La protection des hommes et des biens

Christine Micheneau



# A I R E

## Les usages de l'eau

**L'eau potable** 75

Christine Micheneau

**L'irrigation** 80

Christine Micheneau

**Les autres utilisations** 85

Jean-Jacques Jérémie

## La qualité de l'eau

**Pollution de l'eau et  
dégradation de l'environnement** 89

Jean-Jacques Jérémie

**L'assainissement** 93

Jean-Pierre Hangouet

Karine Lamour

**Les objectifs de qualité** 95

Christine Micheneau

**La gestion de l'eau** 101

**Le schéma d'utilisation de l'eau** 102

Christine Micheneau

**La modélisation du fonctionnement  
d'un système d'eau** 103

Marc Morell

**La situation administrative** 104

Christine Micheneau

**Conclusions** 111

Marc Morell

## Annexes

Glossaire 113

Liste des sigles 119

Bibliographie 120



# L'EAU SUR LA PLANÈTE

Jean-Jacques Jérémie

L'eau est indispensable à toute forme de vie terrestre. Elle occupe près des 3/4 de la surface de notre planète.

Elle est également présente dans l'atmosphère et en profondeur puisqu'elle entre dans la composition du magma terrestre.

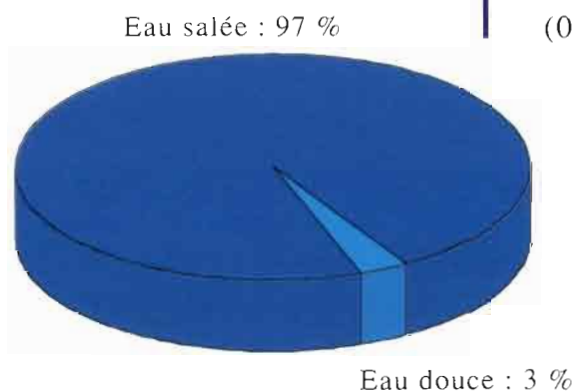
L'eau existe dans la nature sous les trois états de la matière :

- l'état solide (glaciers, neige, grêle...);
- l'état liquide (mers, lacs, nuages...);
- l'état gazeux (vapeur dans l'atmosphère).

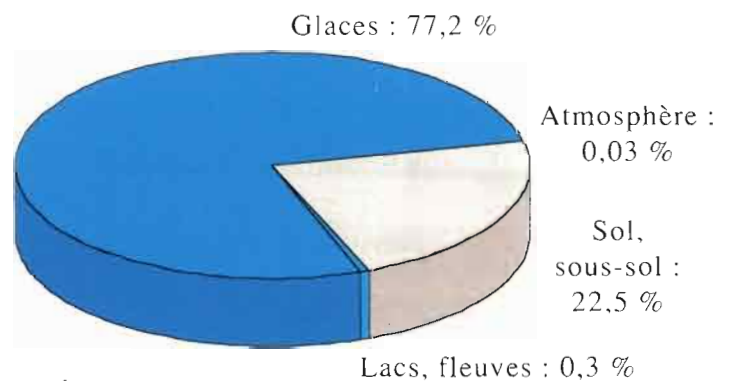
Composante principale de notre environnement, elle subit des successions de transformations d'états :

- vaporisation / condensation entre l'état liquide et l'état gazeux ;
- sublimation / cristallisation entre l'état solide et l'état gazeux ;
- fusion / solidification entre l'état solide et l'état liquide.

97 % de l'eau présente dans notre système climatique est contenue dans les océans ; reste 3 % d'eau douce, dont une infime partie se trouve dans l'atmosphère (0,0001 % du total).



Répartition de l'eau sur la planète.



Eaux douces.

# Le cycle de l'eau

Les précipitations sous le climat guadeloupéen sont essentiellement sous forme liquide.

Une partie de l'eau précipitée retourne vers l'atmosphère, par évapotranspiration.

Le terme d'évaporation désigne les pertes en eau des nappes d'eau libres sous forme de vapeur (lacs, retenues, mares) ; alors que l'évapotranspiration regroupe les pertes du sol : absorption de l'eau par le couvert végétal ou animal, et restitution à l'atmosphère par transpiration.

10

L'évapotranspiration est liée à un grand nombre de paramètres tels que température, vent, humidité, rayonnement...

L'eau non restituée à l'atmosphère migre sous forme :

— d'écoulements de surface rapides (rivières, ravines...), transitant parfois par des zones de stockage naturel (étangs, mares...) ou artificiel (retenues...);

— d'écoulements souterrains intervenant après infiltration ; ces eaux sont souvent stockées en profondeur dans des réservoirs constitués de roches poreuses et perméables formant les aquifères.

Si elles ne sont pas utilisées par l'homme, les eaux souterraines parviennent finalement à la mer.

Le cycle de l'eau se poursuit : c'est le milieu marin qui, par évapotranspiration, humidifie les masses d'air véhiculées par l'alizé.

Par condensation, il y a formation de nuages, et éventuellement précipitation.

Établir le bilan en eau d'une région sur une période donnée, c'est chiffrer les quantités d'eau qui entrent et sortent des différents bassins versants qui la composent (le bassin versant d'une rivière est la zone à l'intérieur de laquelle l'eau précipitée s'écoule et converge vers la rivière).

Le bilan hydrologique d'un bassin versant peut s'exprimer schématiquement par la formule suivante :

$$P = E + Q + I + U + dR$$

avec,  $P$  : précipitation

$E$  : évaporation + évapotranspiration

$Q$  : écoulement

$I$  : infiltration

$U$  : utilisation humaine

$dR$  : stockage

Chacun des termes du bilan hydrologique est naturellement pondéré par divers paramètres climatiques et géographiques. Par exemple, la température est l'un des facteurs principaux du pouvoir évaporant de l'atmosphère, le relief conditionne les précipitations des masses nuageuses, et la nature de la couverture végétale influe sur les phénomènes d'interception et de transpiration.

Les durées de séjour de l'eau dans les différents compartiments du cycle sont très variables. En moyenne, elles sont de l'ordre de la semaine dans l'atmosphère, de plusieurs jours à plusieurs semaines dans les rivières, des siècles à des millénaires dans les grands aquifères du sous-sol, d'une trentaine de siècles dans les océans.

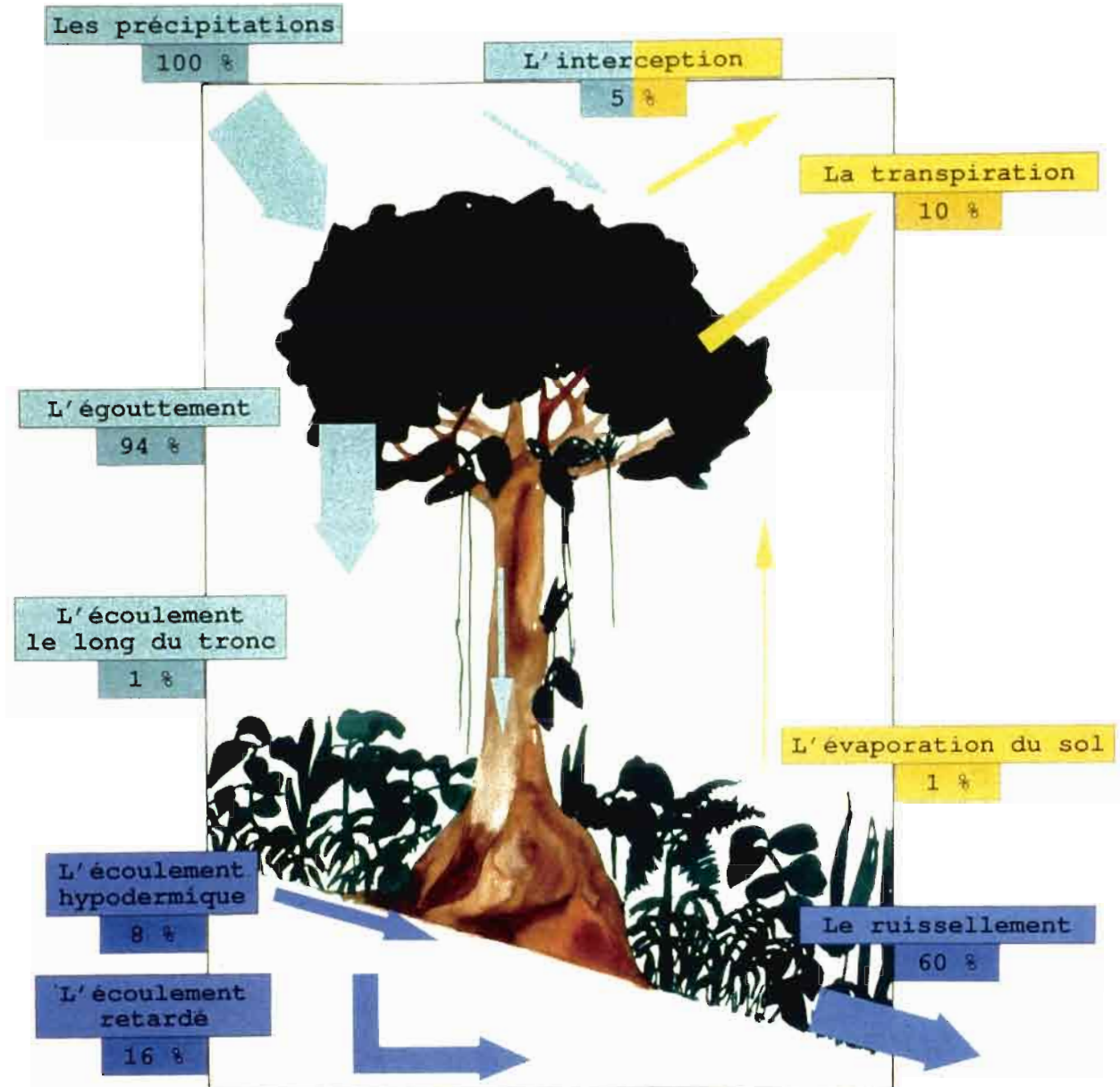
L'évaluation des différents termes du cycle de l'eau fait l'objet des prochains chapitres. ■



Schéma du cycle de l'eau.

# L'ARBRE ET LE CYCLE DE L'EAU

Le massif forestier du Parc National constitue le château d'eau de la Guadeloupe.



11

D'où vient l'eau ?	Précipitations	interception	5%	100%
		écoulement tronc	1%	
		égouttement	94%	
Que devient-elle ?	Evapotranspiration	interception	5%	100%
		transpiration	10%	
		évaporation sol	1%	
	Écoulement	ruissellement	60%	
		écoulement hypodermique	8%	
		écoulement retardé	16%	

## L'arbre favorise:

- la protection du sol contre l'énergie des gouttes de pluie
- le ralentissement du ruissellement sur le sol
- l'infiltration qui recharge les nappes d'eau souterraines

## Les écoulements des rivières de la Basse-Isère se composent

- en ruissellement rapide "crues" : 60%
- en écoulement hypodermique "onc superstore du sol" : 10%
- en écoulement retardé "nappes d'eau souterraines" : 20%



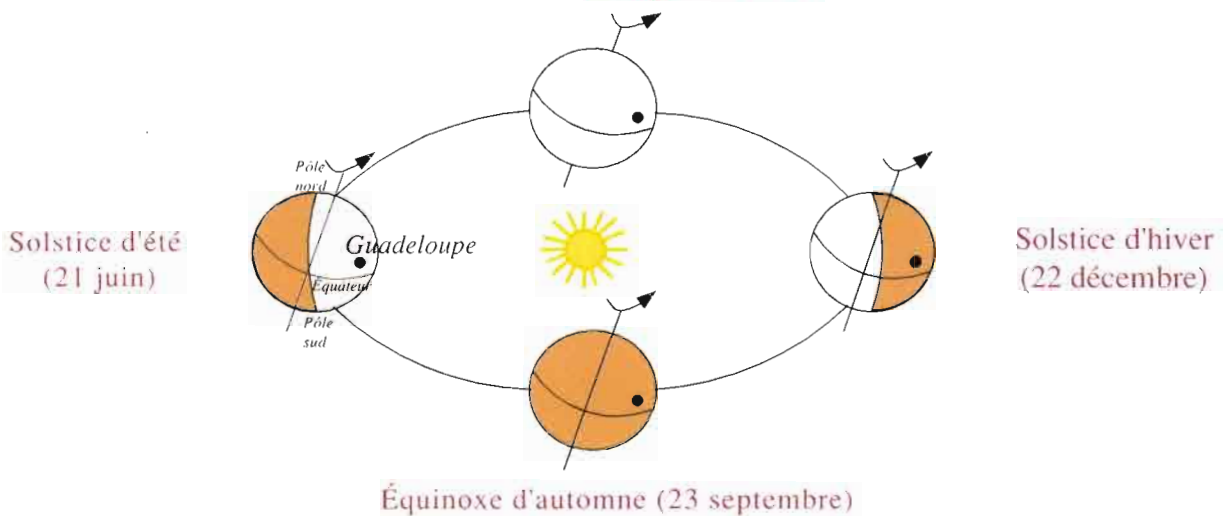
# LE CLIMAT

Nathalie Elense  
Charlie Mandar

**L**e climat de la terre en général, et des régions tropicales en particulier, est directement lié à la position du globe terrestre par rapport au soleil. L'axe de rotation du globe terrestre étant incliné de  $23^\circ$  sur le plan de son orbite, les deux hémisphères ne reçoivent pas toujours la même quantité d'énergie solaire. En hiver boréal, l'hémisphère sud est le plus exposé ; c'est l'inverse pendant l'hiver austral. Aux équinoxes, les deux hémisphères ont le même ensoleillement.

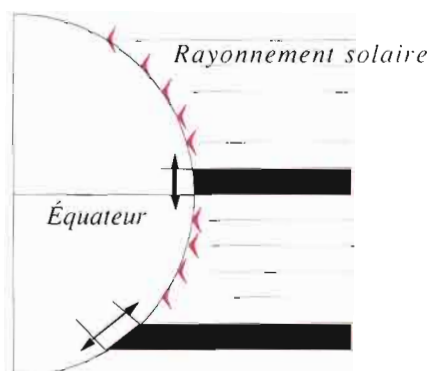
13

Équinoxe de printemps (20 mars)



Alors que l'équateur reçoit plus de rayonnement solaire par unité de surface que les pôles, la circulation atmosphérique, par les échanges méridiens de chaleur qui l'accompagnent, permet de réduire les écarts de température entre les régions polaires et équatoriales (sur la lune, dépourvue d'atmosphère, ces écarts atteignent  $200^\circ\text{C}$ , et seulement  $40^\circ\text{C}$  sur la terre).

Répartition de l'énergie solaire sur la planète.



Le rayonnement solaire est uniforme mais, aux latitudes élevées, il se répartit sur une plus grande surface qu'à l'équateur.

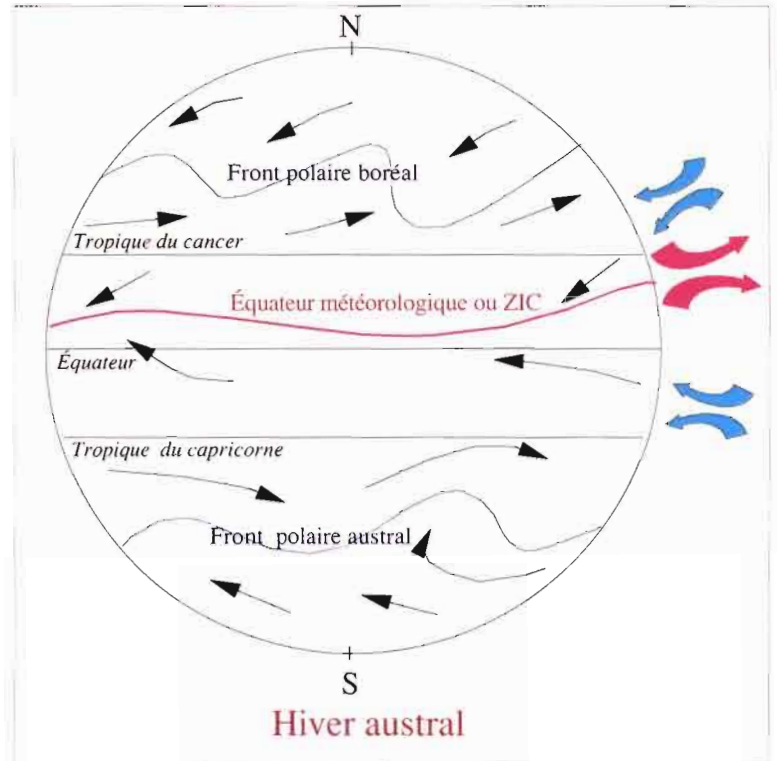
La figure ci-contre schématise la circulation atmosphérique moyenne pendant l'été boréal (ou hiver austral).

On distinguera notamment :

- des vents d'est dans les régions polaires ;
- des vents d'ouest aux latitudes tempérées ;
- des vents d'est aux latitudes tropicales : les alizés ;
- le front polaire : zone de conflit entre l'air froid polaire et l'air chaud tropical ;
- l'équateur météorologique ou ZIC (Zone Intertropicale de Convergence) : ceinture nuageuse autour du globe matérialisant la rencontre de l'alizé de nord-est de l'hémisphère nord avec l'alizé de sud-est de l'hémisphère sud. La convergence de ces alizés, qui sont chargés d'humidité par un trajet exclusivement maritime, entraîne une forte élévation de l'air au niveau de la ZIC et, par conséquent, la formation de nuages convectifs. Ainsi, la ZIC, qui fait l'effet d'une barrière météorologique permanente entre les deux hémisphères, est-elle une zone de fortes précipitations ;
- deux zones de subsidence aux latitudes tropicales de part et d'autre et parallèlement à la forte ascendance de l'air de la ZIC. Cette subsidence explique que, généralement, on n'observe pas de formations nuageuses importantes au niveau des tropiques.

Lors de l'été austral (ou hiver boréal), l'ensemble de ce système se décale vers l'hémisphère sud, c'est alors lui qui reçoit le plus d'énergie solaire.

Les différentes saisons se caractérisent par des migrations et des renforcements ou des affaiblissements des centres d'action météorologiques permanents. Ainsi, aux Antilles, la circulation générale atmosphérique agissant sur la position relative des centres d'action permet de définir deux principales saisons avec des types de temps bien différents : le carême et l'hivernage.



*Circulation atmosphérique moyenne.*

## Le "carême" ou saison sèche

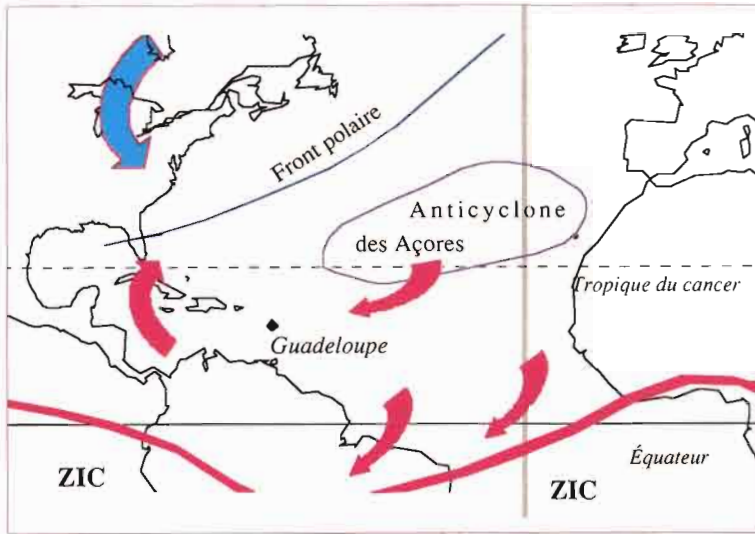
(février-mars)

C'est l'hiver boréal. La ZIC est dans sa position la plus sud. L'alizé suit la face méridionale de l'anticyclone des Açores, peu développé, et lui aussi dans sa position la plus sud. Le front polaire descend jusqu'à la Floride.

La structure verticale de l'atmosphère typique de cette saison est représentée ci-après.

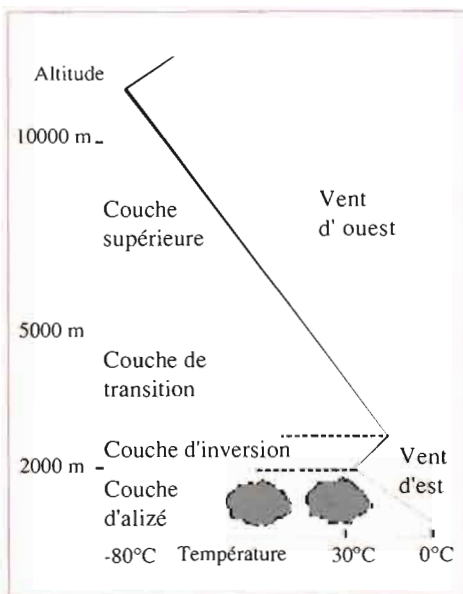
La couche d'alizé est instable ; elle est surmontée d'une couche très stable : la couche d'inversion qui stoppe les mouvements verticaux.





*Circulation générale atmosphérique en saison sèche.*

Si on excepte certaines situations météorologiques particulières comme les pannes d'alizé ou les descentes d'air polaire (fronts froids de carême) le développement vertical des nuages est limité à environ 2 000 mètres, et ne génère que de brèves averses. On notera qu'au-dessus de la couche d'inversion (vers 3 000 mètres), il y a une rotation des vents, au sein de la couche de transition. On retrouve toujours, au dessus de 8 000 mètres, des vents d'ouest, liés à la présence d'air froid d'origine polaire.



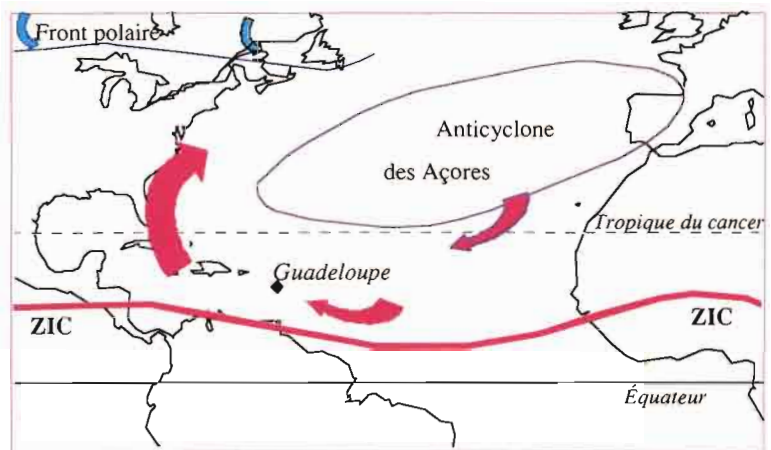
*Structure verticale de l'atmosphère en saison sèche.*

## L'hivernage ou saison humide

(de juillet à octobre)

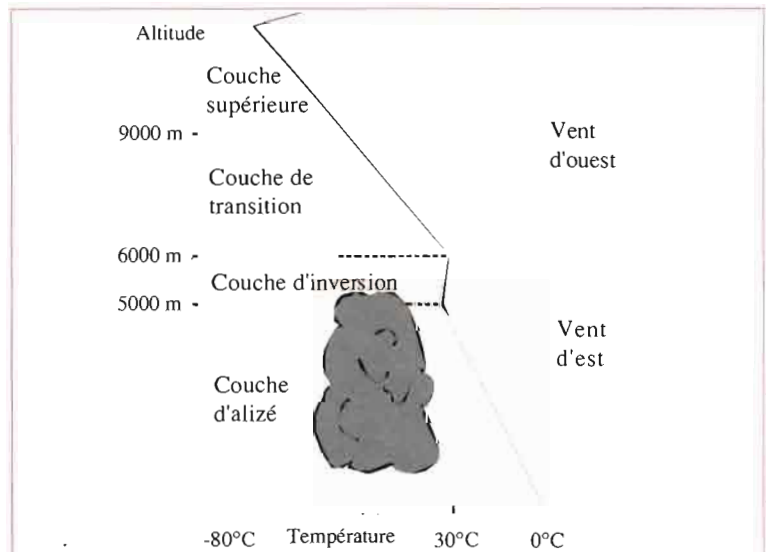
**P**endant l'été boréal, la ZIC remonte vers le nord. L'anticyclone des Açores se renforce, tout en se décalant vers les latitudes tempérées. L'alizé prend une direction sud-est ; il est très humide.

## Le climat



*Circulation générale atmosphérique en hivernage.*

La structure verticale de l'atmosphère présente une couche d'alizé instable plus épaisse que pendant le carême (environ 5 000 mètres), surmontée d'une inversion peu marquée ou même limitée à une isothermie. Dans la couche de transition, les vents ont une direction variable. Les forts vents d'ouest de la couche supérieure sont repoussés en très haute altitude.



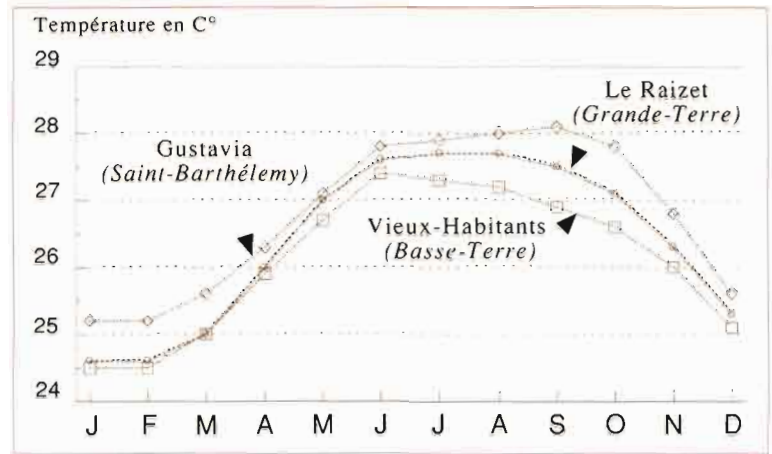
*Structure verticale de l'atmosphère en saison humide.*

Les conditions sont favorables à des mouvements verticaux importants, peu freinés par la couche d'inversion et générateurs de nuages à fort développement vertical. C'est pendant l'hivernage qu'on relève les précipitations les plus importantes liées à des cellules nuageuses isolées très actives ou à des perturbations atmosphériques de grande échelle (ondes d'est ou cyclones par exemple).

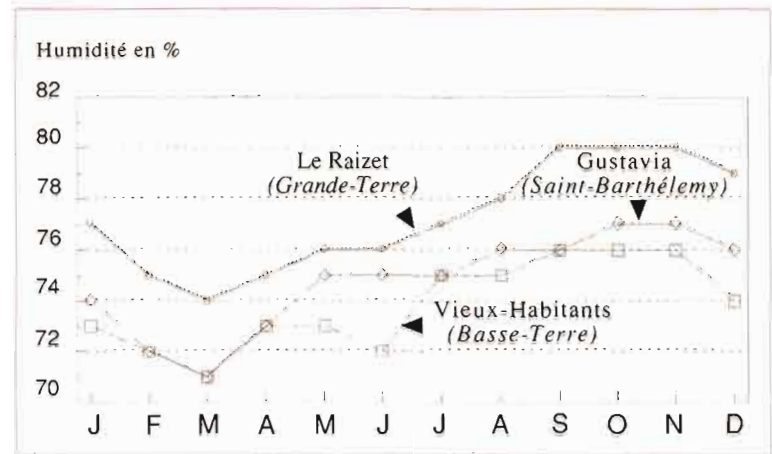
16

Entre les deux saisons que sont le carême et l'hivernage, on observe deux intersaisons aux caractéristiques pluviométriques moins marquées.

Les autres paramètres météorologiques présentent une variabilité saisonnière et spatiale beaucoup plus réduite. Les figures suivantes montrent l'évolution annuelle des températures, de l'humidité et de l'insolation en divers postes de l'archipel.



Températures moyennes mensuelles.



Humidités moyennes mensuelles.

Grande-Terre

Basse-Terre

Le Raizet

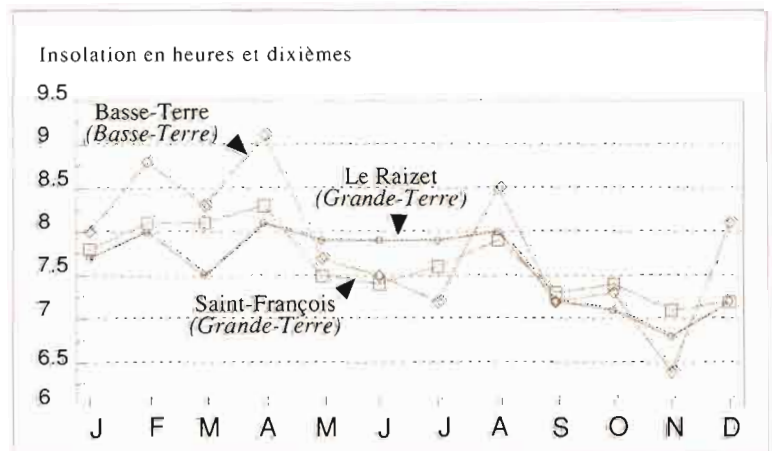
Saint-François

La Désirade

Vieux-Habitants

Les Saintes

Marie-Galante



Insolations moyennes quotidiennes.

# PRÉSENTATION DE LA GUADELOUPE

17

## Géomorphologie et paysages

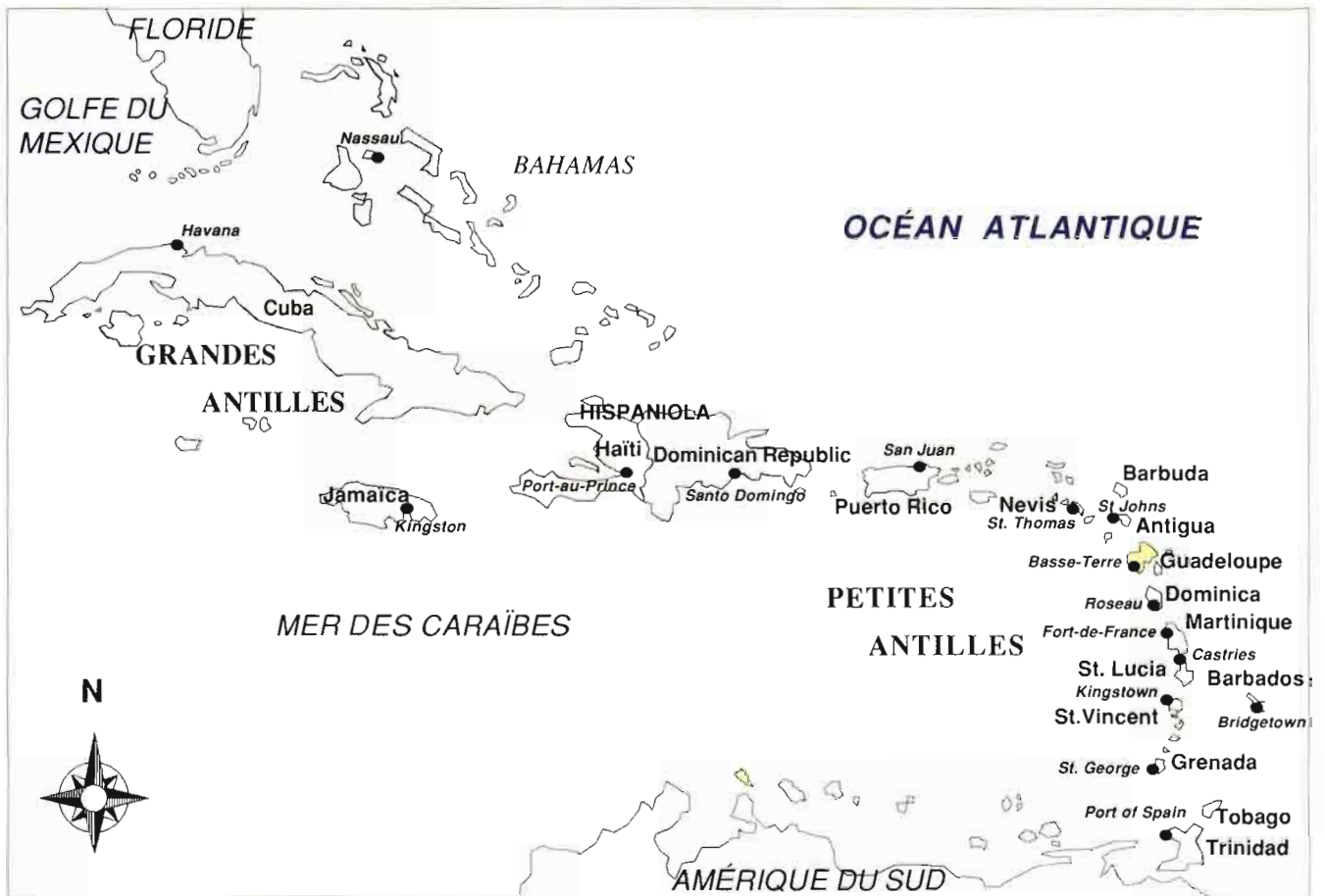
Françoise Pagney  
Yves-Marie Cabidoche  
Christine Micheneau

**L**a Guadeloupe offre, sur une superficie réduite, (1 709 km<sup>2</sup>) une grande diversité de paysages et de formes en relation avec ses caractéristiques géologiques.

La Guadeloupe proprement-dite ou “Basse-Terre” (950 km<sup>2</sup>), île montagneuse issue d’un volcanisme récent, diffère de la Grande-Terre (570 km<sup>2</sup>) dont la dominante tabulaire résulte de recouvrements calcaires. Les dépendances proches reflètent la diversité structurale des îles principales : les Saintes, volcaniques, s’apparentent à la Basse-Terre ; Marie-Galante et la Désirade, à bâti volcanique et sédimentaire, ont une structure similaire à celle de la Grande-Terre. Enfin, les dépendances du nord (Saint-Martin et Saint-Barthélemy) juxtaposent elles-aussi, mais de façon plus complexe, roches volcaniques et sédimentaires.

### LA CHAÎNE MONTAGNEUSE DE LA BASSE-TERRE : UN ENSEMBLE VOLCANIQUE

L’archipel guadeloupéen fait partie du double arc des Petites Antilles (cf. carte), extrémité orientale de la plaque caraïbe sous laquelle s’enfonce la croûte océanique atlantique. De cette subduction, il résulte une intense activité volcanique qui se traduit par les édifices de l’arc interne, auquel appartient la Basse-Terre.



*Le double arc des Petites Antilles.*

Les plus hauts d'entre eux (les altitudes culminent à la Soufrière à 1 467 m) correspondent au volcanisme récent, d'âge inférieur à un million d'années. Ils s'échelonnent au sud des Pitons des Mamelles. Au nord, un volcanisme antérieur a mis en place des reliefs plus modestes.

Le modèle actuellement admis pour l'édification de la Basse-Terre et basé sur les données pétrologiques fait état de l'existence de trois ensembles qui se succèdent du nord au sud et correspondent à trois générations magmatiques majeures. Cette évolution globale s'est faite le long d'axes de distension orientés nord-sud. Les activités volcaniques actuelles se localisent au sud (Soufrière active) et au sud-ouest (champ géothermique). Dans l'ensemble, dominent des constructions issues de magmas acides, donc visqueux, donnant des dômes et des pitons (Soufrière, Ma-

deleine, Mamelles...), des brèches de nuées ardentes, des accumulations de pyroclastites, des coulées andésitiques d'extension réduite, des coulées de boue ou lahars... Les formes d'extrusion (aiguilles, clochetons) de la Soufrière ou de la Madeleine témoignent de la jeunesse de leur mise en place. Des formes en creux (cratères) couronnent des cônes pyroclastiques.



*La Basse-Terre sous les nuages, au coucher du soleil.*

Si la vigueur de l'ensemble, surtout dans la moitié méridionale de la chaîne, résulte d'une mise en place récente (l'érosion a réduit davantage le volume mon-

tagneux au nord), l'entaille des cours d'eau y est vive. Les fortes pentes et l'abondance des précipitations déterminent un réseau dense de cours d'eau de type torrentiel qui sculptent avec aisance les matériaux hétérogènes, souvent non soudés, déposés au cours des éruptions volcaniques à dominante explosive.

Les entailles linéaires, fréquemment guidées par la structure (failles, coulées volcaniques) disloquent les flancs des reliefs, les modelant en crêtes vigoureuses.

Ces paysages hardis se rencontrent tout au long de la façade caraïbe. Côté est, "au vent", on retrouve la marque de l'érosion fluviale et le flanc du massif s'incline vers un long piémont.

## LES PLAINES ET LES PIÉMONTS ARGILEUX

La plaine argileuse des Abymes, le fossé de Gripon Morne-à-l'Eau, le piémont de la Basse-Terre, sont de vastes étendues couvertes de sols ferrallitiques, très épais, à la couleur rouge caractéristique. Ces derniers



*Paysage volcanique avec bananeraie.*

proviennent d'une longue altération chimique, sous couvert forestier, en climat chaud et humide.

## COLLINES ET PLATEAUX CALCAIRES : GRANDE-TERRE, MARIE-GALANTE, LA DÉSIRADE

Comme sur toute formation de calcaires purs et relativement durs, la fracturation des roches élargie par dissolution permet l'infiltration rapide des eaux précipitées sur le sol vers les nappes profondes. C'est la raison pour laquelle la Grande-Terre et les îles analogues ne comportent aucune rivière permanente mais des cuvettes fermées, appelées dolines, dans lesquelles se perdent les eaux de ruissellement. Un tel relief associé à ce fonctionnement hydrologique est appelé karst.

Le karst à mamelons des Grands-Fonds, dont on retrouve l'équivalent à Marie-Galante (les Hauts de Saint-Louis), est sans doute l'un des éléments les plus pittoresques de la morphologie en Guadeloupe.

Les sédiments calcaires, d'une trentaine de mètres d'épaisseur, datés du Plio-Pléistocène (inférieurs à 4 millions d'années), sont modelés en un remarquable karst aux vallons argileux et collines convexes constituant un maillage topographique d'une extrême complexité.



*Paysage de Grande-Terre.*

Là où la tectonique n'a pas déterminé de soulèvement important, les calcaires donnent des plateaux (ceux du nord et du sud-est de Grande-Terre, ceux de Marie-Galante, la table de la Désirade) à dolines, très visibles puisqu'elles sont occupées par des mares. Des failles donnent des escarpements de faible ampleur et accidentent ces paysages tabulaires.

## LES RELIEFS CONTRASTÉS DES PETITES ÎLES

Au premier abord, on peut scinder les petites îles de la Guadeloupe en deux catégories :

- l'une, à soubassement volcanique et à recouvrement de calcaires plio-pléistocènes, voire quaternaires (la Désirade, Saint-Martin et Saint-Barthélemy) ;
- l'autre, exclusivement volcanique, correspondant à l'archipel des Saintes.

La Désirade comporte l'ensemble le plus ancien de l'arc des Petites Antilles, ensemble vieux d'environ 145 millions d'années.

Dans ces îles, les formes sont généralement hardies, malgré des altitudes assez modestes. C'est que la proximité du niveau de base y a favorisé l'incision des cours d'eau et que des phénomènes extrusifs volcaniques ont mis au jour des roches dures, peu attaquées par l'érosion.

## DES PAYSAGES CÔTIERS VARIÉS

La région offre une grande diversité de littoraux. Les côtes de submersion, occupées par la mangrove et les prairies d'arrière-mangrove, jalonnent les baies aux eaux calmes et peu profondes (Grand-Cul-de-sac marin et Petit-Cul-de-sac marin, lagons des îles du nord).

Ailleurs, les côtes d'émergence se manifestent, par des falaises et des pointements rocheux (falaises de la Pointe d'Antigue dans le nord de la Grande-Terre, de la Désirade et de Marie-Galante).

Plages, cordons fermant des lagunes, résultent d'accumulations sableuses d'origine corallienne. À l'avant du lagon, les vagues se brisent sur la barrière corallienne.

Enfin, les massifs volcaniques de la Basse-Terre et des Saintes sculptent des côtes rocheuses où alternent caps et anses au sable gris.

En conclusion, la Guadeloupe est un modèle réduit des Petites Antilles. Sa diversité structurale et morphologique est telle qu'elle offre, sur un espace restreint, les principaux paysages des îles de l'arc antillais.



*Littoral au vent de la Grande-Terre.*



*La Désirade, vue de la pointe des châteaux.*

## Les sols

La formation des sols provient de l'altération des projections sur un sous-bassement volcanique en Basse-Terre ou recouvert de calcaires en Grande-Terre. Cette altération fournit des argiles dont le type dépend de la pluviométrie, de l'altitude et de l'âge des sols. C'est pourquoi les sols de la Guadeloupe sont très variés malgré la taille restreinte de l'île.

Pour chaque type de sol, un arrangement spécifique des particules d'argile détermine les propriétés d'infiltrabilité et de réserves en eau pour les cultures ainsi que le risque de pertes en terre par érosion en nappe : trois propriétés pédologiques importantes pour la gestion des ressources en eau.



*Érosion dans la région des Grands-Fonds.*

La chaîne volcanique septentrionale de la Basse-Terre, largement démantelée par l'érosion, date de 2 à 4 millions d'années : les sols ferrallitiques acides y sont principalement constitués d'halloysites en tubules cimentées par les oxydes de fer en microagrégats.

Les sols rouges de la Basse-Terre ont une infiltrabilité élevée mais une réserve plus faible ; les couches profondes participent cependant à l'alimentation en eau des racines grâce aux remontées capillaires que permet l'arrangement des microagrégats. La pluviométrie moyenne interannuelle dans cette région d'altitude inférieure à 100 m évolue entre 2 et 4 m de hauteur d'eau.

La plupart des volcans du sud de la Basse-Terre ont moins de 100 000 ans. La Soufrière, qui culmine à 1 467 m d'altitude, est célèbre par son éruption phréatique de 1976. La dernière éruption magmatique remonte au XV<sup>e</sup> siècle.

La forte pluviométrie (2,5 à 11 m de pluviométrie interannuelle) affectant le massif permet la formation d'andosols constitués essentiellement d'allophanes, gels en flocons très hydratés. Leur réserve en eau est importante et facilement exploitable même par des racines peu denses ; l'eau en excès est rapidement évacuée ; malgré la pluviométrie et la pente très fortes, les particules de terre sont suffisamment solidaires entre elles pour que l'érosion soit quasi inexistante.

La Grande-Terre, au relief peu marqué comme Marie-Galante, est constituée de calcaires récifaux sur lesquels les matériaux de projection volcanique ou d'origine alluvionnaire ont formé des sols argileux plus ou moins profonds (quelques décimètres à quelques mètres). La pluviométrie moyenne interannuelle varie selon l'exposition, entre 1 200 et 1 800 mm. Les vertisols noirs de Grande-Terre et de la Côte-sous-le-Vent, sont constitués de smectites ou argiles gonflantes disposées en nids d'abeille à géométrie variable. Ce réseau permet une réserve importante mais son cloisonnement entrave la circulation de l'eau. Ainsi, seules les plantes à enracinement fin et dense parviennent à utiliser cette réserve. Par ailleurs, le gonflement de ces argiles, lorsqu'elles sont humides,

empêche totalement l'infiltration ; le ruissellement est alors très important, générateur de crues subites, de submersion des zones plates et d'excès d'eau durables, mais aussi d'érosion en nappe lorsque les argiles se dispersent facilement.

Les îles de la Désirade, des Saintes, de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin portent des sols peu profonds et peu évolués principalement sur roche volcanique. Paradoxalement, ce sont les zones les moins pluvieuses

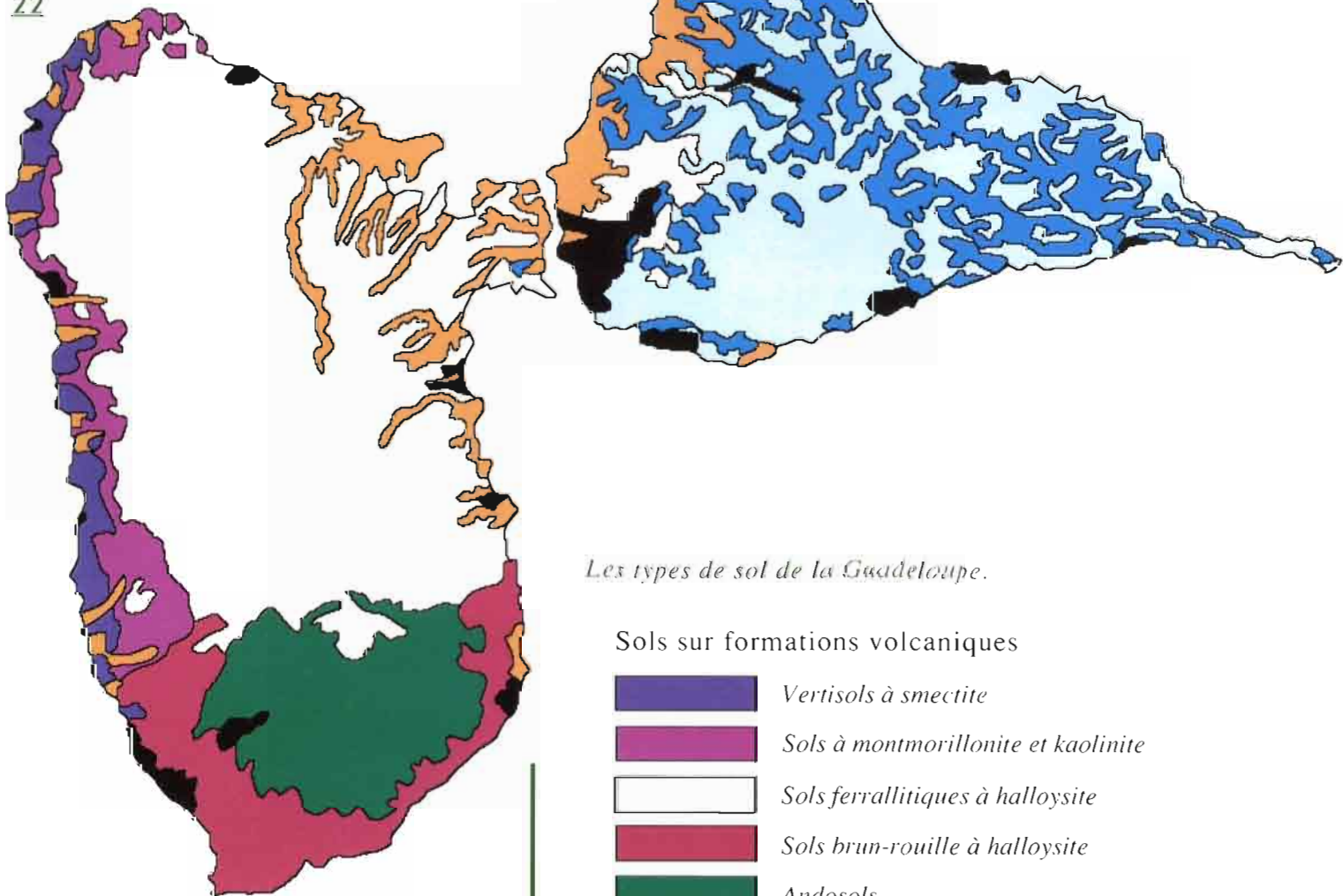
## Les sols

21

qui supportent les risques de perte en terre et d'inondation les plus forts.

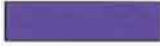




La fertilité chimique des sols est en relation avec la pluviométrie : les sols fertiles des zones sèches sont saturés en base de pH neutre, alors que les sols des régions humides montrent des carences en base et un pH fortement acide qui peut entraîner une toxicité aluminique pour les plantes.

22





Les types de sol de la Guadeloupe.

Sols sur formations volcaniques

-  *Vertisols à smectite*
-  *Sols à montmorillonite et kaolinite*
-  *Sols ferrallitiques à halloysite*
-  *Sols brun-rouille à halloysite*
-  *Andosols*

Sols sur formations de calcaire corallien

-  *Vertisols et sols vertiques à smectite*
-  *Sols peu profonds calcimagnésiques*

Alluvions-colluvions

- 



## L'occupation du territoire

La mise en valeur du territoire s'est faite au détriment des formations naturelles originelles avant de se heurter à des limites physiques de pentes et de pluviométrie (excès ou insuffisance) et à la pauvreté ou à l'instabilité des sols.

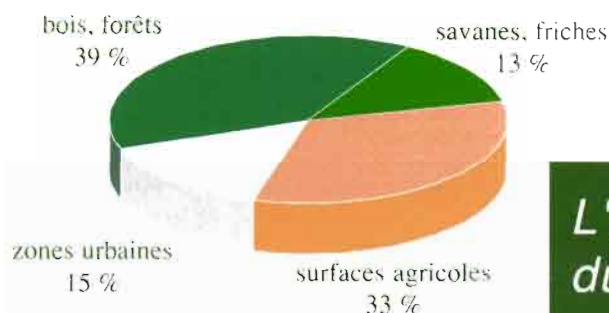
### UN MILIEU NATUREL À SAUVEGARDER

Aujourd'hui subsistent quelques savanes, des friches dénaturées par les tentatives d'exploitation, mais aussi un espace naturel boisé de 66 000 ha environ, composé :

- d'une forêt humide de montagne (dont 28 060 ha de forêt "domaniale"). La création du Parc national en 1988 sur 17 300 ha, inclus pour l'essentiel dans la forêt domaniale, répond à un souci de protection de ce patrimoine exceptionnel ;
- d'une forêt sèche plus ou moins rabougrie des mornes et plateaux squelettiques ;
- d'une mangrove (8 000 ha soumis au régime forestier). Dans le Grand-Cul-de-sacmarin, 1 600 ha sont inclus dans la réserve naturelle associée au Parc national et destinée à protéger les milieux humides du littoral ;
- d'une forêt sèche domaniale du littoral (1 500 ha).

L'habitat et les activités occupent les piémonts, les plaines et dépressions, et les franges littorales.

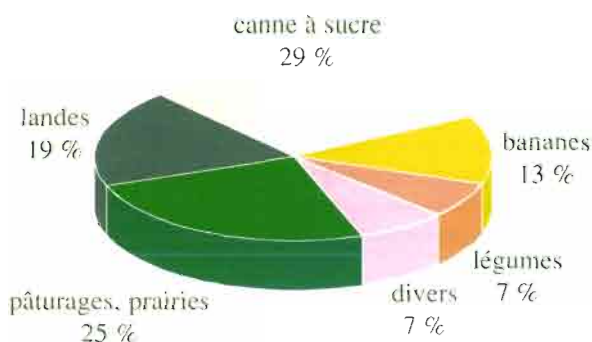
Si le taux de boisement reste relativement important (39 %), il est adapté aux conditions climatiques et topographiques, et la déforestation ne saurait se poursuivre sans compromettre le cycle de l'eau et la stabilité des sols comme on l'a vu dans d'autres îles de la Caraïbe.



Utilisation du territoire.

L'occupation du territoire

23



Mise en valeur de la surface agricole utilisée.

### UNE PRESSION DÉMOGRAPHIQUE IMPORTANTE

Malgré un flux d'émigration très important dans les années 70, la population de la Guadeloupe a progressé de 37 % depuis 1961 pour arriver en 1990 à 387 000 habitants, soit une densité de 227 habitants par km<sup>2</sup> (contre 102 en métropole). Mais l'extension des surfaces construites a progressé beaucoup plus vite que la population avec l'augmentation sensible du niveau de vie, l'abandon des "centres-bourgs" vétustes stérilisés par les indivisions, et l'aspiration générale à la maison individuelle sur terrain familial.

L'habitat s'est ainsi tout naturellement étendu au détriment du terroir agricole le plus productif : terrains plats ou peu pentus, proches des zones déjà urbanisées et/ou facilement accessibles.

## UNE RÉPARTITION DÉSÉQUILBRÉE DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES ET TOURISTIQUES

Les communes de Pointe-à-Pitre, Abymes et Baie-Mahault regroupent l'essentiel des activités industrielles et commerciales et exercent de ce fait une formidable attraction démographique : ainsi, en 1990, elles concentrent 27 % de la population sur à peine 6,7 % de la surface départementale.

Malgré une diversification récente, le tourisme reste centré sur l'hôtellerie de la "Riviera" et des îles du nord, laquelle, avec une capacité de l'ordre de 6 000 chambres accueille environ 330 000 touristes par an. D'importants projets rééquilibrants sont prévus, notamment à Vieux-Habitants et Anse-Bertrand, mais les effets n'en seront pas perceptibles avant une dizaine d'années.

## UNE AGRICULTURE EN DIFFICULTÉ

Autrefois richesse économique majeure, l'agriculture est aujourd'hui un secteur en difficulté qui doit faire face à la concurrence extérieure, compenser la faiblesse du marché intérieur, reconverter les hommes et les structures et résoudre le problème de l'alimentation en eau pour améliorer et diversifier les productions. Elle a donc du mal à contenir l'extension des zones urbaines. Si la surface agricole utilisée (SAU) globale a assez peu varié ces dernières années, la part relative des terres de valeur agrono-

mique médiocre s'accroît du fait du grignotage urbain des meilleurs sols. Par ailleurs, l'évaluation de la surface agricole utilisée peut se faire selon deux méthodes : l'évaluation visuelle globale, mise à jour chaque année, et le cumul des surfaces des exploitations agricoles, qui n'est révisé qu'à l'occasion du recensement général agricole. En 1981, les deux estimations coïncidaient à peu près mais, en 1989, la SAU ressortant des exploitations agricoles était inférieure de 16 % à la SAU globale. La différence vient des terrains "cultivés" simplement pour l'entretien mais considérés par leurs propriétaires non agriculteurs comme un patrimoine voué à la construction.

## ORIENTATIONS POUR LES ZONES URBAINES

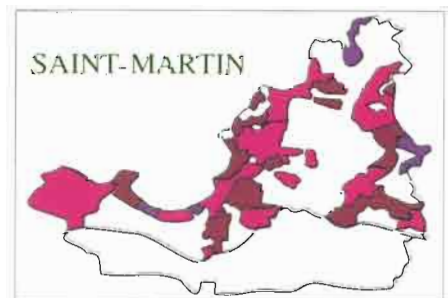
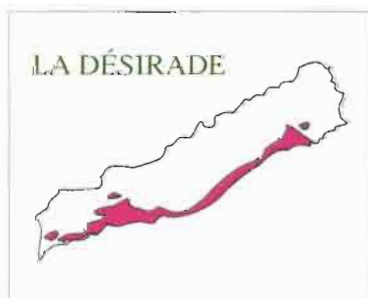
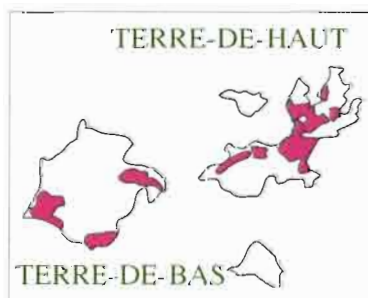
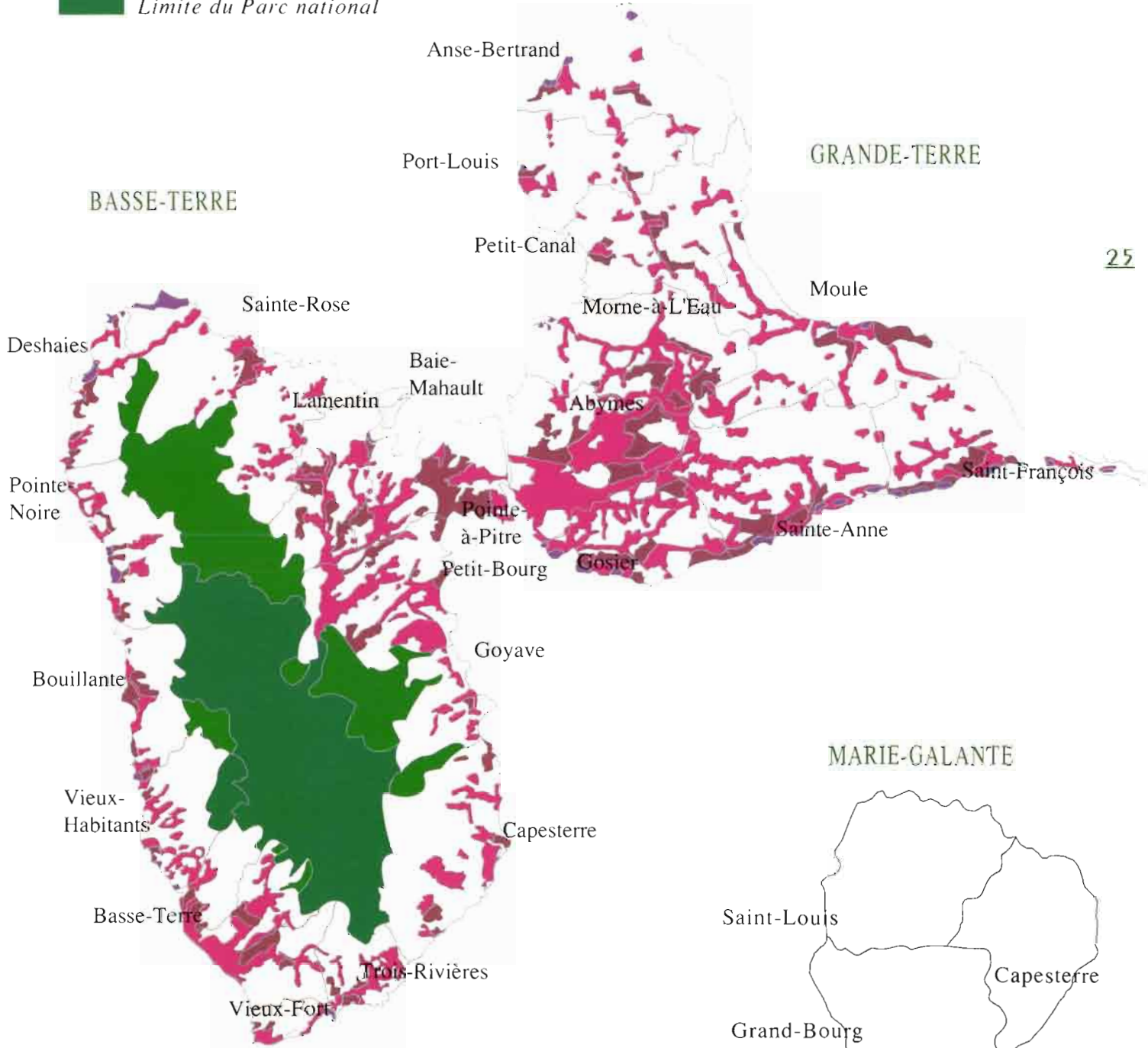
La structure démographique laisse penser que la croissance va se poursuivre sur la lancée actuelle. Cependant, les décideurs s'accordent désormais à limiter les extensions urbaines par la densification de l'habitat, la revalorisation des "centres-bourgs" et un zonage d'activités harmonieux et rééquilibré vers la Côte-sous-le-Vent, le nord de la Grande-Terre et les dépendances. Toutefois le pôle pointois conservera sa prééminence, confortée par l'amélioration prochaine des grandes infrastructures portuaires, aéroportuaires et routières. Les surfaces déjà classées en zone d'urbanisation future mais non encore construites devraient suffire à la construction des logements nécessaires pour les 20 ans à venir, sauf à en ajuster la répartition. ■



*Pointe-à-Pitre et la Rivière Salée.*

*Zones urbaines et d'urbanisation future.*  
 (d'après les POS opposables au 31/12/1991)

- Zones touristiques
- Zones d'habitat existant aggloméré ou diffus et zones d'activité
- Zones d'extension future de l'habitat et des activités
- Limite de forêt départementale-domaniale
- Limite du Parc national



# LES RESSOURCES EN EAU

## L'eau atmosphérique

Yves-Marie Cabidoche

Nathalie Fleuse

Charles Mandar

Marc Morell

Charly Paulin

Vincent Delit

L'eau atmosphérique se compose d'eau à l'état de vapeur caractérisant l'humidité (ou degré hygrométrique de l'atmosphère) et d'eau liquide formant les microgouttelettes des nuages qui en s'agrégeant provoquent la pluie.

## L'ÉVAPOTRANSPIRATION

Ce terme désigne l'eau qui retourne sous forme de vapeur vers l'atmosphère, à la fois à partir du sol (évaporation) et des plantes (transpiration). Trop peu de données sont disponibles pour que l'on puisse intégrer l'eau quittant à l'état gazeux les zones urbaines ou construites, considérées comme surface négligeable dans le paysage.

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est une grandeur théorique qui suppose que le sol est recouvert d'une végétation basse et que sol et plantes sont recouverts d'un film d'eau ; elle est donc uniquement dépendante des caractéristiques évaporatives du climat.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est l'eau perdue sous forme de vapeur par un couvert végétal donné (forêt, prairie, culture...) bénéficiant d'une alimentation en eau optimale. Une fois mesurée, elle est en général exprimée comme une multiplication de l'ETP par un coefficient "cultural", prenant en compte le type de couvert et son stade de développement, notions qui recouvrent implicitement la densité de surfaces évapotranspirantes que constituent les feuilles.

L'évapotranspiration réelle (ETR) est l'eau effectivement perdue par une surface ou un couvert végétal donnés, à un instant donné. Elle est liée à l'ETM par une loi de réduction prenant en compte le fait qu'un sol desséché ou une plante extrayant l'eau d'un sol en cours de dessiccation perdent moins d'eau : la disponibilité énergétique de l'eau du sol diminue, les plantes peuvent en même temps mettre en jeu des régulations actives de leur perte d'eau telles que la fermeture des orifices de sortie d'eau des feuilles (régulation stomatique).

L'application de ces notions à la détermination de l'eau effectivement retournée sous forme de vapeur à l'atmosphère pose un certain nombre de problèmes de mesure ou d'estimation selon l'échelle à laquelle on se place. Ces mesures et estimations sont réalisées depuis plusieurs années par l'Unité Agro-pédo-climatique de l'Inra en Guadeloupe. L'ETP est généralement considérée comme proche de l'évapotranspiration d'un couvert de gazon convenablement alimenté en eau et nourri en minéraux. Des dispositifs permettant de peser ou mesurer les pertes d'eau (lysimètres) installés à Duclos, Petit-Bourg (pluviométrie moyenne annuelle 3,0 mètres, altitude 150 mètres, au pied du versant est de la chaîne volcanique) et à May, Saint-François (pluviométrie moyenne annuelle 1,2 mètres, plateau est de Grande-Terre), ont fourni les valeurs suivantes :

La confrontation avec diverses formules d'estimation de l'ETP à partir de données climatiques a permis de retenir l'équation suivante, permettant de calculer l'ETP (en millimètres par jour) à partir du rayonnement global (Rg, en Mégajoules par mètre carré, par jour) :

$$ETP = 0,24 Rg$$

L'utilisation de cette formule n'est autorisée que pour obtenir une moyenne sur une semaine ou plus, le coefficient constant sous-entendant un vent moyen, une humidité moyenne et une température moyenne fiables.

Compte-tenu de la régularité de l'alizé, fournissant un air toujours humide, ainsi que de la température journalière moyenne, la forte dépendance de l'ETP par rapport au rayonnement solaire n'est pas étonnante. La présence de deux maximums, correspondant grosso modo aux deux périodes de passage du soleil au zénith, en est l'illustration. On notera que malgré un rayonnement global important, l'humidité de l'air entraîne des valeurs de l'ETP relativement basses, moitié moindres de celles obtenues en été sous des latitudes tempérées à l'intérieur des terres.

L'ETP fournira une estimation correcte des pertes en vapeur d'eau globales de grands espaces, couverts de forêts ou savanes, et en dehors de la saison sèche.

À l'inverse, le calcul de l'ETR d'une parcelle donnée à une période donnée demandera une bonne connaissance du coefficient cultural, et de la réduction de l'évapotranspiration consécutive à l'épuisement des différents compartiments de la réserve en eau du sol. La principale inconnue, qui fait l'objet de recherches actuelles à l'Inra, concerne la quantification des compartiments de réserve en eau des différents sols de la Guadeloupe, ainsi que l'évaluation de la disponibilité de cette eau pour les plantes. C'est là un point clé de la réussite de la diversification des cultures par le recours à l'irrigation.

*l'eau  
atmosphérique*

Moyennes sur un mois

ETP mm/jour	Moyenne annuelle	Minimum décembre	Maximums avril, juillet
Petit-Bourg	3,6	2,5	4,3
Saint-François	4,8	4,0	5,5

## LES PRÉCIPITATIONS

En région intertropicale, et donc en Guadeloupe, la pluviosité est le paramètre climatique qui présente la plus grande variabilité spatiale et temporelle. Par ailleurs, les pluies constituent, la plupart du temps, le principal apport en eau aux plantes du milieu naturel et aux cultures. Enfin, les écoulements des rivières et la recharge des nappes d'eau souterraines dépendent essentiellement du volume des précipitations.

28

Les stations, ou postes, de mesure pluviométrique d'une région constituent un réseau. En Guadeloupe, grâce à la densité du réseau pluviométrique, à la longueur des séries de mesures qui dépasse parfois soixante-dix ans, le régime pluviométrique de l'archipel est à présent, pour l'essentiel, bien connu.

Historiquement, les tout premiers relevés pluviométriques remontent à l'année 1782 (Le Gaux). Les observations météorologiques furent effectuées par le Service de Santé Colonial dès 1834, puis par les exploitants sucriers surtout depuis 1920.

Le Service Météorologique Colonial, créé en avril 1929, n'ouvre la première station guadeloupéenne qu'en 1942 à Saint-Claude. C'est en 1950 que la Sous-région Guadeloupe de la Météorologie nationale s'implante au Raizet créant une soixantaine de postes dont certains sont observés dans les gendarmeries.

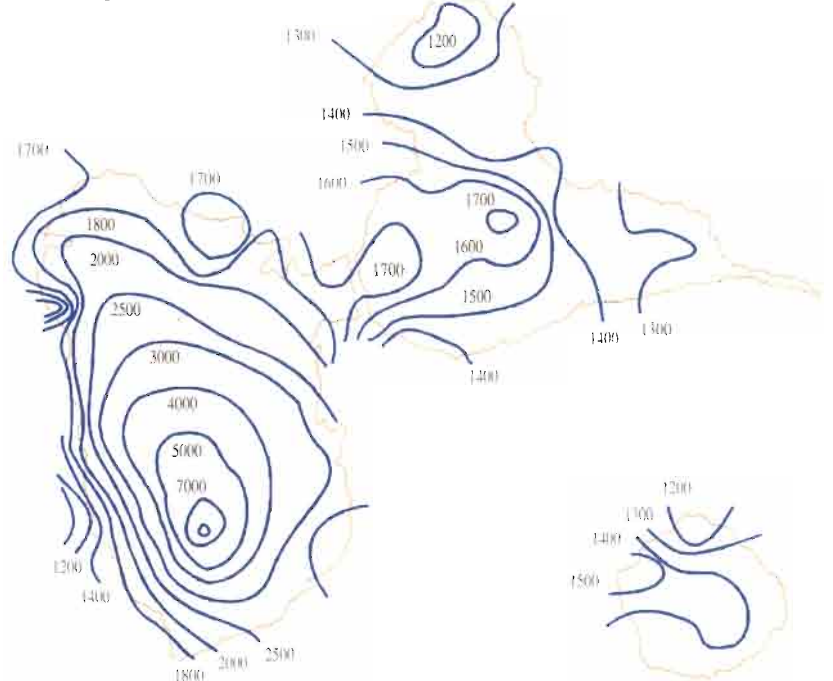
Dès les années 1960, l'Orstom implante un réseau pluviométrique d'altitude en Basse-Terre qui comprenait dans les années 1980, plus d'une quinzaine de postes à plus de 300 mètres d'altitude.

La banque de données pluviométriques opérationnelle repré-

sente aujourd'hui l'équivalent de 4 500 stations-années. Le réseau de mesures pluviométriques comprend actuellement plus d'une centaine de postes.

### Variabilité spatiale

L'évaluation de la pluviométrie moyenne annuelle permet de tracer après interpolation, les courbes d'égale pluviométrie, appelées isohyètes, exprimées en hauteurs d'eau mesurées en millimètres (soit en litres par mètre carré).



*Courbes isohyètes de la pluviométrie moyenne annuelle (en mm).*

La Guadeloupe reçoit, en année normale, 3 à 4 milliards de mètres cubes d'eau, représentant environ 50 fois la consommation humaine globale (eau potable, eau industrielle, irrigation, etc.). Globalement, la présence des terres de la Basse-Terre et de la Grande-Terre multiplie par près de 2,5 fois la pluviosité sur l'océan qui l'entoure estimée à 900 mm.

Le tracé des isohyètes met en évidence une variabilité spatiale des précipitations tout à fait remarquable : si environ 1 000 mm d'eau sont recueillis en moyenne sur les régions les plus sèches, le sommet de la Soufrière enregistre une pluviométrie annuelle voisine de 12 000 mm. Cette amplitude est tout à fait exceptionnelle : par comparaison, un climat tempéré comme celui de la France métropolitaine, ne produit sur ce territoire de 550 000 km<sup>2</sup> qu'un rapport voisin de 4 entre les régions les plus humides et les plus sèches.

En raison de sa faible superficie, la Guadeloupe est, à un instant donné, soumise dans son intégralité à la même masse d'air, dirigée par la circulation générale atmosphérique. C'est donc la morphologie même de l'île qui est à l'origine de la forte variabilité spatiale

des précipitations. Les différences d'altitude, d'exposition aux vents dominants, d'éloignement par rapport à la côte entre les divers points de l'île nous amènent à distinguer deux effets principaux régissant le mécanisme des précipitations :

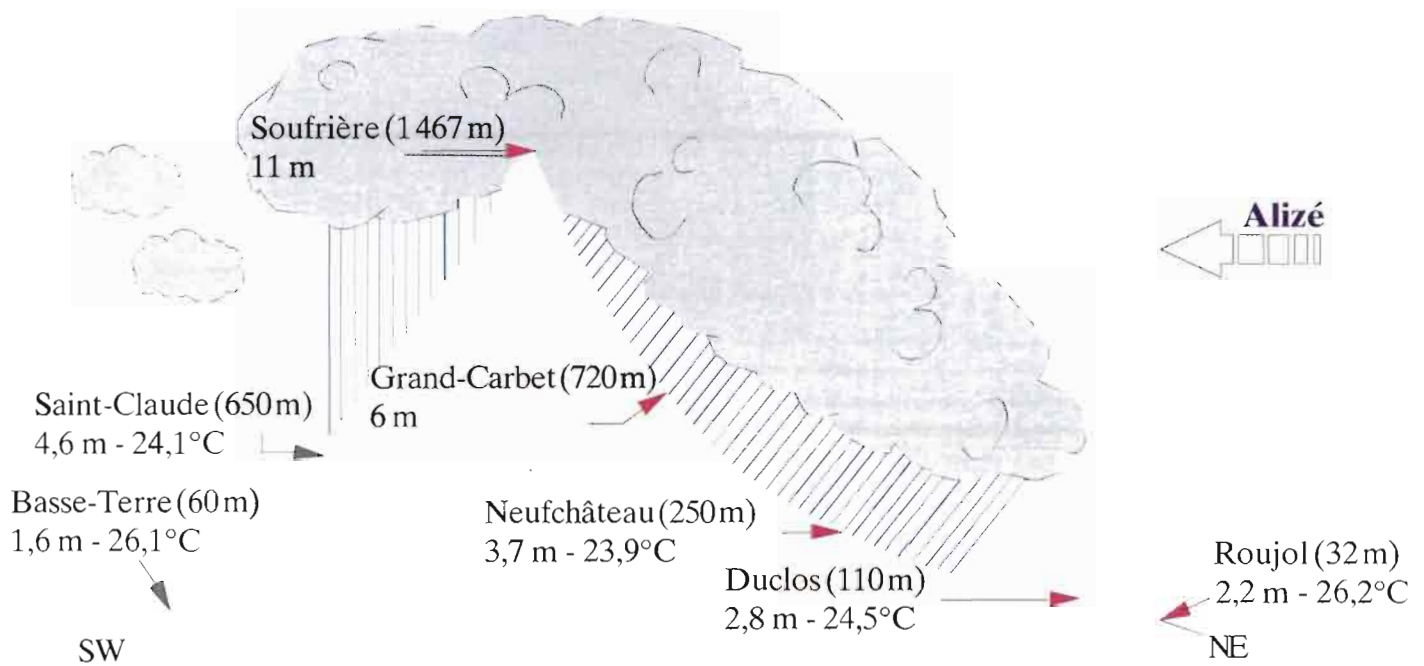
**1 — Un effet orographique prépondérant en Basse-Terre :**

L'air, dirigé par le flux d'alizé d'est vers les reliefs d'orienta-

Lorsqu'il descend vers la Côte-sous-le-Vent, l'air a éliminé une partie de son eau par précipitation : sa température est plus chaude et son humidité est plus faible.

La correspondance entre isohyètes et lignes de niveau sur la Basse-Terre illustre tout à fait le phénomène. Les gradients horizontaux varient de 150 mm par kilomètre au nord de la Côte-au-Vent, à 600 mm par kilomètre au sud de la Côte-sous-le-Vent. À altitude égale, la pluviométrie annuelle est nettement plus forte sur le versant au vent que sur le versant sous le vent.

*l'eau  
atmosphérique*



*Altitudes, précipitations et températures moyennes annuelles sous effet de Föhn en Basse-Terre.*

tion nord-sud, est contraint en Côte-au-Vent de s'élever pour franchir la montagne : il subit une détente (la pression de l'air décroît avec l'altitude) qui entraîne son refroidissement. L'air ne pouvant contenir qu'une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur, d'autant plus petite que sa température est plus basse, atteint la saturation. Si l'élévation, et donc le refroidissement se poursuivent, l'excédent d'eau se condense ; il y a formation de gouttelettes constituant un nuage et éventuellement précipitation.

**2 — Un effet de continentalité ou effet de thermoconvection, prépondérant en Grande-Terre et à Marie-Galante :**

Le fort ensoleillement dont bénéficie la Guadeloupe, et particulièrement la Grande-Terre (près de 8 heures par jour en moyenne) provoque au cours de la journée un fort réchauffement du sol qui transmet sa chaleur à l'air. L'air ainsi surchauffé, mais humide et plus léger, a donc tendance à s'élever. Des mouvements verticaux sont ainsi amorcés et amplifiés par la couche d'alizé de type instable. En s'élevant, l'air se refroidit et la vapeur d'eau qu'il contient se condense : il y a formation de nuages comme le confirme l'image SPOT du 31 décembre 1986 ; c'est souvent vers 14 heures que l'on observe des averses.

C'est d'est en ouest, dans le sens de l'alizé, que la durée du contact sol-air sera maximale : c'est pour cette raison que l'on observe sur la Grande-Terre un gradient pluviométrique d'est en ouest avec des valeurs qui évoluent progressivement de moins de 1 300 mm à Saint-François et au Moule à près de 1 800 mm sur la région pointoise. Le même phénomène est observé à Marie-Galante où la pluviométrie annuelle moyenne varie de 1 200 mm à 1 500 mm.

30

Les îles de faible superficie (les Saintes, la Désirade, Saint-Barthélemy), qui n'imposent aux masses d'air que peu de contraintes orographiques ou thermiques, ont une pluviométrie moyenne d'environ 1 000 mm, légèrement supérieure à celle de l'océan qui les entoure. Saint-Martin, d'une superficie supérieure (50 km<sup>2</sup>), voit sa pluviométrie annuelle atteindre 1 500 mm sur ses sommets culminant à 424 m.

La variabilité spatiale est également remarquable à l'échelle d'un épisode pluvieux : lignes de grains, ondes d'est, fronts froids, orages localisés et phénomènes cycloniques.

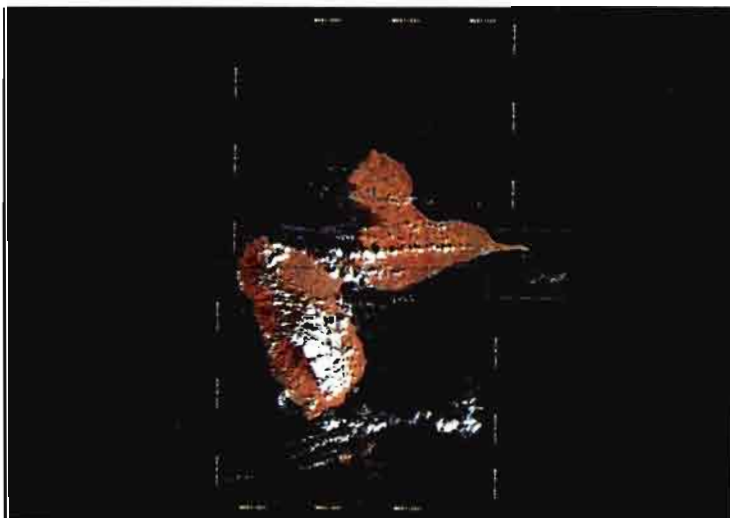
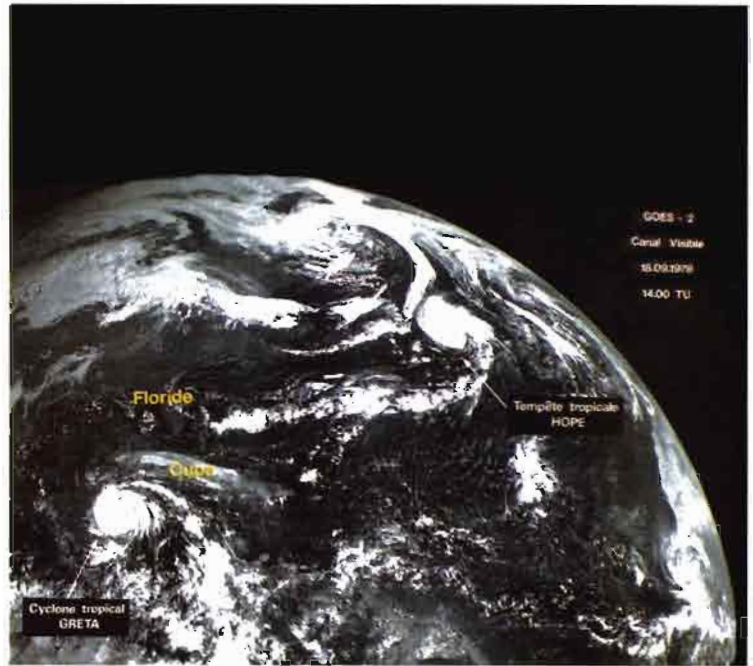


Image SPOT du 31 décembre 1986.

Les méthodes de prévision des précipitations à très court terme sont actuellement basées sur l'interprétation de l'imagerie radar et satellite. L'implantation en 1993 d'un radar Doppler 10 cm va permettre d'améliorer la prévision et donc la mise en alerte en cas de fortes pluies.



Surveillance des cyclones tropicaux par satellite. (GOES - 2, le 18/09/1978).

## Variabilité temporelle

Certains régimes pluviométriques déterminent des répartitions saisonnières relativement stables avec des dates d'apparition de saisons sèches et de saisons pluvieuses pratiquement identiques d'une année sur l'autre : en Afrique continentale, par exemple, les années se distinguent par la rigueur relative des saisons sèches et/ou par l'abondance relative des saisons des pluies.

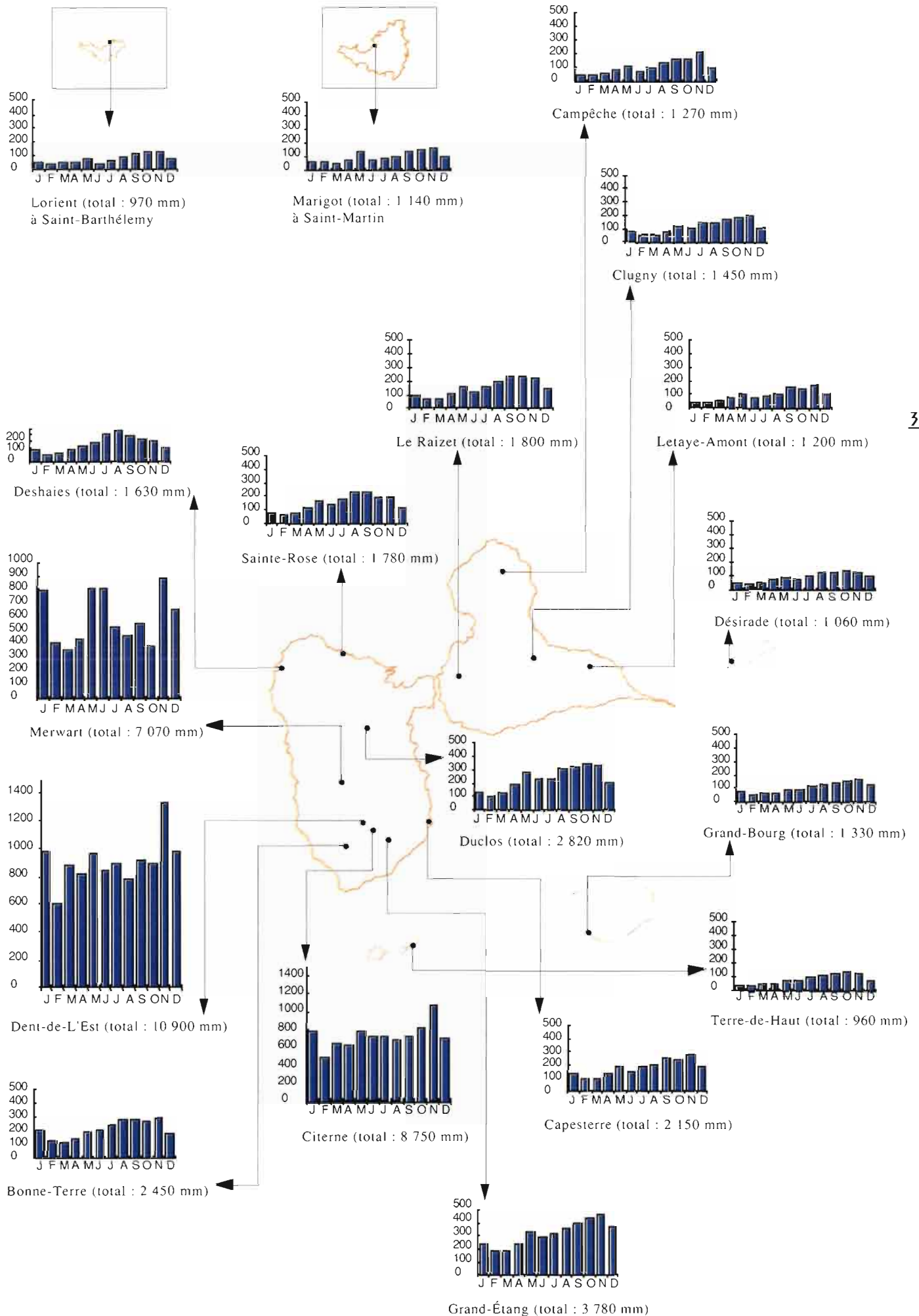
En Guadeloupe, la circulation générale de l'atmosphère conditionne principalement deux types de saison :

- le carême, saison sèche plus ou moins bien marquée centrée sur février-mars,
- l'hivernage, saison pluvieuse de juillet à octobre, qui assure la plus grande part de la pluviosité totale.

Entre ces saisons, on observe deux périodes de transition : avril-juillet faisant apparaître un maximum relatif en mai, et décembre-janvier.

En fait, la moyenne apparaît comme un paramètre statistique insuffisant





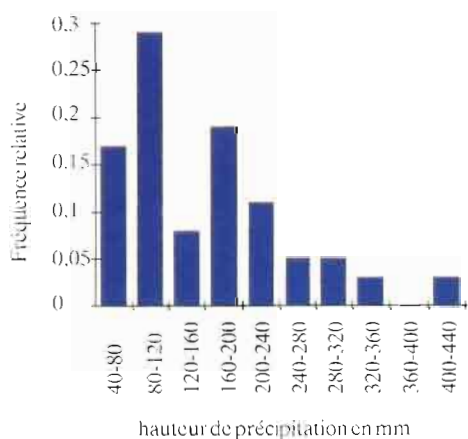
Répartition des pluies moyennes mensuelles.

décrire le régime pluviométrique guadeloupéen : c'est l'écart autour du comportement moyen qui caractérise sa nature réelle.

L'étude exhaustive des séries disponibles en Guadeloupe ne montre que très exceptionnellement un profil annuel conforme à la moyenne.

Par exemple, la répartition par classes de la pluviométrie mensuelle du mois de mai montre que la valeur moyenne ne se situe pas parmi les valeurs le plus souvent observées. Cela s'explique par le fait que ce mois de transition entre carême et hivernage est marqué soit par un carême sec tardif, soit par la présence d'éventuelles perturbations de carême (descendentes d'air froid polaire), soit par l'apparition des premières perturbations d'hivernage.

32



*Distribution des précipitations observées en mai. (Le Raizet 1951-1990).*

En revanche, la fluctuation moindre autour des valeurs moyennes des mois de carême ou d'hivernage traduit l'homogénéité des perturbations atmosphériques à ces époques de l'année.

Ces importantes fluctuations saisonnières impliquent également une forte irrégularité interannuelle.

On peut apprécier la variabilité interannuelle à l'aide du coeffi-

cient d'irrégularité K3, rapport de la pluviométrie annuelle décennale humide (probabilité d'être dépassée une année sur dix) à la pluviométrie annuelle décennale sèche (probabilité d'être dépassée neuf années sur dix).

Le tableau suivant présente, pour les principaux postes, les valeurs des pluviométries annuelles, P exprimées en mm, des médianes (probabilité de dépassement une année sur deux), des pluviométries annuelles décennales déficitaires et excédentaires, et les valeurs des coefficients d'irrégularité K3.

Pluviométries annuelles moyennes, médianes et décennales sèches et humides

Postes	Moyenne	Médiane	Écart type	Déc. sèche	Déc. humide	K3.
Basse-Terre						
Beausoleil	972	972	175	747	1 197	1,60
Neufchâteau	3 526	3 492	509	2 905	4 197	1,44
Duclos	2 807	2 766	487	2 218	3 449	1,56
Sainte-Rose	1 706	1 686	262	1 370	2 041	1,49
Grand Carbet	6 061		640			
IPG	4 433	4 411	536	3 759	5 136	1,37
Grande-Terre						
Le Raizet	1 791	1 768	357	1 351	2 264	1,67
Pombiray	1 318	1 281	319	944	1 739	1,84
Sylvain	1 409	1 377	301	1 051	1 806	1,72
Marie-Galante						
Bellevue	1 508	1 476	314	1 134	1 922	1,69
Saint-Barthélemy						
Gustavia	985	957	241	702	1 303	1,86

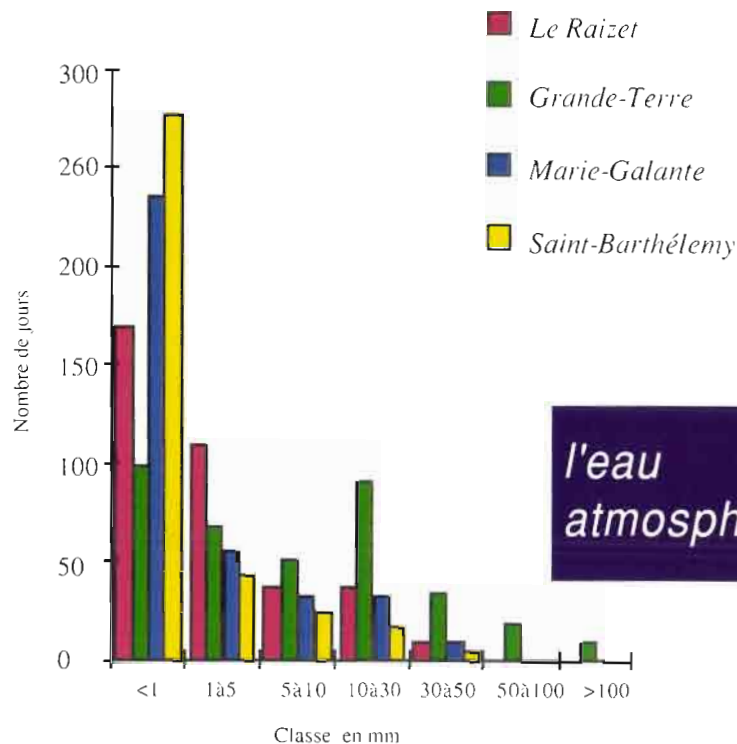
La pluviométrie déficitaire décennale en Grande-Terre est de l'ordre de 75 % de la valeur médiane alors qu'en Basse-Terre elle dépasse 80 % pour atteindre probablement 85 à 90 % sur les sommets. Le coefficient d'irrégularité varie ainsi de 1,95 à la Désirade à 1,8 en Grande-Terre et à moins de 1,4 sur les sommets de la Basse-Terre. En Basse-Terre, les écarts entre les années déficitaires et excédentaires sont donc faibles. Ainsi, non seulement la Basse-Terre, au vent et en altitude, est bien plus arrosée que les autres régions, mais sa pluviosité est moins dépendante des aléas climatiques.

La régulation de la pluviosité sur les sommets de la Basse-Terre s'explique par l'apport régulier des pluies orographiques sur les reliefs. Ce résultat est confirmé par l'étude de la distribution des quantités de pluie journalières : la grande hauteur de pluie relevée annuellement sur les sommets de la Basse-Terre est essentiellement due à un nombre élevé de faibles précipitations (inférieures à 10 mm).

Que ce soit sur les îles sèches, en Grande-Terre ou à Marie-Galante, une dizaine de jours seulement par an

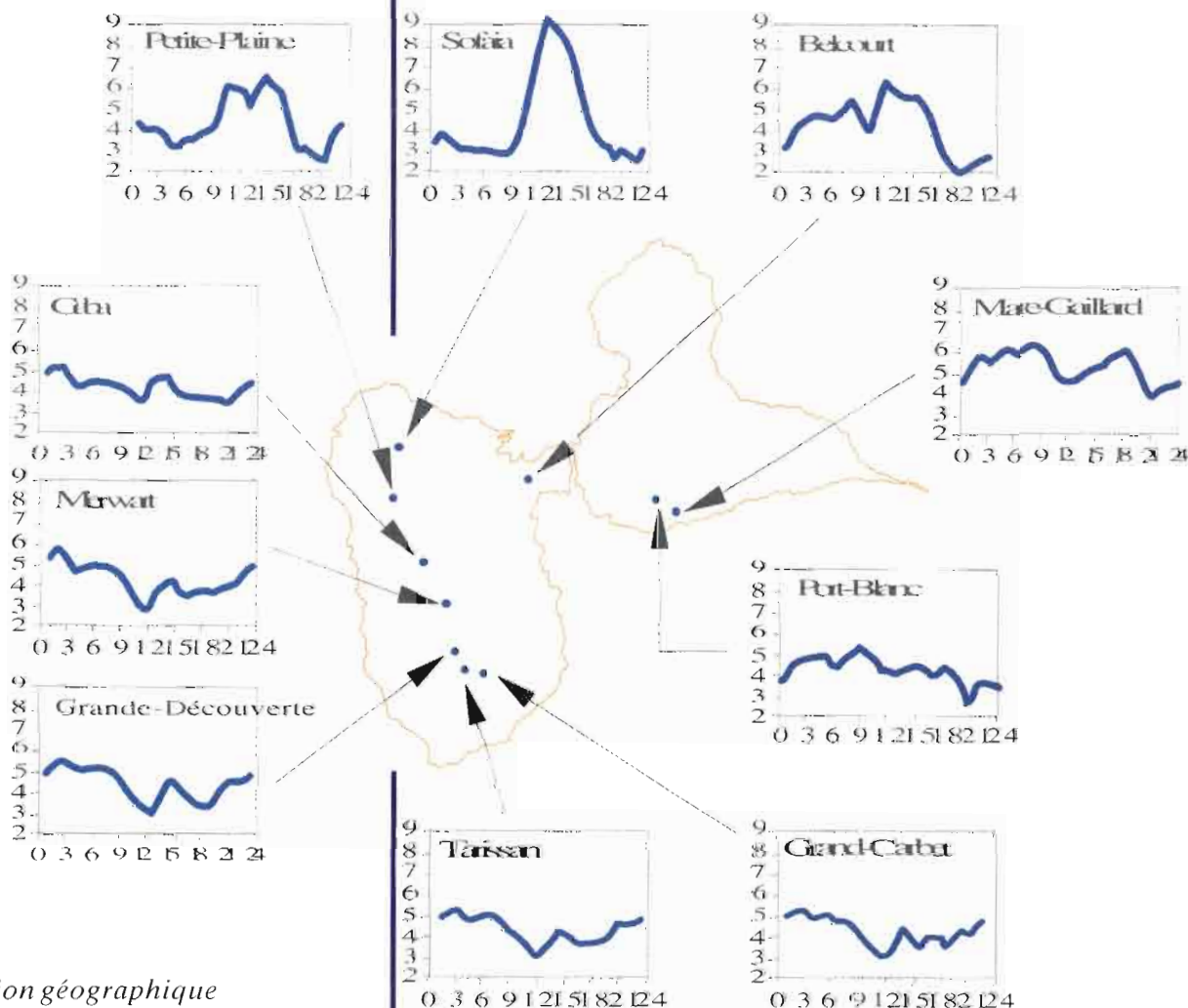
en moyenne contribuent pour une large part au total pluviométrique : ce sont des événements d'échelle synoptique (fronts froids, ondes d'est, cyclones) ou des amas nuageux. En conséquence, le déficit, l'excès ou une répartition inhabituelle de quelques-uns de ces épisodes suffit à engendrer sur une période donnée, voire sur l'ensemble de l'année, un fort écart par rapport au profil annuel moyen.

De même, l'étude de la variation diurne des précipitations comme le montre la figure ci-dessous, fait apparaître une pointe de précipitations à Sofiaïa entre 13 h et 15 h. Ces précipitations sont liées, on l'a vu, aux effets convectifs thermiques de la Grande-Terre, amplifiés par l'effet orographique.



l'eau atmosphérique

Nombre annuel moyen de jours de pluie par classe de précipitation.

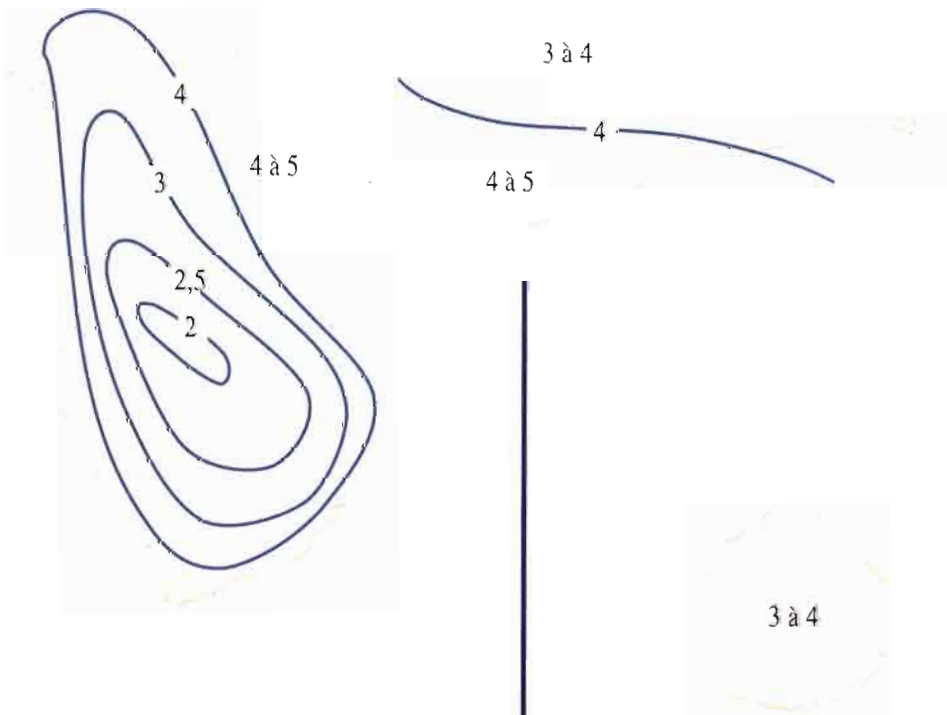


Répartition géographique de la variation diurne (postes Orstom)  
 - heures en abscisses,  
 - pourcentage du cumul global des pluies en ordonnées.

Il faut retenir qu'en altitude, les déficits ou excédents d'eau de pluie sont atténués par l'apport régulier de précipitations d'origine orographique. La carte ci-dessous montre que le phénomène de régulation des reliefs de la Basse-Terre se traduit aussi par la diminution en altitude du rapport de la pluviométrie maximale à la pluviométrie minimale mensuelles.

34

En conclusion, c'est une double variabilité spatiale et temporelle qui conditionne les régimes pluviométriques extrêmement variés des différentes régions de l'archipel guadeloupéen.



*Variation du rapport du total mensuel maximal au total mensuel minimal.*

## Les eaux de surface

Les eaux de surface, s'écoulant dans les rivières ou stockées dans les étangs ou dans les retenues artificielles, constituent une ressource naturelle en général facilement exploitable et dont l'abondance est liée au climat et aux caractéristiques physiques des bassins versants.



*Rivière en Basse-Terre.*

C'est pourquoi, depuis plusieurs décennies, les établissements gestionnaires (Direction de l'Agriculture et de la Forêt, assistée du Conseil général, avec le concours de l'Orstom) ont défini une stratégie visant :

- à inventorier la ressource en eau et évaluer sa variabilité,
- à en préserver la qualité,
- et à en planifier la gestion.

L'Orstom, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, établissement public à caractère scientifique et technologique (E P S T), a pour mission de con-

duire des recherches de base finalisées, contribuant au développement des régions de la zone intertropicale par l'étude des milieux physiques, biologiques et humains.

Outre la recherche de la satisfaction des besoins en eau exprimés localement, il est incontestable que la Guadeloupe présente un site exceptionnel extrêmement diversifié pour des études hydrologiques dont les résultats peuvent être transférés à d'autres milieux insulaires tropicaux.

## LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

L'archipel guadeloupéen se caractérise par des paysages très

variés et une forte irrégularité spatiale des précipitations. Aussi, cette diversité se traduit-elle par un réseau hydrographique également diversifié :

La Désirade, île allongée (25 km<sup>2</sup>), est essentiellement constituée d'une haute table calcaire (La Montagne 276 m) dominant de ses falaises une zone littorale très exiguë (11 km de long sur 2 km de large). Elle ne possède pas de ravines à proprement parler mais plusieurs sources.

Les Saintes (14 km<sup>2</sup>, culminant au Chameau à 309 m) et Saint-Barthélemy (25 km<sup>2</sup>, culminant au Morne du Vitet à 281 m) sont des petites îles très découpées au relief marqué et entourées d'îlots aux ravines courtes et pentues.

Saint-Martin (50 km<sup>2</sup>) a un relief bien marqué, culminant au Morne Paradis à 424 m et des plaines alluviales ou littorales enfermant de nombreuses lagunes. Les ravines escarpées ont parfois des crues destructrices (ravines du Quartier d'Orléans, Careta, Colombier).

Pas plus qu'à la Désirade, aux Saintes ou dans les îles du nord, il n'existe de rivières pérennes à Marie-Galante et en Grande-Terre. Le réseau hydrographique peu développé se compose de thalwegs souvent bien marqués. Ces ravines ne coulent qu'à la suite de fortes averses lorsque les sols sont préalablement saturés par des pluies abondantes. Les plateaux de la Grande-Terre et de Marie-Galante sont parsemés de mares qui caractérisent souvent un phénomène d'endoréisme (drainage se faisant vers la mare sans exutoire).

les eaux de surface

Les principales ravines de la Grande-Terre (570 km<sup>2</sup>) sont la ravine Petit-Pérou qui inonde périodiquement l'agglomération du Raizet, la Grande-Ravine qui se jette dans Grand-Baie, la ravine Bombo proche de Sainte-Anne, la ravine Gardel (ou Renéville), qui draine le bassin cannier Est-Grande-Terre, et la ravine Cassis proche d'Anse-Bertrand. Le plus grand bassin de la Grande-Terre est celui de la ravine Gachet avec une superficie de 63 km<sup>2</sup>. Les Grands-fonds de la Grande-Terre composent un réseau très ramifié de petites vallées étroites séparant des mornes calcaires hauts d'une centaine de mètres (morne de l'Escade culminant à 135 m).

Le plus grand bassin versant de Marie-Galante (150 km<sup>2</sup>, culminant à 204 m au morne Constant), est celui de la rivière Saint-Louis d'une superficie de plus de 30 km<sup>2</sup>.

La majeure partie de la Basse-Terre (950 km<sup>2</sup> avec une longueur de 46 km pour une largeur de 21 km) est occupée, on l'a vu, par une chaîne montagneuse volcanique d'orientation nord-sud culminant au sommet de la Soufrière. La Basse-Terre compte près de 55 cours d'eau indépendants dont les bassins ont une superficie supérieure à 1 km<sup>2</sup> : environ 25 en Côte-au-Vent et une trentaine en Côte-sous-le-Vent.

En Côte-au-Vent, entre Vieux-Fort au sud et la Rivière Salée au nord, les rivières s'écoulent vers l'est du canal des Saintes au Petit-Cul-de-Sac Marin.

Du sud vers le nord, elles sont issues :

— du massif de la Madeleine ou de la Soufrière :

- la rivière Grande-Anse venant de la Citerne, la ri-

vière du Petit-Carbet qui draine le flanc ouest de la Madeleine, la rivière du Trou-aux-Chiens, la rivière Bananier, exutoire du Grand-Étang, la rivière Saint-Sauveur et la rivière du Grand-Carbet aux trois célèbres chutes qui draine le bassin le plus arrosé de la Guadeloupe ;

— du Matéliane, du Grand-Sans-Toucher, du Carmichael et de la montagne de Capesterre :

- la Grande Rivière de Capesterre rejointe à moins d'un kilomètre de son embouchure par la rivière du Pérou ;

— ou des mornes plus au nord :

- la rivière Sainte-Marie, la Petite Rivière à Goyaves réunissant la rivière Moreau, les deux bras de la rivière Morin et les deux bras de la rivière du Fort, la rivière La Rose, la rivière Moustique de Petit-Bourg, et la rivière Lézarde issue du morne Moustique.

- les ravines Houaromand, Mahault, Sans-Nom, et du Lamentin qui se perdent dans les zones marécageuses du Petit et du Grand-Cul-de-Sac-Marin assurent la transition entre les rivières de la côte sud-est et de la côte nord-est.

- Plus au nord, les rivières se jettent dans le Grand-Cul-de-Sac marin :

- la Grande Rivière à Goyaves avec son bassin d'environ 130 km<sup>2</sup> dont les principaux affluents sont le Bras David (rivières Quiock et Corossol), le Bras de Sable, la rivière Janikeete, les Premier et Deuxième Bras, et les ravines Boucan et Houel ; la rivière Moustique Sainte-Rose, la rivière la Ramée, la rivière la Salée, la rivière Nogent et la rivière du Vieux-Fort.

En Côte-sous-le-Vent, du nord vers le sud, les rivières s'écoulent vers l'ouest et se jettent dans la mer des Caraïbes :

— entre le Gros Cap et les Mamelles :

- les rivières Grande-Anse, Deshaies, Ferry, Baille-Argent, Caillou, Petite-Plaine, Grande-Plaine, Cacao, et Colas ;

— puis viennent :

- les rivières Losteau, Bourceau, de Bouillante, Beaugendre, la Grande Rivière de Vieux-Habitants dont le bassin (28 km<sup>2</sup> à la cote 22) est essentiellement constitué par le cirque de Matéliane entre les mornes Bel-Air, Joffre, Matéliane, Sans-Toucher, et la crête des Icaques et les rivières Du Plessis et Du Baillif ;

— et enfin proches de la ville de Basse-Terre :

- la rivière des Pères (rivière Saint-Louis et rivière Rouge), la rivière Noire utilisée pour l'alimentation en eau de Saint-Claude et de Basse-

Terre, la rivière aux Herbes qui traverse ces deux bourgs et la rivière du Galion qui rejoint la mer par un canyon très encaissé.

Grâce à des stations de mesures hydrométriques observées depuis plus de 30 années, les hydrologues de l'Orstom ont étudié les écoulements des rivières et des ravines de la Guadeloupe.

## LE RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE

Un réseau hydrométrique se compose de stations de mesures de hauteurs d'eau et de débits implantées sur certains sites des cours d'eau d'une région.

Les premières observations hydrométriques régulières ont été effectuées en Basse-Terre, dans des perspectives d'aménagement hydroélectrique (Grand-Carbet cote 410) par la mission hydrologique de l'EDF à partir de l'année 1950. A partir des années 1960, le réseau a été élargi pour répondre aux besoins des Services de l'Agriculture ; le Génie rural équipait alors la Côte-sous-Vent d'une série de déversoirs bétonnés.

À partir de 1969, le Service hydrologique de l'Orstom prenait la responsabilité de la gestion du réseau hydrométrique permanent et à la demande de la Direction Départementale de l'Équipement et de la Direction Départementale de l'Agriculture, l'a étendu aux ravines à écoulement temporaire de la Grande-Terre et de Marie-Galante.

Ainsi, le réseau comprenait 5 stations en 1951, 12 en 1970, 18 en 1978, 35 en 1985. Le choix des types d'appareillage et de leurs sites d'implantation a été effec-

tué en fonction de la nature des problèmes posés et des caractéristiques des bassins versants étudiés.

Aujourd'hui, le réseau hydrométrique de la Guadeloupe a été rationalisé à 20 stations permanentes afin de constituer une charge minimale tout en garantissant la poursuite d'observations de longue durée sur des sites offrant le plus d'intérêt (bassin versant en amont des prélèvements, ancienneté de la station, stabilité de la courbe d'étalonnage...).



les eaux  
de surface

37

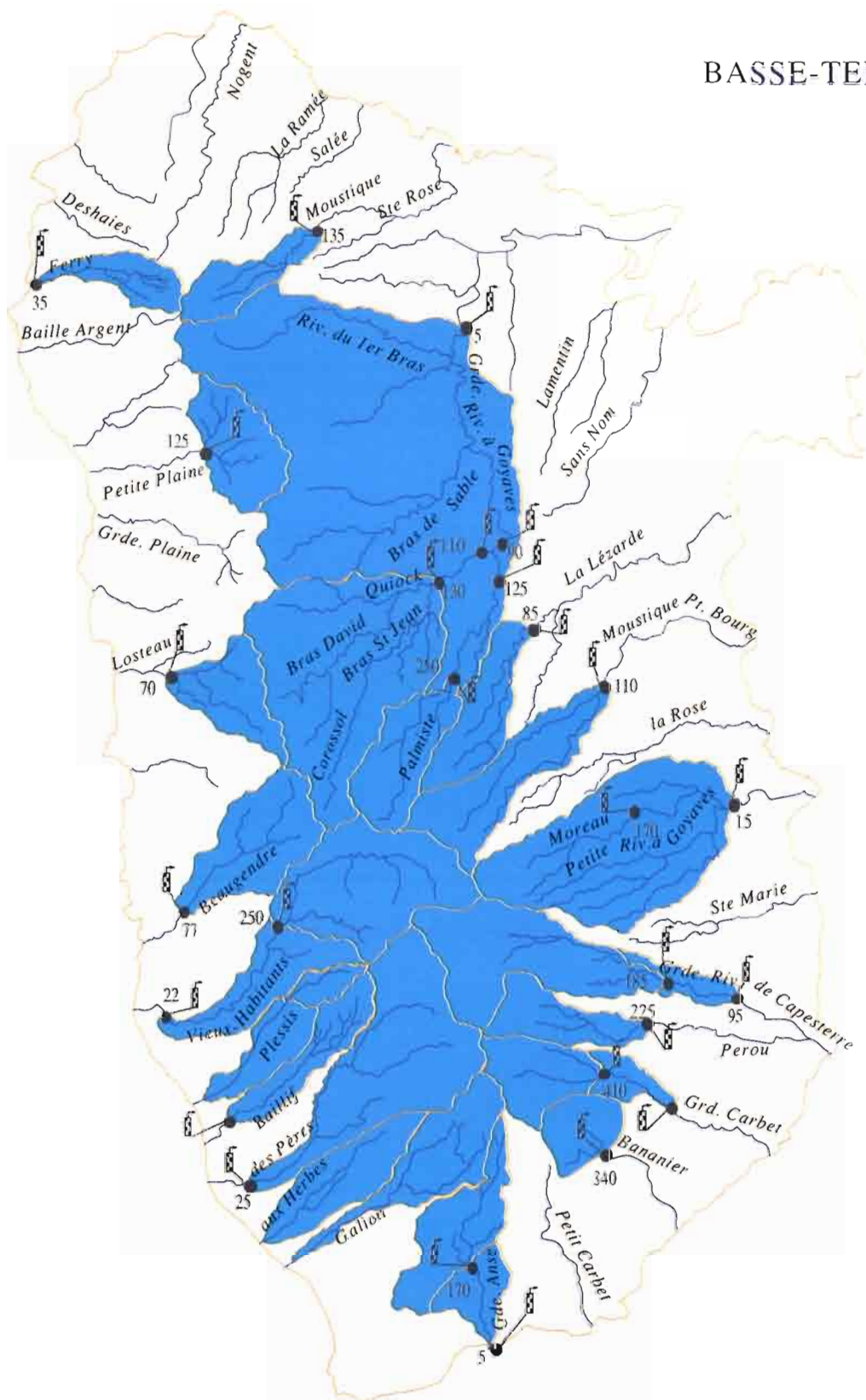
*Limnigraphe à flotteur.*

Une station hydrométrique se compose d'une échelle limnimétrique et d'un limnigraphe qui enregistre en continu les variations rapides de la cote du plan d'eau.



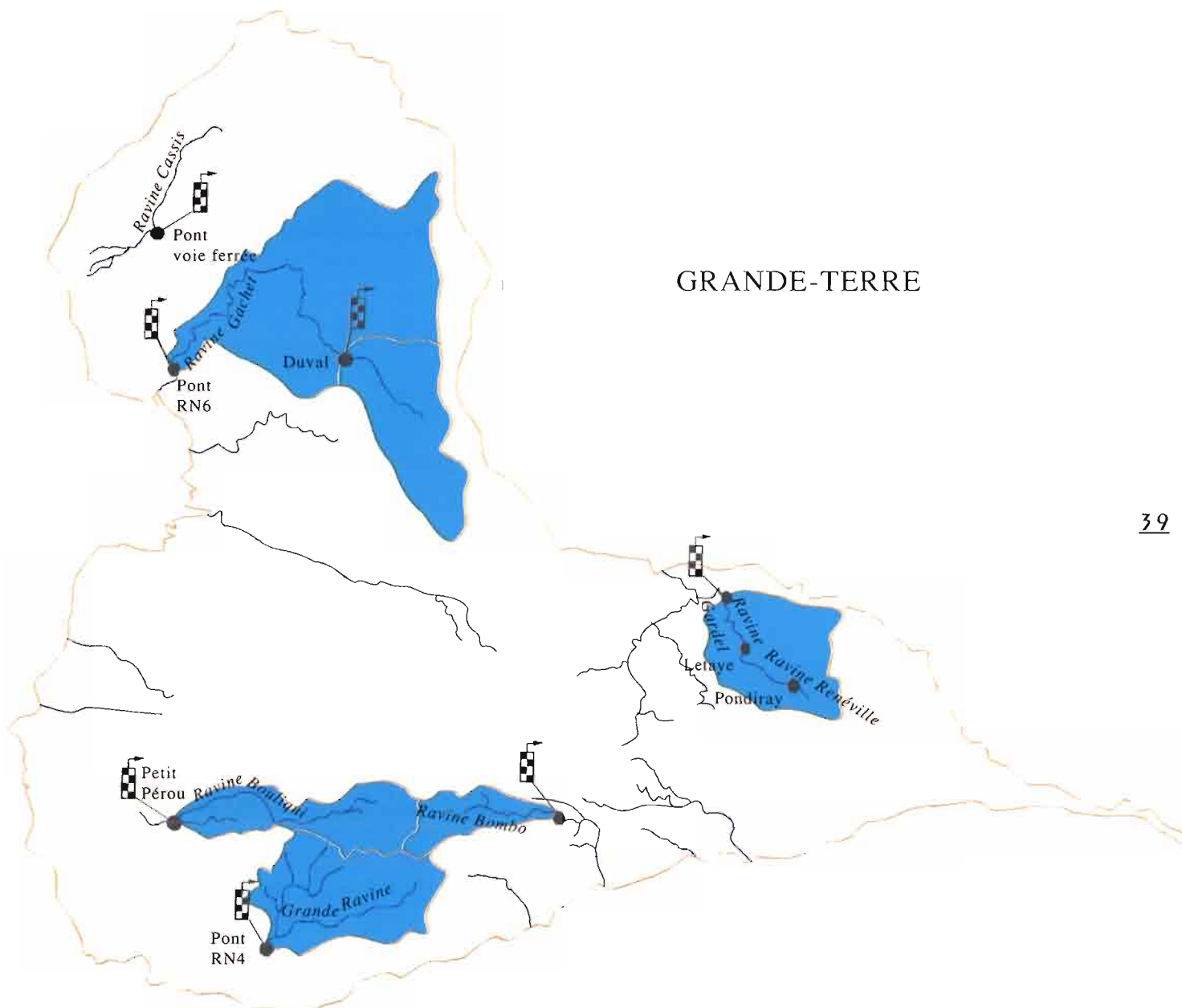
*Hydrologues effectuant un jaugeage.*

BASSE-TERRE



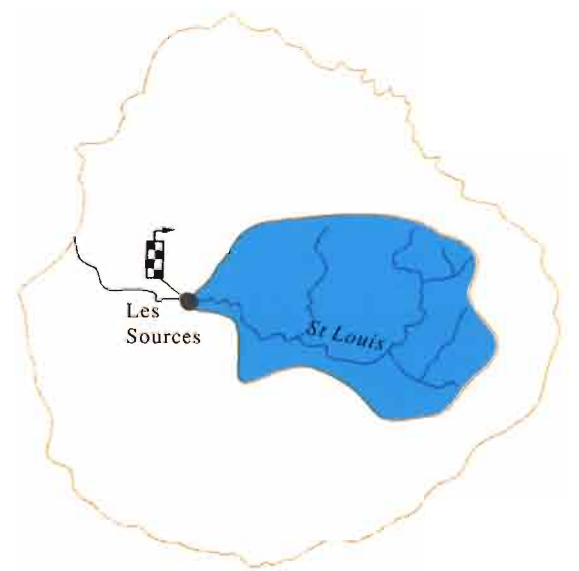
Le réseau hydrométrique de la Guadeloupe.





GRANDE-TERRE

MARIE-GALANTE



Des mesures de débit (jaugeages) effectuées systématiquement au droit des stations limnigraphiques permettent de traduire en débits instantanés les cotes enregistrées. Le traitement des débits instantanés en débits moyens journaliers permet de constituer la base de données dont l'analyse conduit à la connaissance des régimes hydrologiques.

Pour évaluer leurs ressources en période de basses eaux, des mesures de débit ponctuelles sont réalisées sur des cours d'eau qui ne sont pas équipés de stations limnigraphiques.



*Télétransmission ARGOS : surveillance de l'environnement par satellite.*

Certaines des stations du réseau sont dotées d'enregistreurs électroniques équipés d'émetteurs ARGOS. Les messages émis toutes les 200 secondes par les balises sont captés par le satellite et réfléchis vers la station de réception du Centre Orstom de Pointe-à-Pitre où ils sont traités en temps réel.

Globalement, l'information hydro-métrique acquise en Guadeloupe repose sur plus de 500 "stations-années" d'observations effectuées sur une trentaine de bassins versants dont la superficie varie de quelques kilomètres car-

rés à plus de 130 km<sup>2</sup>. La valorisation de cette information a contribué à l'inventaire des ressources en eau de surface et à la compréhension des phénomènes qui interviennent dans leur renouvellement.

La Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) devra dès 1993 se charger de coordonner les actions relatives à la gestion des eaux du département (inventaire des ressources, estimation des besoins, études spécifiques, protection du milieu, etc).

## LES RÉGIMES HYDROLOGIQUES

Les comportements hydrologiques des bassins versants des îles de l'archipel guadeloupéen sont très différents. Aussi, l'inégale répartition géographique des ressources en eaux de surface est-elle une particularité étonnante de la Guadeloupe.

### Les petites îles "sèches"

Les ravines des petites îles (la Désirade, les Saintes, Saint-Martin et Saint-Barthélemy) sont le plus souvent sèches. Compte tenu de la faible dimension des bassins versants et de leur forte pente, les fortes précipitations provoquent des crues soudaines et parfois abondantes.

Il est impossible à l'heure actuelle d'évaluer le volume et l'irrégularité des ap-

ports des petites ravines de ces îles. Seules quelques crues isolées ont été étudiées — le 6 novembre 1974, le 15 septembre 1975 (ouragan Éloïse) et le 3 septembre 1979 (ouragan Frédéric) — qui ont causé des dommages importants et parfois mort d'homme à Saint-Martin.

### Les régimes hydrologiques en Grande-Terre et à Marie-Galante

En Grande-Terre et à Marie-Galante, en période de sécheresse prolongée, les ravines ne coulent pas ; les sols argileux présentent des fentes de retrait et sont très perméables. À la suite de fortes averses, les sols se colmatent et le ruissellement va alimenter l'écoulement des ravines.

Le régime hydrologique des bassins de la Grande-Terre et de Marie-Galante est conditionné par la faiblesse relative de la pluviométrie (1 100 mm à

1 800 mm en Grande-Terre, 1 100 mm à 1 500 mm à Marie-Galante), son caractère saisonnier bien marqué, une évapotranspiration potentielle élevée (1 400 à 1 600 mm), la modération du relief et le caractère pseudo-karstique des formations calcaires.



*Ravine en Grande-Terre.*

En régime pluviométrique déficitaire, la capacité de rétention des sols (aptitude à retenir l'eau infiltrée) peut être très variable, croissant de 60 à 170 mm avec la profondeur et la compacité du sol.

Les écoulements sporadiques apparaissent comme une succession de crues individualisées. Les coefficients d'écoulement annuels (rapport des volumes d'eau écoulée aux volumes d'eau précipitée) sont faibles : de 4 à 5 %.

Les coefficients d'irrégularité, rapports de l'écoulement décennal humide à l'apport décennal sec, sont de l'ordre de 20 en Grande-Terre. Certaines années très sèches (1973 et 1983 par exemple) se distinguent par une absence quasi totale d'écoulement.

Les écoulements les plus abondants apparaissent le plus sou-

vent en octobre alors que les apports du mois de mars sont pratiquement systématiquement nuls. 90% des apports sont concentrés sur les mois de juillet à décembre.

Les débits de pointe de crue peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes par seconde à l'exutoire des grands bassins sur les plateaux de Marie-Galante et de Grande-Terre, mais leurs débits spécifiques restent faibles :  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour la crue annuelle, de 1 à  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour la crue décennale.

Dans les Grands-Fonds, où les pentes latérales des thalwegs sont bien marquées, la crue annuelle est de l'ordre de  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  et la crue décennale de 4 à  $5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Dans la région des Abymes, en raison de l'absence de relief et de l'altitude très basse, il n'existe pas de réseau hydrographique naturel. La proximité de la nappe saumâtre, la faiblesse des pentes et l'absence de drainage provoquent l'inondation fréquente des zones urbanisées lors des fortes averses.

Les études hydrologiques de l'Orstom ont contribué en Guadeloupe au dimensionnement des ouvrages de stockage réalisés en Grande-Terre (Letaye-Amont et Gachet) et présélectionnés à Marie-Galante (rivière Saint-Louis).

La retenue de Letaye-Amont :

La retenue de Letaye-Amont sur la commune du Moule a été la première à être implantée en Guadeloupe et mise en eau le 24 octobre 1978. Le barrage construit sur la ravine Gardel permet de retenir d'importants volumes d'eau (700 milliers de  $\text{m}^3$ ) dans une cuvette dont les sols ont subi un traitement d'étanchéité.

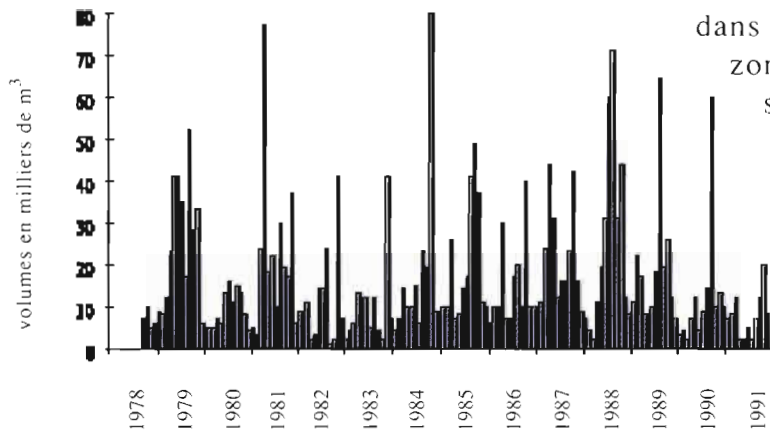
Les études hydrologiques ont montré que les pertes par infiltration étaient de l'ordre des pertes par évaporation : environ 1 800 mm par an représentant pour chaque terme près de 300 000  $\text{m}^3$  en année moyenne.

Les écoulements de la ravine Gardel, dont la superficie du bassin versant est de  $6,8 \text{ km}^2$  à la cote 17, sont très irréguliers d'une année sur l'autre comme le montre le graphique suivant.

La retenue est alimentée par une conduite issue de la prise d'eau localisée à l'altitude 130 m, sur le Bras David.

## Les eaux de surface

41



Apports de la ravine Gardel à la retenue de Letaye-Amont.

Le bassin de la ravine Gachet :

Le bassin versant de la ravine Gachet au droit du site de l'aménagement a une superficie de 63 km<sup>2</sup>. Il est suivi depuis 1974 par l'Orstom.

La retenue de Gachet d'une capacité de 2,5 millions de m<sup>3</sup> a été mise en eau lors du passage de l'ouragan Hugo. On estime que l'apport à la retenue a été d'environ 4 millions de m<sup>3</sup> en moins d'une semaine, valeur remarquable puisqu'elle correspond à peu près à l'écoulement annuel en année médiane.

Le bassin de la rivière Saint-Louis de Marie-Galante :

Le bassin de la rivière Saint-Louis a été équipé d'un limnigraphe entre 1972 et 1984. C'est sur la base de ces observations et de celles des bassins de Grande-Terre que l'Orstom a pu évaluer les apports de sous-bassins de la rivière Saint-Louis qui pourraient être équipés prochainement de retenues de stockage présélectionnées par le BRGM.

### Les régimes hydrologiques en Basse-Terre

En Basse-Terre, le régime hydrologique est essentiellement déterminé par l'abondance de la pluviosité toujours supérieure à l'évapotranspiration dont la moyenne se situe entre 1 400 mm

dans les zones littorales et 1 100 mm dans les zones d'altitude. C'est l'altitude et l'exposition qui représentent les facteurs les plus importants du régime des pluies et indirectement des débits.

Les rivières de la Basse-Terre ont un écoulement permanent alimenté par le ruissellement des précipitations et soutenu par les résurgences des petites nappes d'eau souterraines perchées. Les débits des rivières sont très variables.

À la suite de fortes précipitations, les débits d'un cours d'eau peuvent passer de 1 m<sup>3</sup>/s à 300 ou 400 m<sup>3</sup>/s en moins d'une heure.

Les forts reliefs favorisent le ruissellement aux dépens de l'infiltration pour des caractéristiques de sols et de couvert végétal semblables. L'influence du sol est réduite : la capacité de rétention maximale des sols a été estimée à environ 100 mm.

L'infiltration vers les nappes d'eau profondes se traduit par des résurgences en mer le long du littoral dont certaines sont connues (sources sous-marines de l'îlet Pigeon en Côte-sous-le-Vent). Cependant ce phénomène représente des quantités d'eau le plus souvent négligeables au regard des autres termes du bilan (précipitations, évapotranspiration, écoulement de surface).

On détermine, pour un bassin versant donné, la lame d'eau annuelle écoulée (rapport du volume écoulé à la superficie du bassin). On l'estime équivalente à la lame d'eau moyenne précipitée sur le bassin diminuée de l'évapotranspiration : pour les bassins d'altitude tels que celui du Grand-Carbet, le plus arrosé, la lame d'eau précipitée est égale à environ 7 000 mm ; la lame d'eau écoulée est de l'ordre de 5 900 mm correspondant à un coefficient d'écoulement de 84 %.

Les bassins versants de la Basse-Terre, au cours d'une année moyenne, constituent des apports de 2 à 6 millions de mètres cubes par kilomètre carré. Ces apports sont variables selon la localisation des bassins (altitude, exposition...) et dans le temps (échelle annuelle et saisonnière).

Les coefficients d'irrégularité interannuelle (rapport de la lame d'eau excédentaire écoulée une année sur dix à la lame d'eau déficitaire écoulée une année sur dix) sont compris entre 3 et 2 pour les bassins où la pluviométrie annuelle est inférieure à 3 000 mm et entre 1,9 et 1,4 pour les bassins de pluviométrie supérieure.

Globalement, environ 60 % des quantités d'eau précipitées en Basse-Terre, s'écoulent dans les rivières ;

l'autre part est restituée à l'atmosphère par évapotranspiration.

La distribution mensuelle de l'écoulement suit un schéma assez proche de la distribution de la pluviométrie avec un décalage expliqué par les reports d'écoulement des nappes :

— le trimestre le plus faible en écoulement est toujours février-mars-avril, le mois le plus faible étant mars ou avril.

— le trimestre le plus abondant est celui des mois d'octobre, novembre et décembre, avec les apports les plus importants en octobre ou novembre.

Les débits maximaux de crue sont élevés :

— le débit de pointe de probabilité de dépassement une année sur deux est de l'ordre de  $6,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  ;

— le débit de pointe décennal est de l'ordre de  $10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Ces valeurs sont fortement liées au caractère accidenté du relief et dans une moindre mesure à la pluviométrie annuelle (fréquence des averses exceptionnelles).

Les débits d'étiage des rivières de la Basse-Terre :

En période de sécheresse, les ressources en eau de surface de la Basse-Terre sont limitées à des écoulements relativement faibles (débits de l'ordre de 20 à 25 % des débits moyens annuels). Elles sont fonction de l'état initial de stockage des nappes en début de saison et de leur alimentation par les précipitations en cours de carême.

En Basse-Terre, en période de carême de janvier à avril, le tarissement des cours d'eau (diminution progressive des débits) est souvent interrompu par des aver-

ses qui provoquent des crues et rechargent les nappes d'eau souterraines. L'étiage apparaît dans la plupart des cas au cours des mois de mars, avril ou mai, cependant il arrive que les débits minimaux surviennent précocement entre décembre et février, ou tardivement entre juin et août. On remarque que l'étiage se produit fréquemment en mai sur le bassin de la rivière Du Plessis au sud de la Basse-Terre et en juillet sur la rivière de Petite-Plaine au nord de la Basse-Terre.

Le débit minimal d'étiage est le débit moyen journalier le plus faible observé au cours d'une année. Le débit minimal annuel (DMA) médian est le débit moyen journalier le plus faible de l'année qui a une probabilité d'être dépassé une année sur deux.

**Les eaux  
de surface**

43

Les débits spécifiques d'étiage (rapport du DMA à la superficie du bassin) sont voisins de 15 à 25  $\text{l/s}/\text{km}^2$  pour les bassins du nord de la Basse-Terre sur formations volcaniques anciennes et de 30 à 40  $\text{l/s}/\text{km}^2$  pour les rivières du sud. D'une façon générale, le débit spécifique est d'autant plus faible que l'exutoire du bassin est à basse altitude.

Globalement, les ressources minimales en eau de surface de la Basse-Terre équivalent globalement à un débit de l'ordre de  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  en année normale.

Le débit minimal annuel caractérise les ressources de carême en année normale ( $\text{DMA}_{1/2}$ ), ou en année déficitaire, par exemple de période de retour 5, 10, 50 ou 100 ans ( $\text{DMA}_{1/5}$ ,  $\text{DMA}_{1/10}$ ,  $\text{DMA}_{1/50}$ ,  $\text{DMA}_{1/100}$ ). On peut, en première approximation, considérer les relations suivantes pour les bassins de la Basse-Terre :

$$\text{DMA}_{1/5} = 0,9 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DMA}_{1/10} = 0,8 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DMA}_{1/50} = 0,7 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DMA}_{1/100} = 0,6 \times \text{DMA}_{1/2}$$

D'autres débits caractéristiques peuvent définir le régime des cours d'eau en étiage. Ce sont les débits qui sont égalés ou dépassés 355 jours (DC10) ou 335 jours (DC30) par an. Ils peuvent se déduire des DMA par les relations suivantes :

$$\text{DC10}_{1/2} = 1,1 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DC10}_{1/5} = 1,0 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DC30}_{1/2} = 1,2 \times \text{DMA}_{1/2}$$

$$\text{DC30}_{1/5} = 1,1 \times \text{DMA}_{1/2}$$

Du sud vers le nord de la Basse-Terre, les coefficients de passage augmentent traduisant une décroissance plus rapide des débits d'étiage en l'absence de précipitations.

NB : Ces débits caractéristiques (DMA, DCE, DC30) sont relatifs à des écoulements naturels qui sont ou seraient observés en l'absence de prélèvement.

## Récapitulatif

44

Globalement, l'écoulement des ravines de la Grande-Terre et de Marie-Galante constitue des apports spécifiques très irréguliers 50 à 100 fois inférieurs à ceux de la Basse-Terre. Ces constatations prouvent que les besoins en eau en Grande-Terre doivent être satisfaits par des prélèvements en Basse-Terre qui doivent alimenter les retenues de stockage d'eau en Grande-Terre.

Le tableau présenté ci-contre résume la connaissance des ressources en eau des principaux bassins de la Basse-Terre. La carte représente les diagrammes correspondant à la répartition mensuelle des apports de certains bassins.

## Débits médians mensuels et annuels

	J	F	M
Beaugendre Cote 77 (11,8 km <sup>2</sup> )	727 62	477 40	324 27
Ferry Cote 35 (4,68 km <sup>2</sup> )	111 24	94 20	82 18
Petite Rivière à Goyaves Cote 10 (27,9 km <sup>2</sup> )	3180 114	2260 81	2140 77
Moreau Cote 170 (7,42 km <sup>2</sup> )	826 111	900 121	795 107
Grand-Carbet Cote 410 (7,9 km <sup>2</sup> )	1180 149	985 125	945 120
Grande Rivière à Goyaves Cote 5 (117 km <sup>2</sup> )	- -	7530 64	7880 67
Grande Rivière à Goyaves Cote 90 (54,3 km <sup>2</sup> )	4360 80	3590 66	3010 55
Grande Rivière à Goyaves Cote 125 (14,4 km <sup>2</sup> )	1190 83	1010 70	887 62
Bras David Cote 110 (37,5 km <sup>2</sup> )	3270 87	2440 65	2210 59
Bras David Cote 130 (33,2 km <sup>2</sup> )	2890 87	2050 62	1940 58
Grande Rivière de Capesterre Cote 95 (18,6 km <sup>2</sup> )	2790 150	2260 122	2290 123
Grande Rivière de Capesterre Cote 185 (16,1 km <sup>2</sup> )	2750 171	2110 131	2270 141
Rivière du Pérou Cote 225	- -	1360 156	555 64
Grande Rivière de Vieux-Habitants Cote 22 (28,2 km <sup>2</sup> )	3730 132	2580 91	2360 84
Grande Rivière de Vieux-Habitants Cote 250 (19,4 km <sup>2</sup> )	3280 169	2670 138	2240 115
Lézarde Cote 85 (8,4 km <sup>2</sup> )	868 103	686 82	636 76
Lostau Cote 70 (8,04 km <sup>2</sup> )	504 63	407 51	307 38
Moustique Petit-Bourg Cote 110 (11,7 km <sup>2</sup> )	982 84	748 64	731 62
Moustique Sainte-Rose Cote 135 (6,12 km <sup>2</sup> )	247 40	244 40	244 40
Rivière des Pères Cote 25 (23,3 km <sup>2</sup> )	2670 115	1960 84	2290 98

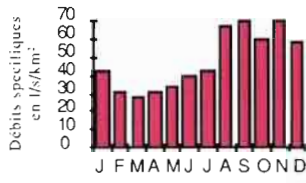
1<sup>re</sup> ligne :  
débits médians mensuels  
et annuels en l/s

2<sup>e</sup> ligne :  
débits médians spécifiques  
en l/s/km<sup>2</sup>

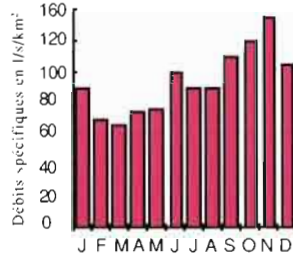
(valeurs provisoires établies  
par l'Orstom en 1990).

A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
369	302	561	789	933	839	762	987	679	585
31	26	48	67	79	71	65	84	58	50
122	118	124	144	201	188	155	238	152	155
26	25	26	31	43	40	33	51	32	33
3000	3800	2770	2410	2990	3610	4640	6180	3760	3110
108	136	99	86	107	129	166	222	135	111
1470	1260	1220	903	1250	1430	1070	1950	-	-
198	170	164	122	168	193	144	263	-	-
1310	1380	1150	1200	1260	1450	1380	1800	1280	1360
166	175	146	152	159	184	175	228	162	172
11000	13600	16100	11300	8280	23800	15500	26000	-	-
94	116	138	97	71	203	132	222	-	-
3510	5030	5190	5690	5660	5780	5920	6550	5460	4970
65	93	96	105	104	106	109	121	101	92
1010	1220	1230	1240	1520	1820	1850	2000	1740	1380
70	85	85	86	106	126	128	139	121	96
2150	3150	3270	3030	3520	4330	4360	5830	4270	3730
57	84	87	81	94	115	116	155	114	99
2140	3170	3040	3180	3690	4600	3930	5440	3290	3180
64	95	92	96	111	139	118	164	99	96
2890	2920	2350	2450	2740	2960	3500	4170	3590	2900
155	157	126	132	147	159	188	224	193	156
2740	2790	2550	2920	2610	3020	3100	4500	2630	2680
170	173	158	181	162	188	193	280	163	166
1150	3390	1420	1310	1690	2490	1840	2070	1430	-
132	390	163	151	194	286	211	238	164	-
2960	3190	3640	4510	4130	4020	4230	5000	4120	3800
105	113	129	160	146	143	150	177	146	135
2760	2470	2570	3300	3050	3280	2670	4610	3390	3150
142	127	132	170	157	169	138	238	175	162
839	914	980	903	943	1100	1170	1490	1080	1000
100	109	117	108	112	131	139	177	129	119
385	328	436	524	649	625	546	696	505	476
48	41	54	65	81	78	68	87	63	59
843	1560	1440	1420	1530	1760	1640	2710	1270	1300
72	133	123	121	131	150	140	232	109	111
288	373	356	336	522	621	590	902	388	412
47	61	58	55	85	101	96	147	63	67
1780	2170	1780	2340	2570	2840	2660	4090	2220	2300
76	93	76	100	110	122	114	176	95	99

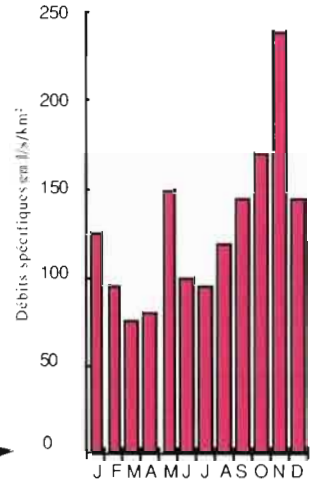
*Les eaux  
de surface*



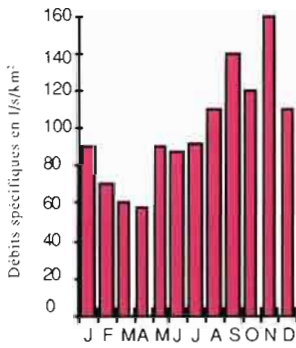
Petite Plaine (Cote 125 mètres)



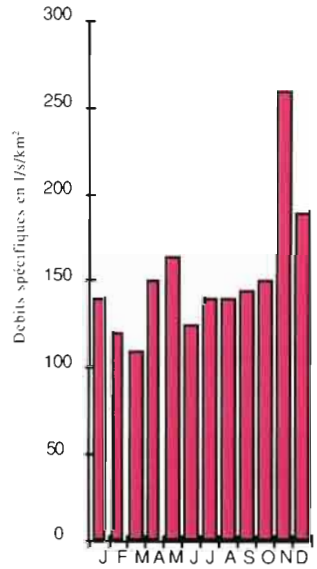
Grande Rivière à Goyaves Prise d'eau (Cote 90 mètres)



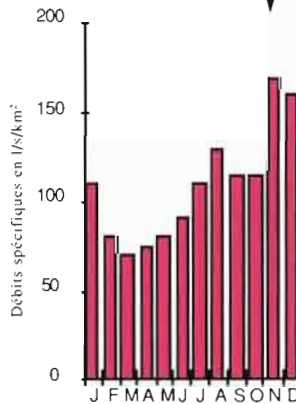
Petite Rivière à Goyaves (Cote 15 mètres)



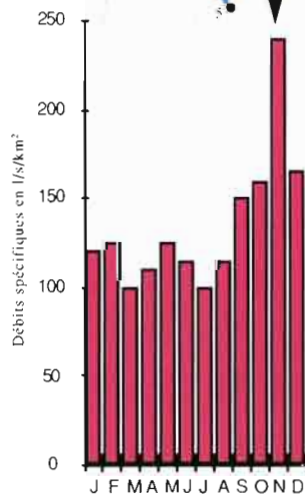
Bras-David (Cote 130 mètres)



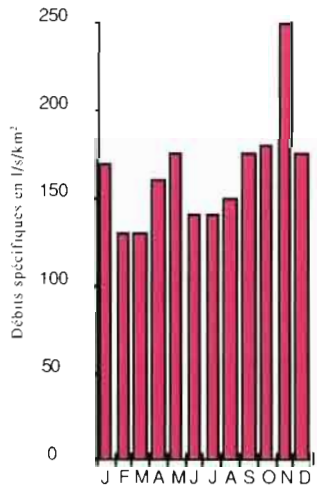
Capesterre (Cote 95 mètres)



Vieux Habitants Pont du Bourg (Cote 22 mètres)



Bananier Déversoir au limnigraphe (Cote 340 mètres)



Grand Carbet (Cote 410 mètres)

• *Limnigraphes*

Diagrammes de répartition des débits spécifiques mensuels médians. (Stations Orstom).



## LA MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS DE SURFACE

Après une phase d'inventaire des ressources en eau de surface de la Guadeloupe (1978) mis à jour en 1990, les hydrologues de l'Orstom travaillent actuellement à la modélisation du fonctionnement des bassins versants qui produisent ces ressources et à la modélisation de la gestion régionale de l'eau.

La modélisation du fonctionnement des bassins versants de la Basse-Terre et de la Grande-Terre a comme objectif immédiat la mise à disposition à l'entrée du modèle de gestion d'hydro-aménagements (Cf. HYDRAM présenté plus loin) de séries chronologiques journalières ou mensuelles d'écoulement.

Par ailleurs, la Guadeloupe, par la diversité de son milieu physique, est un laboratoire naturel idéal pour la mise au point de modèles d'écoulement que l'on pourra appliquer à d'autres bassins de la Caraïbe.

L'évolution des techniques permet aujourd'hui de prendre en compte de façon rigoureuse la topographie, la morphologie, l'état de surface d'un bassin versant par utilisation de modèle numérique de terrain (MNT), de la télédétection satellitaire et de système d'information géographique.

*Cascade de la rivière Moreau.*



*Les eaux  
de surface*

47

## LES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES EAUX DE SURFACE

Les ressources mobilisables en eau de surface sont exploitées par des prises au fil de l'eau en rivière ou à partir de retenues de stockage. Ces aménagements ont de multiples avantages :

48

- quantités disponibles au fil de l'eau relativement importantes ;
- pas de pollution chimique ou bactériologique lorsque les prélèvements sont opérés en altitude ;
- possibilité de stockage de forts volumes d'eau dans des retenues implantées sur les cours d'eau ;
- acheminement le plus souvent par gravité, de l'eau prélevée vers les réservoirs de stockage.

En revanche, l'utilisation des eaux de surface présente certains inconvénients :

- exposition à une pollution atmosphérique (volcanisme), ou à des rejets toxiques accidentels ;
- nécessité d'établir des périmètres de protection stricte autour des sites de prélèvement ;
- variabilité liée aux précipitations, en fonction de la localisation des sites de prélèvement et des aléas climatiques.

En Guadeloupe, les prises d'eau sont de type "par en dessous". Un ouvrage bétonné barre la section du cours d'eau. Il se com-

pose d'un déversoir rectangulaire qui autorise le prélèvement par un canal disposé le long du seuil. Afin d'éviter que le canal de prise ne soit obstrué par des galets, il est recouvert d'une grille percée de trous de quelques centimètres de diamètre. Enfin, le canal de prise débouche dans un bassin de décantation à partir duquel est tirée la conduite d'adduction gravitaire vers un ouvrage de stockage ou de transfert (irrigation), ou encore vers une station de traitement (alimentation en eau potable).



*Bras David cote 130 en crue.*

Les retenues prévues en Basse-Terre sont de type barrage-poids comme celles qui équipent la Grande-Terre (retenues de Letaye-Amont et de Gachet).



*Retenue de Letaye-Amont en 1980.*

## Les eaux souterraines

L'eau issue des précipitations peut, à la surface du sol, emprunter des chemins très différents. Une fraction de celle-ci s'infiltré dans le sol puis s'écoule très lentement au sein des roches pour former les nappes d'eau souterraine.

Dans ce cas, le cheminement de l'eau s'effectue, sous l'action principale des forces de gravité qui la conduisent à migrer du fait de son propre poids, des points hauts vers un niveau de base que constitue la mer.

Nous aborderons successivement les conditions générales de circulation des eaux souterraines puis plus précisément les nappes connues en Guadeloupe ainsi que les méthodes employées pour leur recherche, et enfin leur exploitation et leur gestion.

### QU'EST-CE QUE L'EAU SOUTERRAINE ?

La science des eaux souterraines est peut-être l'une des plus anciennes. Divinisées par les hommes primitifs, les sources deviennent vite l'objet de spéculations philosophiques ou poétiques avant de devenir un enjeu économique.

Si on se réfère à la définition donnée par J. Margat (1977), l'eau souterraine désigne principalement l'eau présente dans la zone saturée du sous-sol, l'eau constituant les nappes souterraines, sans exclure l'eau de la zone non saturée.

Visible directement dans les cavernes et les grottes, l'idée d'une représentation de la disposition de l'eau dans le sous-sol comme un décalque sous la terre des eaux superficielles - lacs, rivières, mares - est très largement répandue mais inexacte. En réalité, l'eau souterraine dans son milieu ne se voit qu'exceptionnellement (karst en milieu calcaire par exemple) car elle est contenue dans les vides, ou porosité, des roches.

### POROSITÉ ET PERMÉABILITÉ DES ROCHES

Les eaux souterraines

La porosité est constituée par l'ensemble des vides contenus dans la roche et est mesurée en pourcentage du volume total de la roche (H. Schoeller, 1962). Toutes les roches, ou presque, sont susceptibles de contenir de l'eau, soit dans les pores des agrégats de minéraux qui les constituent : porosité d'interstices, soit dans les fissures plus ou moins ouvertes qui les affectent : porosité de fissures d'origine mécanique (diaclasses, failles...) ou thermique (fentes de retrait dues au refroidissement des roches éruptives) ou encore sédimentaire (joints séparant des roches sédimentaires). La proportion d'eau mobilisable contenue par unité de volume de roche saturée (porosité efficace pour 1 m<sup>3</sup> de roche) est très variable :

- sable grossier, graviers 150 à 250 l/m<sup>3</sup>
- sable fin ..... 100 à 150 l/m<sup>3</sup>
- calcaire récifal..... 10 à 50 l/m<sup>3</sup>
- argile ..... 10 à 20 l/m<sup>3</sup>
- lave fissurée ..... 1 à 20 l/m<sup>3</sup>

La dimension, mais aussi la forme et la manière dont communiquent entre eux les pores et les fissures, autrement dit, leur perméabilité, varient encore plus que leur porosité. Elle exprime l'aptitude d'un milieu à se laisser traverser par un fluide. Les roches les plus perméables, dites aquifères, sont à la fois des réservoirs et de bons conducteurs d'eau.

### AQUIFÈRES ET NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

Les roches composent l'anatomie du sous-sol et contribuent par leur assemblage à son architecture. Couches, massifs juxtaposés de roches, développement des réseaux de fractures... organisent la répartition et

la circulation des eaux souterraines en leur faisant tantôt obstacle ou en offrant tantôt des voies qui facilitent leur cheminement.

Le rôle le plus important revient aux aquifères : corps de roches perméables comportant une zone saturée et suffisamment conducteurs pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine. Cette notion d'aquifère a également un sens pratique, ce sont les lieux où l'on peut capter des débits d'eau significatifs au moyen d'ouvrages de technique courante (puits, forages...).

Dans la nappe d'eau souterraine, l'eau remplit, par gravité, tous les vides du terrain jusqu'à un niveau à surface libre appelée surface piézométrique qui est la surface à laquelle l'eau se stabilise dans les ouvrages atteignant la nappe. Ce type de nappe est appelé nappe libre ou plus communément nappe phréatique par opposition aux nappes captives qui, emprisonnées entre deux terrains imperméables, ne comprennent pas de zone non saturée. L'eau maintenue en pression peut, dans certains cas, jaillir au-delà de la surface du sol lors du forage du puits.

## CIRCULATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Les eaux souterraines sont très présentes : l'écoulement continu des sources le prouve. Elles contribuent au cycle global de l'eau sur notre planète. Les nappes sont alimentées par les eaux de pluie après infiltration dans les zones perméables : aires d'alimentation. L'infiltration est un phénomène qui s'observe essen-

tiellement par les effets visibles qu'il entraîne : remontée d'un niveau d'eau dans un puits, augmentation du débit d'une source, soutien du débit d'une rivière en étiage...

La quantité d'eau qui s'infiltré n'est pas seulement fonction de l'importance des précipitations. Ce terme du bilan hydrologique dépend étroitement de l'état du sol et de la végétation qui, comme on l'a vu, en reprend une partie par évapotranspiration : fraction d'eau soustraite par évaporation physique et prélevée par la végétation.

Une fois que l'eau a atteint la nappe, après un temps de percolation plus ou moins long, elle se déplace en allant des points les plus hauts vers les issues les plus basses. La vitesse de l'écoulement dépend de la perméabilité de la roche et de la pente du terrain. Les vitesses d'écoulement des nappes sont donc très variées : de quelques mètres à quelques centaines de mètres par jour mais toujours très lentes en comparaison de celles des écoulements des rivières.

- eau de nappe saumâtre - Saint-Martin
- eau de nappe - Grande-Terre
- eau de la Rivière Rouge

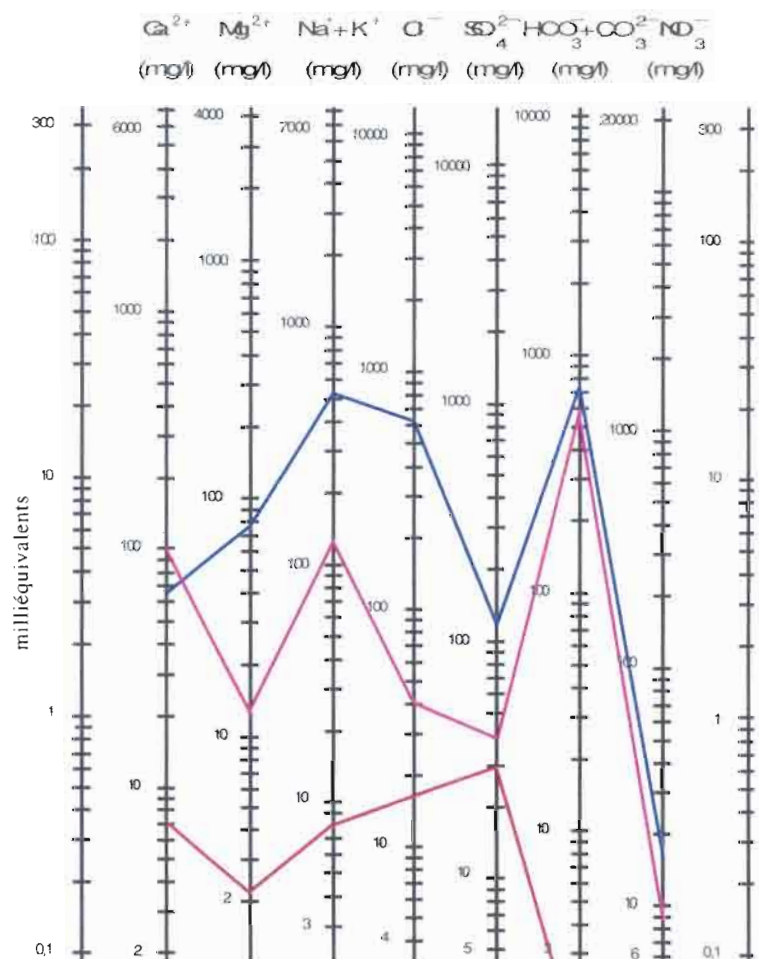


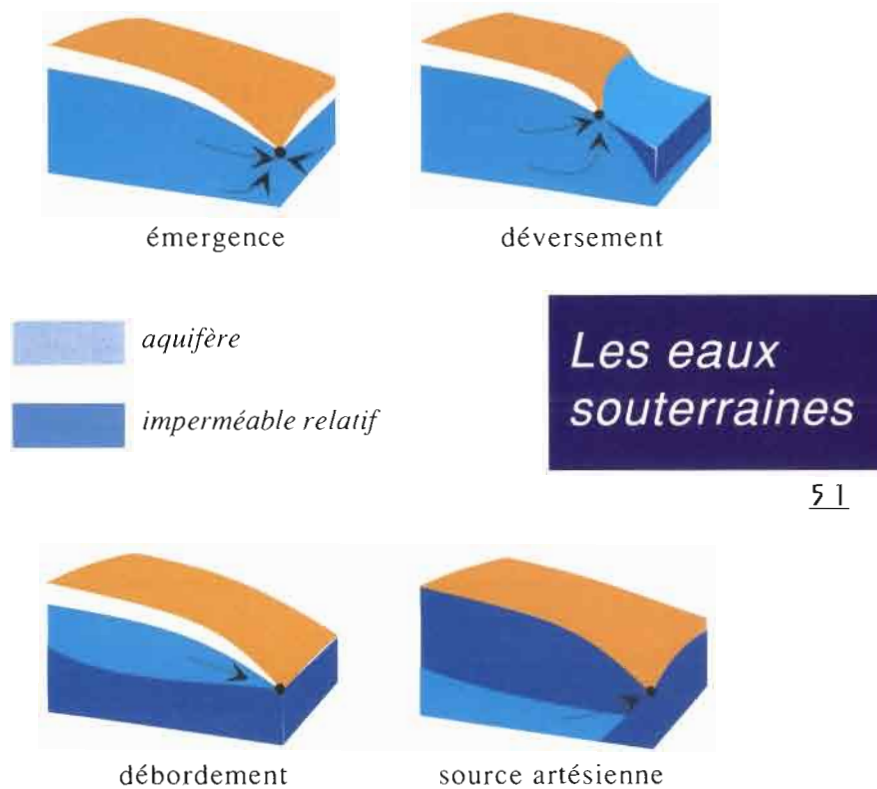
Diagramme d'analyses d'eau "Schoeller Berkloff".

Au cours de son trajet dans le sous-sol, les eaux dissolvent divers minéraux des roches avec lesquelles elles sont en contact prolongé. L'eau acquiert ainsi une minéralisation dont la nature et la quantité dépendent du trajet effectué, de la perméabilité des roches et de leur nature. La figure ci-contre montre différentes qualités chimiques de l'eau en fonction de son origine ; l'échantillon de la Rivière Rouge est le moins minéralisé, puis vient celui de la nappe de Grande-Terre à l'Écluse et enfin celui des nappes saumâtres à Saint-Martin où les teneurs en sodium, chlorure et sulfates sont particulièrement élevés.

Les aquifères sont des réservoirs qui fuient en permanence (J. Margat, 1980) et l'eau s'en échappe par des issues diversement localisées. Les plus visibles de ces exutoires sont les sources, points de sortie des eaux souterraines. Leurs formes et leurs débits sont très divers mais dépendent très généralement de l'origine de l'eau : résurgences, exurgences, émergences... et du mode d'apparition.

L'eau souterraine ne sort pas seulement des aquifères par les sources. Elle est aussi drainée de manière diffuse directement par les ruisseaux et les rivières avec lesquels la nappe est en contact ; leur débit en saison sèche provient alors essentiellement de cette contribution. Enfin les aquifères atteignant le littoral, très souvent en Guadeloupe comme dans toutes les îles de la Caraïbe, se vident directement dans la mer. L'eau douce, moins dense que l'eau salée (1 pour 1,025) flotte alors, au sein de l'aquifère, au-dessus de l'eau salée qui est aussi repoussée par le courant d'eau douce venant de l'amont ; on

parle alors de biseau salé avec présence d'un interface séparant les eaux douces des eaux salées ou saumâtres.



Différents types de sources (d'après J. Margat).

Cet équilibre est fragile et doit être étudié avec attention avant d'envisager de pomper l'eau douce située en amont, afin d'éviter une pollution de l'aquifère par l'eau salée. L'exemple de Beauport à Port-Louis est à ce titre significatif. La surexploitation des eaux de la nappe par les pompages de l'usine a provoqué localement la pénétration de l'eau salée rendant ainsi la nappe inexploitable.

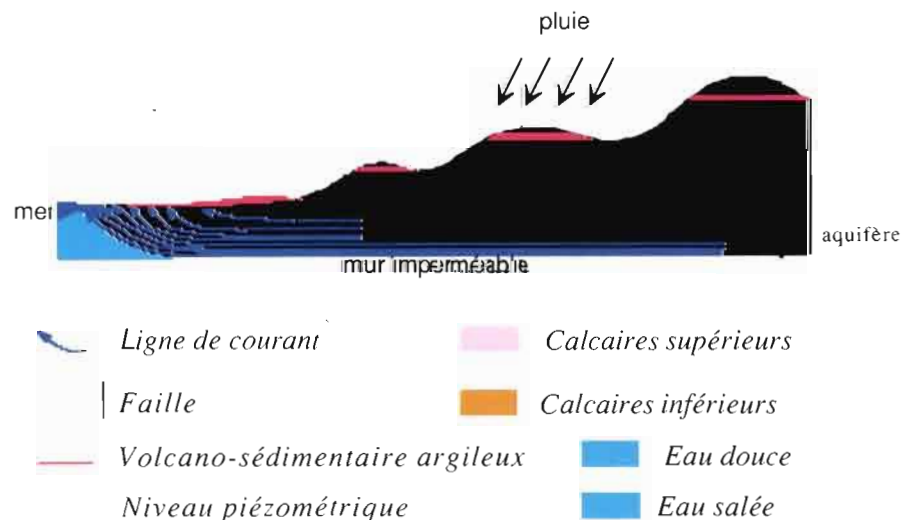


Schéma de l'allure d'une nappe du littoral.

## LES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE EN GUADELOUPE ET L'ÉTAT DE LA RECHERCHE DE RESSOURCES NOUVELLES

52

Certaines îles rattachées à l'arc externe, le plus ancien, sont partiellement ou totalement recouvertes de formations carbonatées, à relief généralement faible et n'ayant pas connu d'activité volcanique depuis le début du Néogène (environ - 20 millions d'années) : Marie-Galante, Grande-Terre, La Désirade, Saint-Martin et Saint-Barthélemy. Les autres îles de l'archipel appartiennent à l'arc récent volcanique (environ - 4 millions d'années) : la Basse-Terre et les Saintes.

Bien que certains aquifères aient fait l'objet d'exploitation ponctuelle remontant vraisemblablement au siècle dernier (nombreux puits creusés en Grande-Terre), la prospection hydrogéologique systématique débuta en Grande-Terre dans les années 1950 avec G. Lasserre et F. Ferrari.

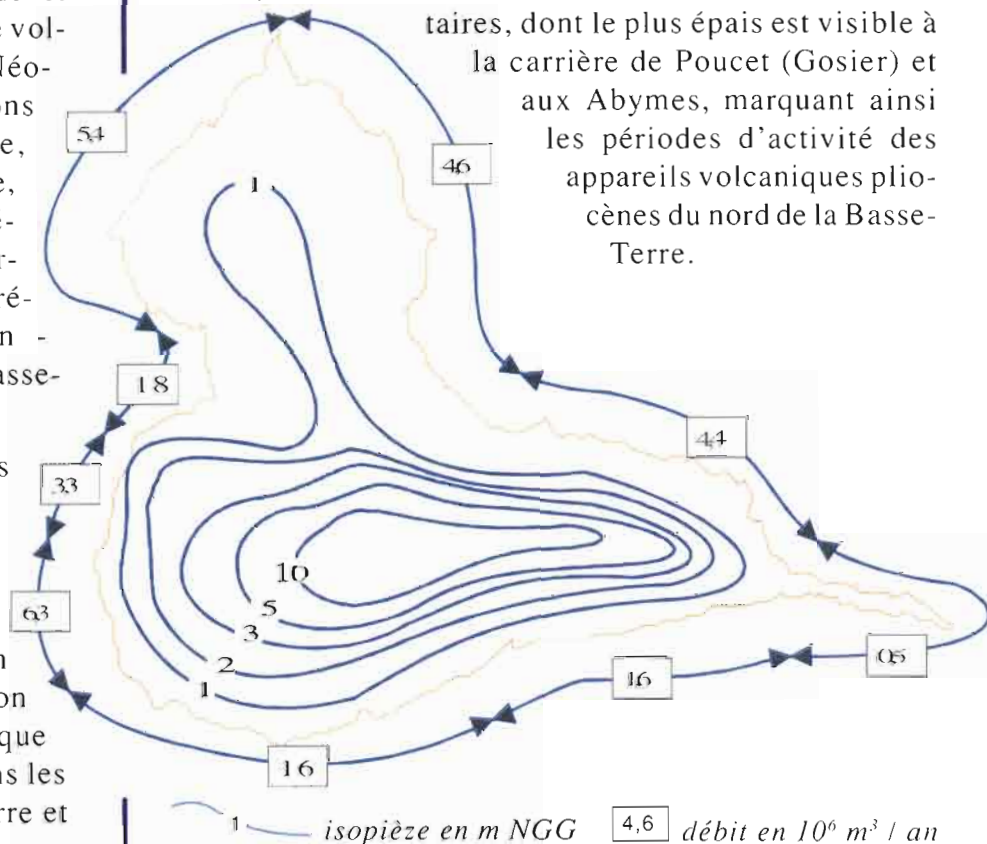
## LES AQUIFÈRES CONNUS EN GUADELOUPE

Les nappes d'eau souterraine contenues dans les formations carbonatées de la Grande-Terre et de Marie-Galante sont, en termes de ressources, aujourd'hui bien connues.

## LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE DE LA GRANDE-TERRE

Les travaux d'évaluation de la ressource en eau souterraine de la Grande-Terre sont principalement l'œuvre de P. Alie et de S. Cottez entre 1964 et 1972. Les résultats obtenus alors servirent à l'élaboration d'une carte hydrogéologique largement diffusée à l'époque et à la programmation de l'exploitation de la nappe.

La nappe d'eau souterraine de la Grande-Terre est contenue dans des calcaires plio-pléistocènes (- 4 millions d'années) recouvrant un socle volcanique non affleurant. Dans cette série carbonatée de plus de 100 m (coupe du forage de la Simonière à Sainte-Anne) s'intercalent des niveaux volcano-sédimentaires, dont le plus épais est visible à la carrière de Poucet (Gosier) et aux Abymes, marquant ainsi les périodes d'activité des appareils volcaniques pliocènes du nord de la Basse-Terre.



Carte des isopièzes et des écoulements vers la mer.

Après deux phases d'émersion, le jeu tectonique de soulèvement et de basculement vers l'ouest (F. Garrabe, 1983) entraîne la mise en place d'un réseau d'accidents qui débite la Grande-Terre en lui donnant son visage morphologique actuel composé de quatre grandes unités morpho-structurales : les plateaux du nord, la plaine de Grippon, les plateaux de l'est, la plaine des Abymes et les Grands-Fonds. Les études réalisées de 1969 à 1972 montrèrent une remarquable similitude entre celles-ci et les unités hydrogéologiques.

Les plateaux du nord : la nappe est contenue dans les calcaires supérieurs et en équilibre hydrostatique avec la mer. Le niveau piézométrique dans l'axe central se situe autour de +1 m NGG (Nivellement Géographique Général) et la tranche d'eau douce exploitable limitée à une cinquantaine de mètres.

La plaine de Grippon (charnière entre les Grands-Fonds et les plateaux du nord) témoigne d'une zone effondrée (graben) avec les calcaires supérieurs, aquifères reposant sur un niveau volcano-sédimentaire imperméable. Elle correspond à un axe d'écoulement préférentiel de la nappe d'eau de la Grande-Terre.

Les Grands-Fonds peuvent être comparés à un château d'eau pour l'aquifère de la Grande-Terre. Celui-ci est formé par les calcaires inférieurs faillés et le niveau piézométrique maximum se situe au-delà de +10 m NGG. Vers l'ouest, la nappe s'écoule, sous la plaine des Abymes, en direction de la mer. Les perméabilités et coefficients d'emmagasinement élevés en font une réserve en eau importante pour la Guadeloupe.

Les plateaux de l'est représentent le prolongement vers l'est des Grands-Fonds. L'aquifère est composé à l'ouest d'une ligne Sainte-Anne / Le Moule par les calcaires inférieurs et à l'est par les calcaires supérieurs. Dans cette dernière zone, l'aquifère est peu productif.

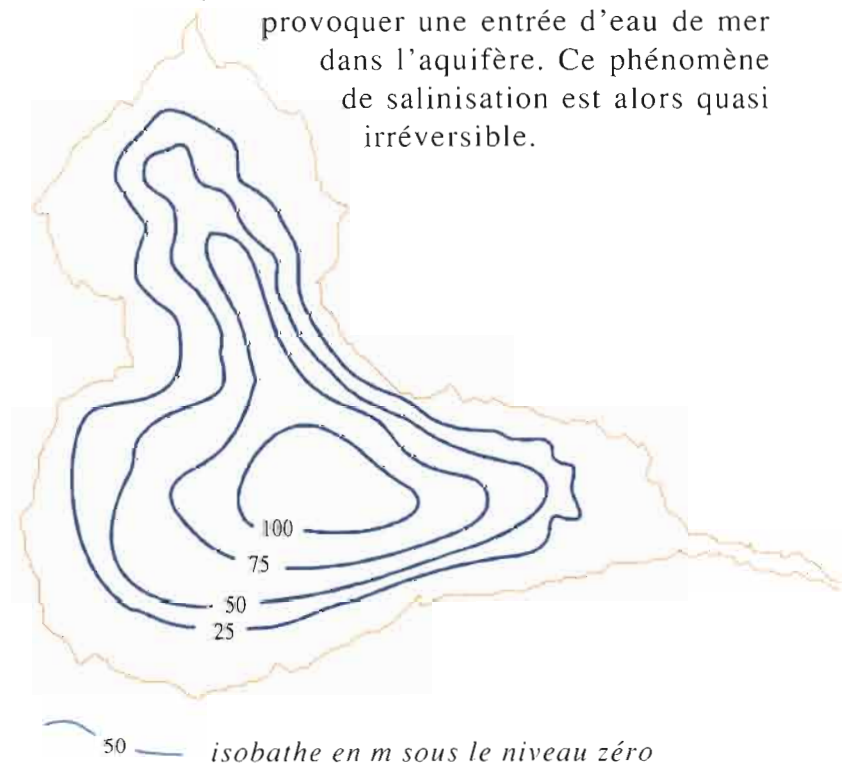
Le modèle de simulation des écoulements souterrains appliqué à l'aquifère de la Grande-Terre, en régime permanent, a permis de tester la cohérence des données hydrogéologiques en notre possession et d'établir un bilan des échanges avec la mer (60 mil-

lions de m<sup>3</sup> par an) dont l'essentiel se trouve à l'aval de la plaine de Grippon (18 millions de m<sup>3</sup> par an, soit plus du tiers du total). La côte ouest de Vieux-Bourg à Pointe-à-Pitre et la côte sud jusqu'à Bois-Jolan (Sainte-Anne) ont également un écoulement excédentaire par rapport à la moyenne de l'écoulement ramenée au kilomètre de côte (17 litres par seconde et par kilomètre). Partout ailleurs, l'écoulement est inférieur à cette moyenne, notamment à la pointe orientale de la Grande-Terre.

La nappe de Grande-Terre est exploitée par forages et fournit environ 4,5 millions de mètres cubes par an pour l'alimentation en eau potable. Comme indiqué sur la figure ci-après, ces forages sont situés sur le pourtour des Grands-Fonds, sur la partie centrale des plateaux du nord et sur les plateaux de l'est.

L'exploitation de la nappe pour la fourniture d'eau industrielle est maintenant abandonnée sur les deux principaux sites des usines de Gardel et de Beauport. Par contre, on observe un développement de petits forages à usage agricole pour alimenter les zones irriguées.

L'accroissement des prélèvements dans la nappe de Grande-Terre est possible. Ceux-ci représentent actuellement moins de 10 % du transit annuel. Toutefois, comme dans tout aquifère en bordure de mer, une exploitation des eaux souterraines mal menée, qui rabat trop fortement les niveaux d'eau, pourrait provoquer une entrée d'eau de mer dans l'aquifère. Ce phénomène de salinisation est alors quasi irréversible.



Carte des isobathes de l'interface eau douce / eau salée.

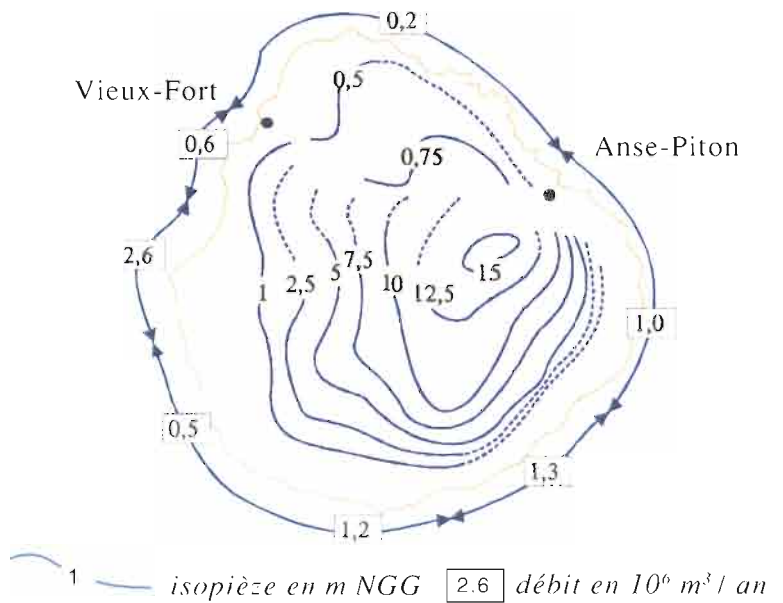
La préservation de la qualité de l'eau est possible à condition :

- d'acquérir les données nécessaires pour avoir une bonne connaissance de l'aquifère (géométrie, niveau d'eau et position de l'interface eau douce-eau salée ;

- de calculer et de prévoir l'influence des pompages sur les niveaux d'eau. On utilise dans ce but un modèle mathématique des écoulements souterrains qui permet d'optimiser les emplacements des forages et les débits d'exploitation et de vérifier que les contraintes concernant les niveaux de la nappe seront respectées.

54

sation de piézomètres et de forages d'exploitation ont permis d'acquérir les connaissances de base concernant la nappe de Marie-Galante.

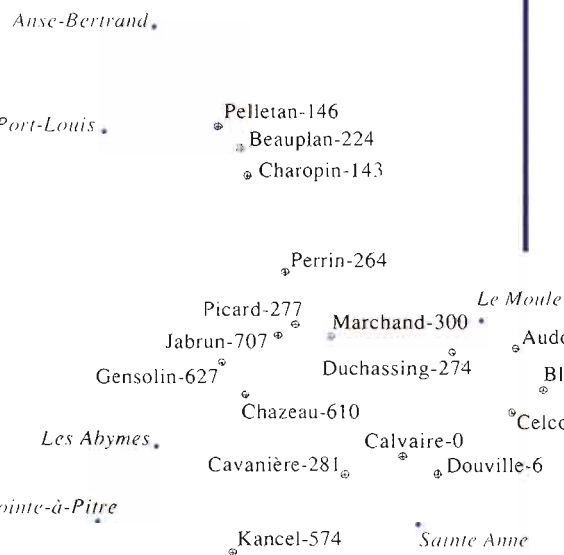


Carte des isopièzes et des écoulements vers la mer.

L'eau circule dans les calcaires récifaux plio-pléistocènes dans lesquels s'intercalent des niveaux d'argiles d'épaisseur variable. Une karstification existe, essentiellement limitée dans les parties hautes non saturées des formations carbonatées. Elle influence peu l'écoulement de la nappe mais facilite la collecte et l'infiltration des eaux pluviales.

L'examen de la carte piézométrique montre l'influence de la faille Anse-Piton / Vieux-Fort qui fonctionne comme une barrière hydraulique étanche entre le compartiment des Bas au nord, où le niveau piézométrique est peu élevé et la partie centrale où la nappe s'écoule d'un point haut situé au nord-est vers la mer. La rivière Saint-Louis constitue un axe drainant dans sa partie aval.

Les eaux souterraines assurent l'alimentation en eau potable de Marie-Galante. La dizaine de forages exploités produit 600 000 m<sup>3</sup> par an, soit moins de 10 % des apports à la nappe. Les forages sont plutôt situés dans la partie ouest de l'île où les calcaires sont plus perméables.



Exploitation de la nappe de la Grande-Terre (1991) - Points de prélèvement et volumes prélevés en milliers de m<sup>3</sup> par an.

## LA NAPPE DE MARIE-GALANTE

Les recherches en eau souterraine sur l'île de Marie-Galante ont débuté dans les années 1975-1976 avec en particulier une importante prospection géophysique. Puis en 1979-1981, la réali-

## LES EAUX SOUTERRAINES DE LA BASSE-TERRE

Actuellement, les eaux souterraines de la Basse-Terre ne sont captées qu'au niveau des sources (émergences naturelles des eaux souterraines) et il n'y a aucun



forage qui participe à la production d'eau sur cette île. Cette situation est due à une grande complexité géologique conjuguée à une connaissance encore insuffisante de l'hydrogéologie basse-terrienne.

Le comportement hydrogéologique des formations rencontrées peut être schématisé de la manière suivante :

Les andésites massives : ces roches ne présentent pas à l'origine de perméabilité d'interstices. La seule perméabilité qui puisse s'y développer est une perméabilité de fissures :

— fissuration dite primaire acquise par la lave lors de son refroidissement et/ou son écoulement sur un substratum froid. Elle confère souvent à la roche un débit en plaquettes d'épaisseur centimétrique ;

— fissuration dite secondaire qui se développe localement au sein de la roche lorsqu'elle est soumise à des contraintes tectoniques. La masse rocheuse se brise au niveau de plans de fracture et de fissures de toutes tailles au sein desquelles l'eau pourra circuler librement. L'état actuel de contraintes caractérise un régime distensif. Ce sont les fractures d'orientation est-ouest, comprises entre N45E et N135E, en ouverture et jouant le plus souvent, qui présentent les propriétés les plus intéressantes pour la prospection hydrogéologique. Ces caractéristiques seront recherchées lors d'études ponctuelles.

Des forages d'exploitation d'eau souterraine réalisés dans des formations identiques et dans des contextes géologiques équiva-

lents ont fourni en Martinique des débits de plusieurs dizaines de m<sup>3</sup> par heure. L'aquifère de la plaine du Lamentin fournit en première phase d'exploitation 5 000 m<sup>3</sup> par jour. L'objectif à terme est de 20 000 m<sup>3</sup> par jour. L'essentiel des sources captées en Basse-Terre est situé à la base ou au sommet de formations andésitiques.

Les scories et les ponces : bien qu'ayant une forte porosité, elles ne permettent pas généralement un transfert rapide de l'eau. Cependant, des niveaux plus grossiers peuvent être présents et jouer le rôle de drains, et renfermer une nappe d'eau (niveaux pyroclastiques de la montagne Pelée en Martinique où des débits de 50 m<sup>3</sup> par heure par ouvrage ont pu être tirés pour des rabattements de 2 à 3 m).

Les dépôts pliniens constitués d'éléments ponceux et d'éléments massifs arrachés aux parois de la cheminée volcanique présentent une granulométrie variée, des cendres aux lapilli avec parfois des bombes. La porosité de ces dépôts est due aux interstices. Les dépôts forment des aquifères d'épaisseur réduite. On trouve cette formation entre la Soufrière et Baillif.

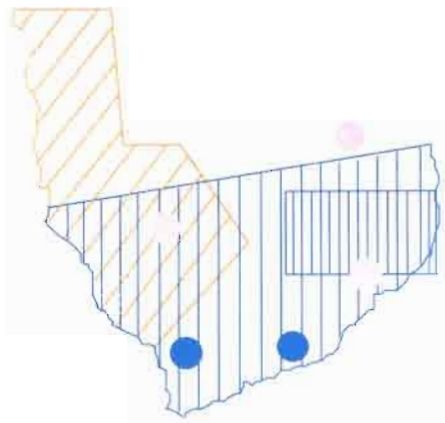
Les alternances de lapilli et ponces, et de coulées andésitiques massives qui forment la partie nord du massif de la Soufrière, peuvent constituer des aquifères de faible ou moyenne extension. Dans ce cas, les ponces forment la partie aquifère, et les andésites le substratum. Un certain nombre de conditions doivent être réunies : perméabilité et alimentation suffisantes des ponces.

Les alluvions des basses vallées peuvent être aquifères et constituer des ressources d'appoint comme dans la vallée de Lostau. Les alluvions sont très développées le long de la Grande Rivière à Goyaves et de ses principaux affluents. Ils peuvent aussi jouer le rôle de drains hydrauliques au sein de formations volcano-sédimentaires. Les dépôts volcano-sédimentaires détritiques très argilisés provenant du démantèlement de la chaîne volcanique septentrionale (massif de Baille-Argent) sont globalement très peu perméables.

Les principales zones reconnues et prospectées sont indiquées sur la figure suivante.

Dans le nord, des coulées massives de laves andésitiques ont été explorées par trois forages de reconnaissance de petit diamètre dont l'un à Cluny, peut fournir 6 m<sup>3</sup> par heure d'une eau faiblement

minéralisée. Les deux autres forages n'ont pas recoupé de formations aquifères intéressantes (faible perméabilité des terrains et salinisation élevée de l'eau).







56

Principales zones étudiées en Basse-Terre.

Les vallées de la Côte-sous-le-Vent renferment des aquifères mixtes, composés à la fois des alluvions de rivières et du substratum qui peut également participer à l'alimentation comme par exemple des tufs grossiers dans le cas de la basse-vallée de Lostau. Là, deux forages ont été réalisés. Les rabattements spécifiques (exprimés en hauteurs par débit) sont de l'ordre de 0,3 à 0,6 m<sup>2</sup> h. Une production de 50 m<sup>3</sup> par heure environ est envisageable. L'eau peu minéralisée présente un faciès carbonaté magnésien et répond aux normes de potabilité sur les éléments majeurs. À Baillif, un forage de reconnaissance dans des formations volcaniques a également montré l'exploitabilité de la nappe.

Le secteur de la plaine du nord-est de la Basse-Terre correspond

à la retombée orientale de la moitié nord de la chaîne volcanique centrale de Basse-Terre. Il s'agit essentiellement d'une vaste plaine remplie par les produits d'érosion de cette chaîne, venus s'accumuler entre les reliefs volcaniques de l'ouest et le relief calcaire ancien de la Grande-Terre à l'est. Les bilans hydrologiques font apparaître une infiltration notable.

-  zones d'étude sur le potentiel en eau souterraine zones prospectées par géophysique électrique avec des forages de reconnaissance
-  zones d'étude par télédétection
-  zones de recherche d'eau souterraine dans les aquifères d'altitude
-  zones prospectées par émanométrie du radon

Étude hydrogéologique intéressant l'ensemble de la Basse-Terre :

— états de contraintes actuels et récents (par télédétection)

— utilisation de l'imagerie satellitaire SPOT pour la prospection hydrogéologique en milieu fissuré volcanique .

La prospection géophysique par 160 sondages électriques environ a précisé l'épaisseur des formations détritiques mais n'a pas permis de détecter au sein de celles-ci des zones alluvionnaires épaisses et non altérées susceptibles d'être aquifères. Cependant, à Jarry, un forage a recoupé, sous une centaine de mètres de calcaires, des niveaux andésitiques renfermant de l'eau douce à une pression suffisante pour que le forage soit artésien. Cela constitue la preuve de l'existence d'une nappe à l'amont.

Plus récemment, les recherches en eau souterraine se sont orientées vers des sites associant une zone d'alimentation amont et une zone de captage aval ayant certaines caractéristiques. Sur la zone amont, on recherche les conditions qui sont susceptibles de maximiser les apports à la nappe : altitude maximale pour se situer en secteur bien arrosé, extension horizontale suffisante pour augmenter la surface du bassin versant, des conditions d'infiltration favorisées par une altération réduite, surtout en surface. Une moindre densité de drainage permet de repérer les secteurs où l'infiltration prend plus d'importance que le ruissellement. La zone de captage se situera à l'aval de la première et sera suffisamment épaisse pour recevoir un forage de quelques dizaines de mètres.

## LES EAUX SOUTERRAINES DE SAINT-MARTIN

La géologie de l'île de Saint-Martin est caractérisée par trois types principaux de formations :

- des formations sédimentaires ou volcano-sédimentaires ;
- des formations volcaniques effusives et explosives ;
- des roches intrusives d'âge tardif qui recoupent la plupart des séries volcaniques et sédimentaires.

L'ensemble de ces terrains est recoupé par une fracturation dominante nord-est/sud-ouest avec des directions conjuguées nord-est/sud-est. Par ailleurs, une deuxième famille d'accidents de directions nord-sud et est-ouest conjuguées est également apparente.

À Saint-Martin, les eaux souterraines ont d'abord été exploitées par 40 à 50 puits traditionnels, implantés pour la plupart sur la périphérie de l'île. De petits forages complètent cet équipement. Ces ouvrages captent principalement des eaux saumâtres. Le seul forage participant à l'alimentation en eau potable est le forage de Cripple-Gate qui fournit de 40 à 240 m<sup>3</sup> par jour selon la saison.

Récemment, avec l'amélioration des connaissances géologiques de l'île, les recherches ont été orientées vers de nouvelles zones où la perméabilité est *a priori* plus importante : le long des zones faillées et dans les formations sédimentaires et fissurées. Ainsi, deux forages viennent d'être réalisés dans un milieu fissuré (andésite). Ils ont été im-

plantés, en partie, à l'aide d'une prospection par émanométrie du radon dans les gaz du sol. Ils peuvent produire une centaine de mètres cube par jour.

## LES EAUX SOUTERRAINES À SAINT-BARTHÉLEMY

L'île de Saint-Barthélemy, longue de 10 km et large de 5 km, a une ossature qui résulte d'événements volcaniques sous-marins et de dépôts calcaires intercalés durant une période comprise entre 48 et 45 millions d'années. Ensuite, une période de soulèvement et de basculement vers le sud provoque l'émersion et l'érosion de la partie septentrionale de l'île. Lors d'une deuxième phase, de petites intrusions massives se mettent en place le long des axes tectoniques nord-ouest/sud-est et nord-est/sud-ouest.

*Les eaux  
souterraines*

57

La superficie réduite de Saint-Barthélemy n'autorise pas la présence d'aquifères importants. Seuls, quelques petits ouvrages en fond de vallée sont envisageables. Une campagne de forages aurait été réalisée dans les années 1970. À notre connaissance, aucun résultat positif n'a été obtenu. Des puits existent en fond de vallée et le long du littoral dans des formations alluvionnaires et sableuses.

## LES EAUX SOUTERRAINES DE LA DÉSIRADE

La Désirade est une île tabulaire de 11 km de long sur 2 km de large. Elle est essentiellement occupée par un plateau calcaire, s'élevant jusqu'à 275 m d'altitude. Sous le calcaire se trouvent des roches éruptives d'âge mésozoïque (plus de 65 millions d'années).

Les eaux souterraines se manifestent par une dizaine de sources qui émergent souvent au niveau d'une zone faillée et au contact de deux formations géologiques présentant un contraste de perméabilité. Certaines de ces sources étaient encore exploitées récemment avant l'alimentation par une conduite sous-marine apportant l'eau depuis la Grande-Terre. Le captage de deux sources à Baie-Mahault, au nord de l'île, a permis de fournir 80 m<sup>3</sup> par jour. Plus récemment, après le passage de l'ouragan Hugo, la source de la ravine Rivière a été captée pour pallier, en partie, la destruction de l'usine de dessalement. Sur la côte sud-est, quelques puits traditionnels permettent d'exploiter les eaux saumâtres de la nappe côtière.

## LES SAINTES

La superficie peu importante des Saintes ne laisse pas augurer de ressources exploitables en eau souterraine. Cependant des reconnaissances mécaniques sont effectuées dans la cuvette autour de Petite-Anse à Terre-de-Bas. Les reconnaissances ont montré l'existence d'importantes formations alluvionnaires argilisées quasiment imperméables.

58



*Fumerolle sur la soufrière en 1979.*

## LA MODÉLISATION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE

### Pourquoi modéliser ?

La modélisation répond à un certain nombre de questions types qui se posent couramment en hydrogéologie :

- Y-a-t-il un risque d'obtenir de l'eau salée par pompage près de la mer ?
- Quelle sera l'influence d'un pompage sur des ouvrages voisins ?

- Quel débit peut-on prélever dans un aquifère sans dépasser un rabattement donné ?
- Combien de temps une pollution mettrait-elle pour atteindre un captage d'eau potable ou une rivière ? Quelle en serait la concentration ?

Cependant, il n'existe pas de formules directement applicables pour résoudre les problèmes exposés ci-dessus, quand un aquifère a une forme géométrique non régulière, n'est pas homogène ou a une extension indéfinie.

Les équations qui régissent l'écoulement de l'eau dans une nappe sont connues. Avec un modèle mathématique on cherche à représenter le mieux possible, à l'aide de ces équations, la réalité physique de l'aquifère : géométrie, paramètres hydrodynamiques, conditions aux limites (limite imperméable ou à niveau d'eau constant), conditions d'alimentation par les pluies.

## LA PROSPECTION DES EAUX SOUTERRAINES

L'hydrogéologue est un sourcier moderne, sans baguette, mais avec de nombreux autres outils très variés.

Sa première démarche lorsqu'il lui faut déterminer s'il existe de l'eau souterraine exploitable dans un secteur donné est purement géologique car le ou les réservoirs qu'il recherche sont constitués de roches. Il lui faut donc déterminer, à partir des renseignements dont il dispose (carte géologique, photographies aériennes ou imagerie satellitaire, résultats des sondages qui ont déjà été réalisés dans le même secteur, etc) mais aussi et surtout en allant "observer" le terrain, quelles sont les roches qui le composent, leurs limites en surface et en profondeur, et enfin quelle est leur aptitude à renfermer de l'eau souterraine.

Il dispose pour ce faire, outre les facultés d'observation des roches en surface, d'outils divers mis au point sur le terrain ou dans les laboratoires de recherche. Il peut ainsi appréhender la géométrie des terrains en profondeur au moyen de méthodes géophysiques qui consistent à déterminer la nature du sous-sol en mesurant la vitesse de propagation des ondes sismiques ou du courant électrique par exemple.

Lorsqu'il lui faut localiser très précisément (à quelques mètres près), comme c'est souvent le cas en Guadeloupe, les zones les plus fissurées, donc les plus

perméables et riches en eau d'un massif rocheux, l'emploi de méthodes particulières est nécessaire. Les photographies aériennes ou l'imagerie satellitaire permettent de "prendre de l'altitude" et de localiser les zones de fractures mais rarement de savoir si elles sont le siège de circulations d'eau. Une méthode nouvelle qui découle directement des recherches les plus récentes, la prospection du radon dans les gaz du sol (ou émanométrie du radon) est alors particulièrement adaptée. Elle consiste à mesurer dans les premiers décimètres du sol l'activité volumique du radon, gaz produit par la désintégration des minéraux radioactifs, à durée de vie très courte ; il peut donc être décelé à proximité de la surface du sol. Les taux d'activité très faibles nécessitent des méthodes particulières de mesure. Si le radon a été transporté rapidement par de l'eau souterraine, une activité élevée constitue, de ce fait, un indice favorable de la circulation rapide d'eaux et donc d'une bonne perméabilité des terrains sous-jacents. Les prospections radon menées à Saint-Martin ont ainsi permis d'implanter deux forages susceptibles de débiter une centaine de mètres cube par jour. D'autres investigations de ce type ont été réalisées dans des contextes similaires en Martinique. En Guadeloupe, cinq autres secteurs sont en cours d'étude.

La mise en œuvre de toutes ces méthodes n'a qu'un seul but ; diminuer au minimum le risque d'échec des forages qui seront réalisés si des conditions favorables à l'exploitation des eaux souterraines ont été décelées. Le forage constitue en effet l'opération la plus coûteuse d'une recherche d'eau souterraine.

La réalisation de forages de reconnaissance, en petit diamètre donc moins coûteux que les forages ou puits d'exploitation qui seront réalisés ultérieurement, permet de valider les hypothèses concernant la nature géologique du sous-sol, mais aussi, surtout, de mesurer la perméabilité de l'aquifère en réalisant des pompages d'essai et de déterminer la qualité de l'eau prélevée.

Ces sondages sont équipés de dispositifs pour la mesure des variations naturelles du niveau de l'eau dans la nappe. Ces mesures permettront d'évaluer la ressource en eau souterraine disponible, c'est-à-dire exploitable sur plusieurs années sans risquer de tarir la nappe. En effet, il ne faut pas confondre capacité productrice d'un ouvrage de captage qui dépend seulement des conditions de perméabilité dans son environnement immédiat et de la qualité du forage, et capacité de la nappe qui est tributaire en particulier de son alimentation à partir des pluies.

*Les eaux  
souterraines*

59

## L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

### Captage par forages

Muni des paramètres chiffrés issus de ces reconnaissances, l'hydrogéologue est en mesure de calculer les caractéristiques des ouvrages de captage qui donneront à l'utilisateur, au meilleur coût et avec la meilleure sécurité de fonctionnement, le débit souhaité. En Guadeloupe, et à l'heure actuelle, ce sont généralement des forages qui sont réalisés. Leur diamètre excède rarement une cinquantaine de centimètres. Quand les conditions le justifient, il est également possible de réaliser des puits de gros diamètre ou même des galeries visitables, en pente douce, qui vont prélever de manière gravitaire l'eau des aquifères situés en altitude.

### Pompage solaire

Parfaitement adapté aux besoins d'alimentation en eau de faibles volumes (quelques dizaines de m<sup>3</sup> par jour), le pompage solaire est une solution bien maîtrisée en Guadeloupe. Actuellement une dizaine de pompes solaires alimentent des points d'eau sur la commune de Port-Louis et à Marie-Galante pour l'abreuvement du bétail.

Ces pompes sont généralement installées sur des forages (jusqu'à 100 m de profondeur). Contrairement à

d'autres solutions (prélèvement par seau dans les puits...), cette technique évite de souiller l'eau prélevée. Leur fonctionnement est entièrement automatique sans recours à des accumulateurs : le pompage se fait au rythme du soleil, du lever du jour au crépuscule. L'eau est généralement stockée dans un réservoir tampon.

Le coût d'une installation-type (pompe de 3 m<sup>3</sup> par heure à 20 m de HMT délivrant 20 m<sup>3</sup> par jour) est d'environ 150 000 F en 1992 .

60 L'entretien est minime, nécessitant seulement une visite de quelques heures, une ou deux fois par an.

## LES AVANTAGES DE L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

Par rapport aux prises d'eau de surface, le captage des eaux souterraines présente un certain nombre d'avantages pour l'approvisionnement en eau. Les nappes d'eau souterraine occupent, par rapport aux cours d'eau, des étendues plus vastes qui facilitent leur captage à proximité immédiate des lieux d'utilisation. Leur exploitation est donc particulièrement adaptée pour satisfaire les demandes dispersées (communes rurales, exploitations agricoles et industrielles, particuliers, etc). Ce procédé ne nécessite pas la mise en place de conduites d'adduction longues qui sont particulièrement vulnérables aux aléas naturels (séismes, glissements de terrain...).

Les ouvrages de captage eux-même (puits, forages...) sont

beaucoup moins sensibles aux effets de cyclones ou de pluies cycloniques (crue, augmentation de la turbidité des cours d'eau...) et peuvent donc délivrer une eau de qualité, même en période de crise. Les distributeurs d'eau, tant en Guadeloupe qu'en Martinique, se préoccupent de ce problème et conçoivent des réseaux maillés d'adduction d'eau potable qui s'appuient à la fois sur les ressources en eau de surface et les réserves d'eau souterraine.

Beaucoup moins sujettes aux aléas climatiques que les eaux superficielles, grâce au volume et à l'inertie des réserves des aquifères, les nappes souterraines offrent des ressources permanentes au risque de défaillance très faible, même en cas de carême prolongé. Il faudrait en effet plusieurs années sans recharge pour qu'une nappe tarisse.

La qualité des eaux prélevées est supérieure à celle des eaux de surface et ne nécessite que peu de traitements, parfois aucun, pour la production d'eau potable. Leurs caractéristiques sont stables. Leur vitesse d'écoulement, faible par rapport à celle des eaux de surface, laisse un temps de réaction beaucoup plus important pour intervenir en cas de pollution accidentelle à proximité des captages. Ces eaux demandent cependant de l'énergie pour être extraites du sol par pompage (énergies électrique, thermique ou solaire) et nécessitent de voir les roches qui les abritent protégées des pollutions pour préserver leur qualité. ■

# L'EAU ET LES RISQUES NATURELS

61

Marc Morell  
Charly Paulin  
Vincent Fétit  
Christine Micheneau  
Nathalie Eleuse  
Charles Mandar

**L**a charte européenne de l'eau proclamée par le Conseil de l'Europe en mai 1968 déclare dans son premier article : "il n'y pas de vie sans eau. C'est un bien précieux indispensable à toutes les activités humaines". Toutefois cette déclaration, qui fait l'unanimité, ne doit pas faire oublier que, dans certains cas, l'eau constitue un risque menaçant la vie des hommes, soit par ses excès soit par la diminution de ses ressources. Les exemples d'inondations ou de sécheresses ne manquent pas à travers le monde et la Guadeloupe n'en est pas exempte.

La Guadeloupe est particulièrement soumise à des risques naturels multiples dont les manifestations les plus récentes ont été :

- l'éruption phréatique de la Soufrière en 1976 aux lourdes conséquences socio-économiques ;
- la secousse tellurique de mars 1985, sans gravité ;
- et le cyclone Hugo, dernier en date en septembre 1989, avec son cortège de désolations.

Plus fréquentes, les crues et les inondations constituent un risque naturel causant des dégâts souvent importants et parfois mort d'homme. Il convient d'analyser les conditions de formation et les caractéristiques des crues dévastatrices, afin d'en maîtriser les effets. Ces études sont nécessaires au dimensionnement des ouvrages de franchissement, de protection ou de stockage, et à la cartographie des zones inondables.

De même, un risque qu'il ne faut pas négliger est l'apparition de sécheresses qui ont des conséquences dommageables sur la productivité et la qualité des

récoltes agricoles, sur l'élevage et parfois sur l'alimentation en eau potable des populations.

Au delà, les mouvements de terrains, les coulées de boues et de débris, les embâcles, la liquéfaction et les éruptions phréatiques sont des phénomènes liés directement ou indirectement à l'eau.

## Ouragans, crues et inondations

62

De nombreuses crues et inondations remarquables ont été recensées depuis le XVII<sup>e</sup> siècle. Plus récemment, à partir du début du XX<sup>e</sup> siècle, des données précises sont collectées sur les précipitations. Depuis plus de vingt cinq années, le suivi continu de la plupart des rivières et ravines a permis de collecter une information conséquente sur les régimes hydrologiques des cours d'eau guadeloupéens.

Il est donc possible aujourd'hui de conduire une analyse des événements hydrologiques paroxysmiques qui ont touché la Guadeloupe au cours de ces dernières décennies : ouragans, crues et inondations exceptionnelles.

On remarquera que les ouragans de 1928, du 11 août 1915, du 22 août 1964 (Cleo), du 27 septembre 1966 (Ines), du 29 août 1979 (David) et même celui du 17 septembre 1989 (Hugo), n'ont pas été accompagnés de crues très fortes ou d'inondations catastrophiques, alors que certains événements pluviométriques de courte durée (quelques heures), souvent engendrés par des perturbations stationnaires particulièrement intenses, ont provoqué

des crues et des inondations importantes en 1966, en 1981 ou en 1986.

Le tableau suivant présente l'historique des crues et inondations observées en Guadeloupe.

### Liste des événements accompagnés de crues et d'inondations

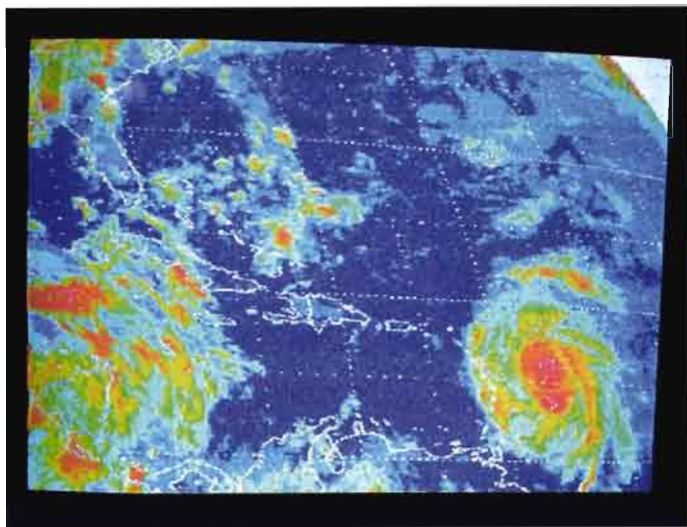
Dates	Localisation	Observations
23/09/1906	Pointe-à-Pitre	inondations bas quartiers
22/04/1927	La Basse-Terre	fortes précipitations et crues
10 /1927	Côte-sous-le-Vent	fortes précipitations et crues
12/09/1928	Guadeloupe	fortes précipitations, peu d'inondation
10/1949	Guadeloupe	fortes précipitations, liées à des dépressions statiques
29/07/1951	La Basse-Terre	fortes précipitations, sur les sommets de la Basse-Terre
12/08/1956	La Basse-Terre	Betsy, fortes précipitations
27/10/1963	La Basse-Terre	Héléna, précipitations exceptionnelles, fortes crues
06/07/1966	Guadeloupe	très fortes précipitations
27/09/1966	Guadeloupe	Ines, fortes précipitations, fortes crues
29/08/1979	Guadeloupe	David, fortes précipitations, forts volumes crues
07/09/1981	La Basse-Terre	fortes précipitations, fortes crues
02/05/1981	La Grande-Terre	inondations dans la région de Sainte-Anne
16/11/1986	La Basse-Terre	très fortes précipitations et crues au vent
17/09/1989	Guadeloupe	Hugo, fortes précipitations, faibles crues
09/10/1990	Pointe-à-Pitre	fortes précipitations et inondations

## LES OURAGANS

Un ouragan se présente sous la forme d'un amas quasi circulaire de nuages, dont le diamètre est de quelques centaines de kilomètres, animé d'un mouvement tourbillonnaire dans le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord.

Les nuages qui le constituent forment une masse compacte s'élevant à plus de 15 000 m, s'enroulant autour du centre de rotation : l'œil de l'ouragan, zone calme de basse pression d'un diamètre d'une quarantaine de kilomètres.





### Pluviométrie relevée lors du passage des trois derniers ouragans

	Grande-Terre	Basse-Terre
Ines 27/9/66	100 à 200 mm	100 à 300 mm
David 29/8/79	100 à 200 mm	135 à 460 mm
Hugo 16-17/9/89	150 à 300 mm	80 à 350 mm

## Ouragans, crues et inondations

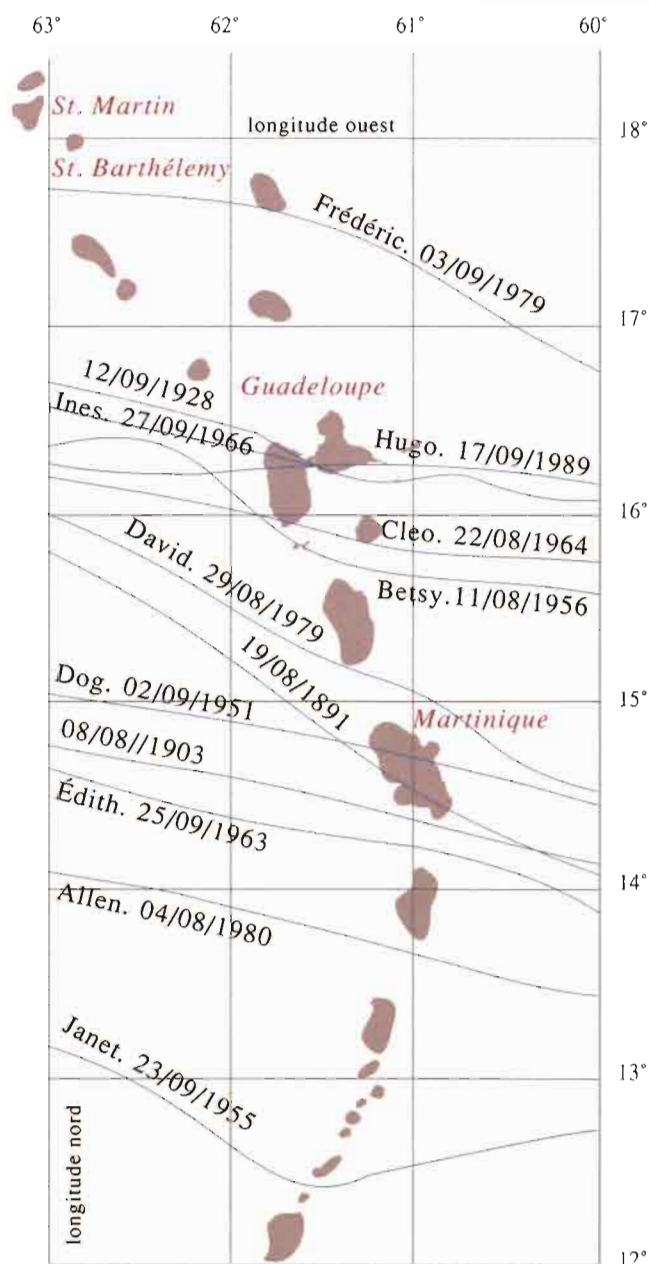
Image satellitaire de l'ouragan Hugo.

Les cyclones qui intéressent l'arc des Petites Antilles naissent au large des îles du Cap-Vert sous forme de dépressions tropicales. Lorsque celles-ci rencontrent des conditions favorables, elles se renforcent, pour évoluer en tempêtes lorsque la vitesse des vents dépasse 63 km/h puis en ouragans, au-dessus de 119 km/h.

Les phénomènes cycloniques traversent l'Atlantique nord en moins d'une semaine, avec une vitesse moyenne de l'ordre de 10 nœuds (environ 18 km/h), suivant une trajectoire est-ouest, qui dévie généralement vers le nord-ouest à l'approche de la Caraïbe.

Le passage des ouragans s'accompagne de rafales de vent extrêmement violentes (estimées à plus de 260 km/h pour Hugo pour une pression minimale enregistrée de 941 hPa), de marée de tempête pouvant dépasser 3 mètres et d'une très forte houle. À ces effets souvent dévastateurs s'ajoutent ceux de la pluie.

Le tableau suivant donne les précipitations relevées au cours du passage des trois derniers ouragans ayant intéressé la Guadeloupe : Ines, David et Hugo.



Trajectoire des ouragans dans les Petites Antilles (1891-1989).

On a constaté que les précipitations étaient plus fortes au vent de la chaîne montagneuse lorsque l'ouragan passait au nord de celle-ci (cas de Hugo) et sous le vent lorsque il passait au sud (cas de David).

L'ouragan Hugo a été qualifié de "cyclone sec". Cependant, si des intensités de précipitation exceptionnelles sur de courtes durées n'ont pas été relevées, les précipitations en 2 jours avaient tout de même atteint 200 à 300 mm sur la trajectoire de l'œil.

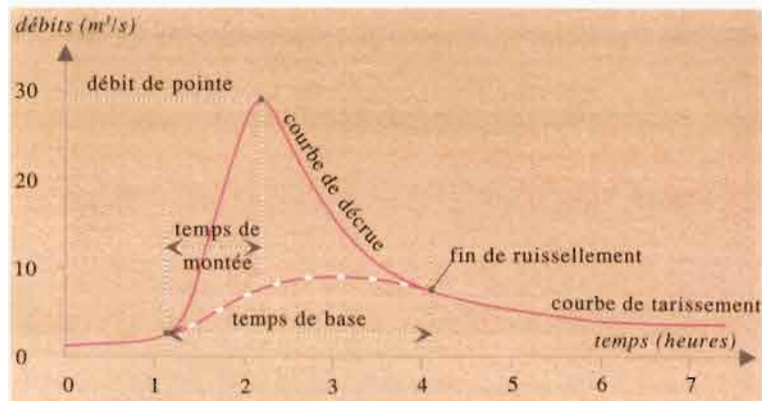
64

Certes, celles-ci n'ont pas provoqué d'inondations exceptionnelles car les sols en Grande-Terre n'étaient pas préalablement saturés : on totalise seulement quelques 5 à 10 mm de pluie sur les 3 jours qui précèdent le passage de l'ouragan.

*Le passage de l'ouragan Hugo en Guadeloupe.*

## LES CRUES ET INONDATIONS

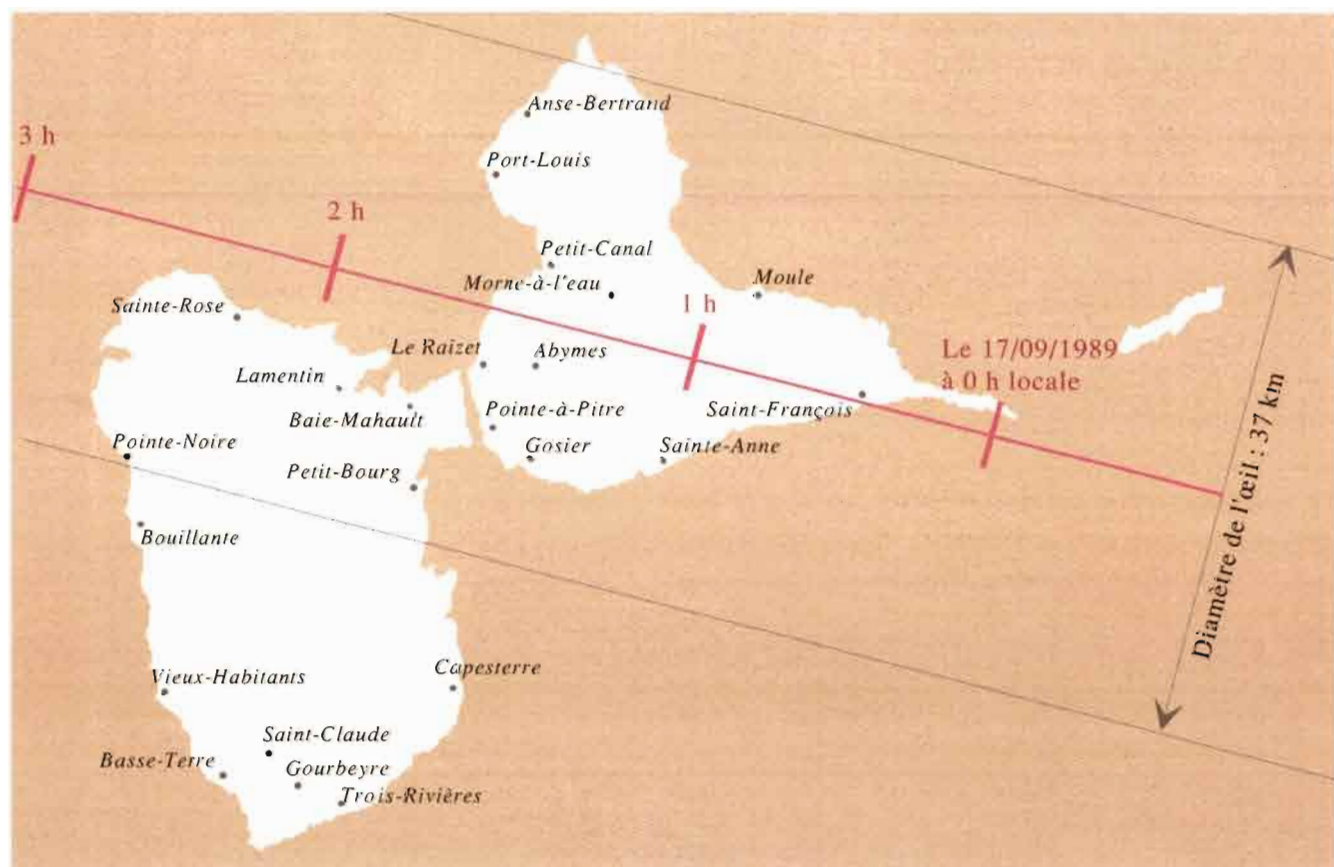
La notion de crue est liée à celle d'écoulement rapide d'importantes quantités d'eau dans les cours d'eau naturels ou dans les canalisations et canaux de drainage en zone urbanisée.



*Hydrogramme de crue.*

Les caractéristiques d'une crue s'expriment par :

- le débit de pointe (débit maximal atteint) ;
- les paramètres de forme de l'hydrogramme que sont le rapport du débit de pointe au débit moyen de la crue et les temps caractéristiques (temps de montée, temps de base) ;
- le volume d'eau écoulee auquel on associe un coefficient de ruissellement (rapport du volume d'eau écoulee au volume d'eau précipitée sur le bassin versant).





*Le canal des Saintes : passage d'une dépression tropicale.*

Les inondations apparaissent lorsque les cours d'eau gonflent au point de déborder de leurs lits pour envahir des zones généralement de faible pente (cours aval des rivières de la Basse-Terre, bas-fonds de Grande-Terre).

En zone urbaine, les inondations intéressent le plus souvent les quartiers les plus bas, aux réseaux d'évacuation pluviale mal entretenus, sous-dimensionnés, ou de trop faible pente pour évacuer rapidement les quantités d'eau qui leur parviennent. Les inondations sont souvent provoquées par des embâcles (encombrement de matériaux) se formant au niveau des ouvrages de franchissement (ponts, radiers...). On caractérise l'ampleur d'une inondation par la hauteur d'eau maximale du plan d'eau atteinte au cours de l'événement dans une zone donnée.

En Guadeloupe, les très fortes crues et les inondations s'observent lorsque les précipitations sont intenses sur des durées courtes, inférieures à la journée. En

effet, compte tenu de la faible superficie des bassins versants (de quelques kilomètres carrés à quelques dizaines), l'importance des débits de pointe des crues est fonction des hauteurs d'eau précipitées au cours de durées inférieures aux temps de concentration des bassins (temps du plus long parcours de ruissellement de l'eau sur le sol) qui dépassent rarement quelques heures. De même, les durées de vidange des zones inondées dépassent rarement la journée.

## Ouragans, crues et inondations

En Basse-Terre, où les bassins versants sont pentus, les crues sont fréquentes et s'écoulent rapidement, souvent très chargées en boues et en débris végétaux. Elles se traduisent par une aug-

65

mentation forte et soudaine des débits des cours d'eau. Les temps de concentration des bassins versants étant très courts, les débits peuvent passer de 1 à 400 m<sup>3</sup>/s en moins d'une heure.



*Inondation à Pointe-à-Pitre.*

En Grande-Terre, les bassins versants sont de faible pente. Les écoulements n'apparaissent que lorsque des pluies préalables ont saturé les sols. Les écoulements sont lents, mais constituent d'importants volumes d'eau inondant les zones basses mal drainées.

Sur les petites îles, les crues sont générées par des précipitations intenses sur des durées le plus souvent inférieures à la demi-heure.

Quelques exemples permettent de souligner que si, généralement, les fortes crues apparaissent en saison pluvieuse, il n'est pas exclu d'assister à des phénomènes extrêmes en toute saison :

— sur le Bras-David, le débit maximum instantané, 547 m<sup>3</sup>/s, a été observé le 16 novembre 1986, engendré par une dépression stationnaire sur le flanc au vent de la chaîne montagneuse. Cependant, en février 1982, mois de “carême”, un débit instantané très important de 453 m<sup>3</sup>/s a été relevé ;

— le bassin versant de la ravine Gachet a une forte probabilité de voir ses crues maximales apparaître à partir du mois d’août, c’est pourtant le 17 juillet 1979 que le débit de pointe a atteint la valeur maximale observée sur la période 1974-1990 (60,5 m<sup>3</sup>/s).

Aucune technique ne permet actuellement de prévoir le caractère exceptionnel d’une averse isolée. Encore est-il plus délicat de prévoir que telle ou telle région sera affectée par une crue. Toutefois, les études hydrologiques ont permis la prédétermination des crues de fréquence rare, c’est-à-dire l’estimation des débits de pointe de faible occurrence. Les méthodes utilisées sont basées sur la statistique, sur l’utilisation de modèles numériques évaluant les débits à partir des données de pluie, ou sur l’application de formules faisant intervenir le temps de concentration du bassin, le coefficient de ruissellement (rapport du volume d’eau précipitée au volume d’eau ruisselée) et l’intensité de précipitation.

Les débits de pointe des cours d’eau de la Basse-Terre sont essentiellement fonction de la pente des bassins versants (pour une même gamme de superficie).

Selon la pente des bassins versants, les débits spécifiques des crues annuelles varient de 3 à 6

m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, et de 6 à 12 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour les crues décennales. Les valeurs des débits de pointe dépendent indirectement de la pluviométrie annuelle moyenne sur les bassins versants.

En Grande-Terre, les débits de pointe (de l’ordre de quelques m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour les crues centennales) sont bien plus faibles qu’en Basse-Terre et varient selon les caractéristiques géomorphologiques des bassins.

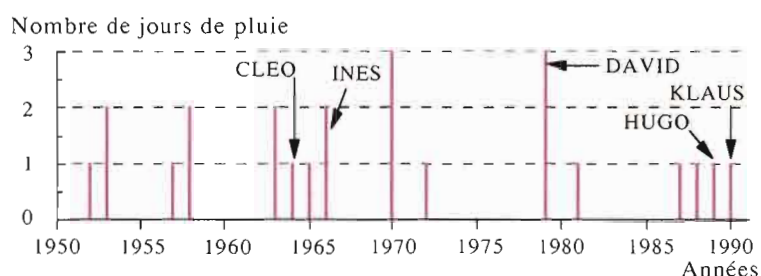
Il convient d’analyser précisément les précipitations qui génèrent les plus fortes crues et inondations.

## Les fortes précipitations

Les fortes précipitations sont dues à des perturbations atmosphériques de grande échelle telles que fronts froids, ondes d’est, cyclones, ou à des phénomènes thermoconvectifs localisés (orages ou cellules stationnaires), éventuellement amplifiés par l’effet orographique. Les perturbations atmosphériques de grande étendue sont rares et s’établissent en moyenne à une dizaine par an, avec, cependant, une forte variabilité d’une année sur l’autre.

L’effet orographique se manifeste essentiellement par une augmentation de la durée des précipitations de faible intensité en altitude et parfois localement par l’augmentation des valeurs des fortes intensités.

Au cours d’une période de plusieurs décennies, on constate, comme le fait ressortir la figure ci-dessous, que les événements les plus abondants ont une distribution erratique.



*Nombre de jours de pluie supérieure à la valeur maximale journalière d’occurrence statistique une année sur deux. Le Raizet 1951-1990.*

L’analyse statistique des pluies journalières ponctuelles permet d’estimer les valeurs correspondant à différentes périodes de retour. Les événements atmosphériques susceptibles de provoquer des pluies exceptionnelles en un site sont les mêmes sur l’ensemble de la Grande-Terre.

On admet que les pluies journalières maximales d’occurrence donnée sont partout identiques en Grande-Terre. Il est donc pertinent de se référer aux données du Raizet qui constituent la plus fiable des longues séries.

**Pluviométrie journalière**  
**Poste Météo-France du Raizet**

Période de retour en années	2	10	20	50
H mm	85	150	185	210

En Basse-Terre, les pluies journalières maximales augmentent avec l'altitude et atteignent, pour des périodes de retour de 2, 10, 20 et 50 ans, respectivement des valeurs de l'ordre de 150, 250, 300 et probablement plus de 350 mm. Les hauteurs de pluies journalières de période de retour 100 ans pourraient dépasser 250 mm en Grande-Terre et 500 mm sur les sommets de la Basse-Terre.

Le tableau suivant présente les valeurs prédéterminées des hauteurs d'eau H en mm et des intensités I en mm par heure sur des durées de 6 minutes à 4 jours et pour des périodes de retour P allant de 2 à 100 années :

Ajustement Gumbel - Le Raizet 1961/1990

P (an)	2		10		50		100	
Durée	H	Imm/h	H	Imm/h	H	Imm/h	H	Imm/h
4 j	-	-	255	-	340	-	376	-
2 j	-	-	215	-	292	-	324	-
1 j	85	-	152	-	209	-	237	-
24 h	100	4	183	8	253	11	287	12
12 h	87	7	149	12	197	16	220	18
6 h	72	12	126	21	168	28	186	31
3 h	60	20	99	33	132	44	147	49
2 h	56	28	90	45	114	57	126	63
1 h	44	44	63	63	80	80	87	87
30 min	34	69	50	100	67	134	74	148
15 min	13	92	33	132	44	176	48	192
6 min	13	130	17	170	21	210	23	230

Les valeurs données ci-dessous, applicables à la Grande-Terre, sont d'autant moins précises que leur période de retour est élevée.

En Basse-Terre, aucun poste ne fournit de série suffisamment longue pour permettre une estimation des intensités de précipitation de grande période de retour.

Historiquement, la valeur maximale de précipitation journalière relevée en Guadeloupe a été mesurée lors du passage de l'ouragan David le 29 août 1979, avec 438,5 mm au poste Orstom de Congo en Basse-Terre. Lors du passage de l'ouragan Ines, 313 mm étaient relevés à Duclos le 27 septembre 1966. En Grande-Terre, les records de précipitations journalières n'ont pas été relevés lors du passage de l'ouragan mais au cours de l'averse exceptionnelle du 6 juillet 1966 avec un maximum ponctuel de 341 mm.

Les records mondiaux s'établissent à plus de 700 mm par jour à Porto-Rico et à Cuba, à 1 690 mm en 24 h en Nouvelle-Calédonie et à 1 870 mm en 24 h à la Réunion.

Pour les pas de temps supérieurs à une journée, c'est en Basse-Terre et pendant le passage des cyclones que l'on relève les valeurs maximales cumulées sur plusieurs jours.

**Ouragans,  
crues et  
inondations**

67

Les très fortes intensités de précipitation sur de faibles pas de temps ont été relevées à l'occasion du passage d'une onde tropicale (le 6 juillet 1966), de phénomènes thermo-convectifs stationnaires (les 17 juillet 1979 et 2 mai 1981) et d'une dépression stationnaire (le 16 novembre 1986).

Comme on l'a vu précédemment, le Raizet constitue un site représentatif des phénomènes pluviométriques intéressant la Grande-Terre. En Basse-Terre, l'analyse de l'ensemble

des séries d'observation, relativement courtes et présentant souvent des lacunes, fait apparaître que, pour des pas de temps de 10 minutes à 6 heures, les intensités maximales de précipitation ont été mesurées lors du passage de la tempête Helena au poste Orstom de Parnasse.

Le tableau suivant donne les valeurs maximales des hauteurs d'eau H en mm et d'intensités I en mm par heure observées en Basse-Terre et en Grande-Terre sur des durées allant de 5 minutes à 12 heures :

Basse-Terre  
Parnasse (Orstom)  
Tempête Helena 27/10/1963

Grande-Terre  
Poste du Raizet (Météo-France)

Durée	H mm	Imm/h	Date	Durée	H mm	Imm/h
12 h	346	29	Hugo	12 h	194	16
6 h	281	47	Hugo	6 h	149	25
3 h	-	-	5/11/63	3 h	105	35
2 h	164	82	9/10/90	2 h	89	45
1 h	114	114	14/09/75	1 h	73	73
30 min	69	138	29/08/79	30 min	57	114
15 min	-	-	24/11/66	15 min	38	152
10 min	27	162	-	10 min	-	-
5 min	13	156	4/11/74	5 min	22	220

D'après ces informations, ce n'est qu'à partir de durées supérieures à 6 h, en Grande-Terre, que les ouragans occasionneraient les plus fortes intensités de précipitation mesurées : 149 mm en 6 h et 194 mm en 12 h pour Hugo le 17 septembre 1989 (poste Météo-France du Raizet). À des pas de temps allant de 5 minutes à 2 ou 3 heures, on observe que les intensités des précipitations cycloniques ne sont pas supérieures à celles

d'averses exceptionnelles qui semblent affecter autant la Grande-Terre que les sommets de la Basse-Terre.

Il semblerait que l'accroissement dû à l'effet orographique sur les fortes précipitations soit peu sensible pour des durées inférieures à 2 à 3 h, mais d'autant plus important que la durée dépasse 3 heures. Ainsi, pour les pas de temps supérieurs à 6 h, les intensités observées en Basse-Terre seraient pratiquement deux fois plus importantes qu'en Grande-Terre.

## EN GUISE DE CONCLUSION

En Basse-Terre, les ouragans peuvent engendrer de très fortes crues et inondations occasionnant d'importants dégâts sur les bassins de taille relativement importante. Sur les bassins versants de faible superficie (quelques kilomètres carrés), les risques liés aux forts écoulements et aux inondations sont permanents.

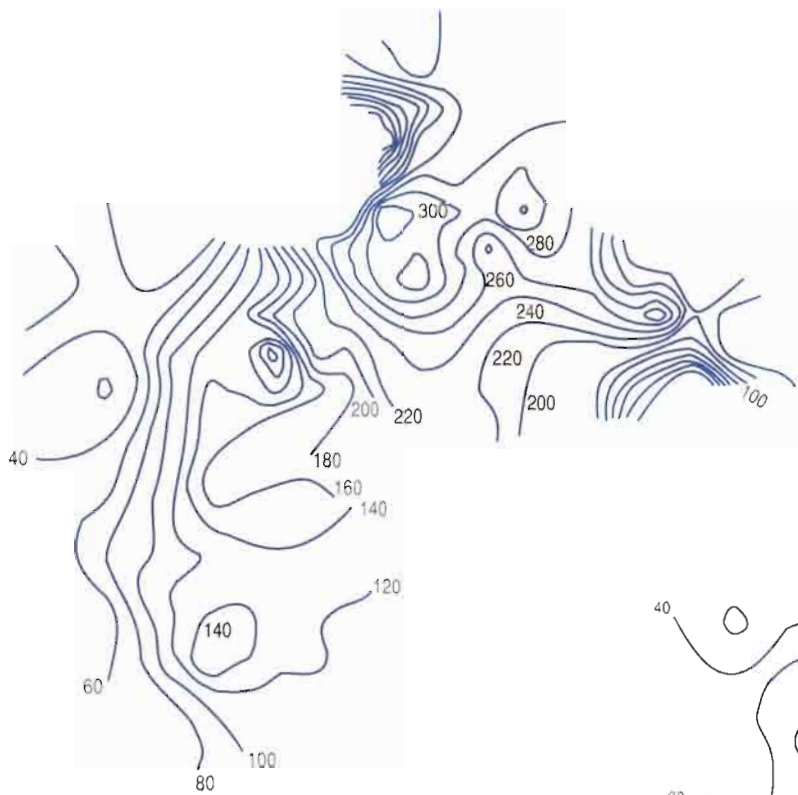
De même, les ouragans sont susceptibles de provoquer d'importants dégâts par les eaux en Grande-Terre. Mais, plus encore qu'en Basse-Terre (compte tenu de la taille relativement petite des bassins et de leur faible pente), les fortes crues et inondations peuvent être provoquées par des perturbations très actives ou des dépressions stationnaires.

Sur les petites îles comme Saint-Martin, les crues sont

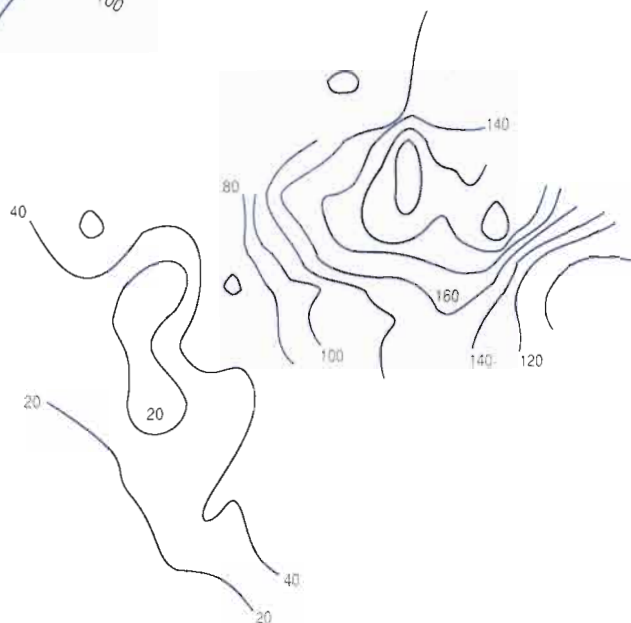
violentes, les débits de pointe sur des bassins versants de moins de 3 km<sup>2</sup> peuvent atteindre, voire dépasser, 20 à 25 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> pour une crue décennale.

Finalement, nous retiendrons que l'apparition des très fortes crues est aléatoire, liée à des situations météorologiques particulières. Il convient donc d'attirer l'attention sur la nécessité de prendre en considération le risque de crue ou d'inondation dans l'élaboration des plans d'occupation des sols et de mettre en œuvre des mesures préventives efficaces tant au niveau des collectivités que des personnes concernées, dans les zones à risque déjà occupées.

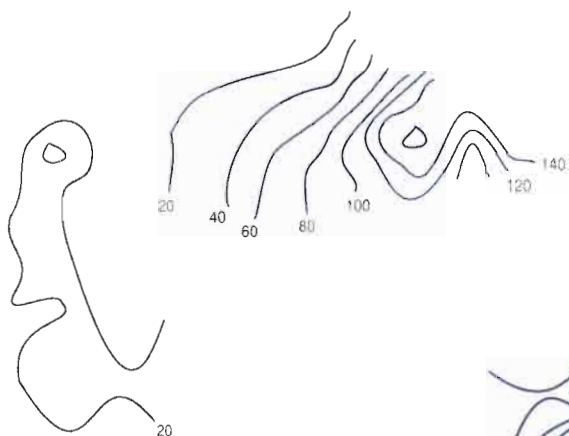
Une cartographie des zones susceptibles d'être inondées s'impose.



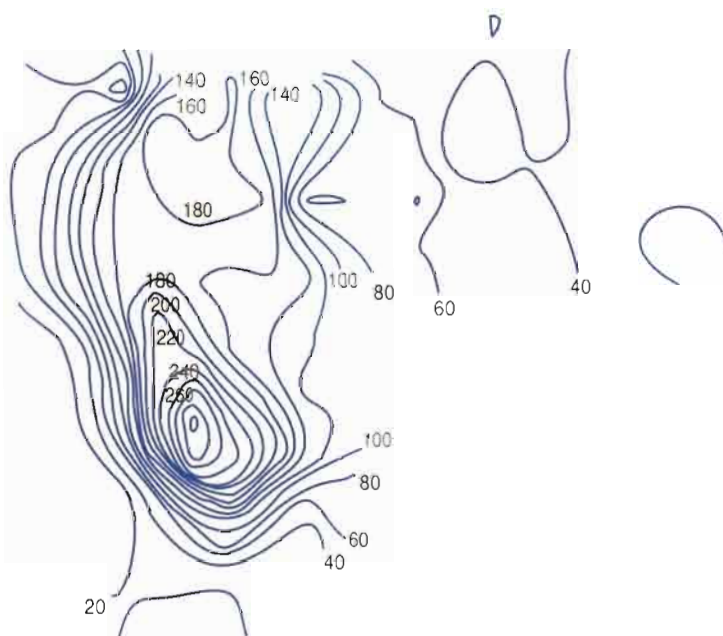
Le 6 juillet 1966



Le 17 juillet 1979



Le 2 mai 1981



Le 16 novembre 1986



*Courbes isohyètes  
de pluviométrie  
journalière en mm*

*Événements remarquables à forte  
pluviométrie journalière.*

## Les sécheresses

**S**i les fortes précipitations constituent un réel danger sur l'archipel guadeloupéen, les sécheresses ont elles aussi des conséquences néfastes et immédiates :

- le stress hydrique subi par les plantes qui affecte les cultures ;
- l'alimentation en eau potable des populations qui ne peut plus être assurée normalement ;
- une pollution aggravée des cours d'eau.

L'étude des précipitations a montré que, en Côte-sous-le-Vent, en Grande-Terre et à Marie-Galante, le déficit cumulé des faibles précipitations et/ou la répartition irrégulière des épisodes pluvieux plus importants suffisaient à engendrer des sécheresses temporaires ou durables.

Les réserves hydriques de ces régions défavorisées sont ainsi très précaires.

En Basse-Terre, l'apport des pluies orographiques limite ce phénomène à des sécheresses généralement atténuées et temporaires.

La réserve utile du sol apparaît positive lorsque les besoins en eau de la végétation sont satisfaits, négative lorsque celle-ci subit un stress.

L'évolution des réserves en eau du sol en cours d'année fait apparaître que, jusqu'au mois de juin, les faibles précipitations ne parviennent pas à assurer les besoins en eau de la végétation. Seul un événement d'importance moyenne (25 mm) au cours du mois d'avril vient satisfaire en

partie les besoins en eau de la végétation. C'est à partir du mois de juin que des précipitations suffisamment importantes amènent le bilan à des valeurs positives de la réserve en eau. (cf page 74)

On ne dénombre, par exemple pour l'année 1988, que 7 événements de plus de 50 mm en 24 heures. Sans la présence de 2 épisodes en avril et en juin (respectivement 30 et 60 mm), on aurait assisté à une sécheresse importante.

L'analyse des sécheresses exceptionnelles les plus récentes montre que ces dernières ont affecté différemment les régions de la Guadeloupe :

- en 1983, le nord de la Grande-Terre a connu un déficit pluviométrique annuel de 50 %, la production de canne à sucre a fortement régressé ;
- en 1987, c'est le sud de la Basse-Terre qui a subi un carême extrêmement sec, avec seulement 30 à 40 % des pluies relevées en février-mars-avril en année moyenne (l'effet orographique prépondérant en Basse-Terre s'est vu fortement diminué par une orientation anormale des vents au sud). La récolte bananière a été très médiocre, tant en qualité qu'en quantité ;
- en 1991, l'ensemble de la Grande-Terre, et essentiellement le nord, a été touché par un déficit sévère entre avril et août.

Les écoulements en Grande-Terre ont été nuls durant toute l'année 1983. Ils ont été très déficitaires dans le sud de la Basse-Terre en avril 1987 (70 % des écoulements normaux). En 1991, les écoulements ont été nuls en Grande-Terre de janvier à août, comme c'est le plus souvent le cas. Dans le même temps, les débits des rivières de la Basse-Terre avaient des valeurs proches des débits minimaux d'une année normale même s'ils apparaissaient à une période très tardive.

L'apparition de certaines sécheresses en Guadeloupe est liée à la présence d'anomalies de la circulation générale atmosphérique. En effet, les chercheurs de l'Orstom ont constaté la concordance entre le phénomène "El Nino" (réchauffement cyclique du Pacifique Est influant sur la structure verticale de l'atmosphère) et les sécheresses exceptionnelles observées en Guadeloupe (5 concordances sur les 6 derniers phénomènes détectés). Les effets de "El Nino" sont perceptibles dès les mois d'octobre ou novembre, précédant les sécheresses exceptionnelles observées au cours des carêmes des années suivantes (janvier à avril). Cette découverte laisse entrevoir qu'une modélisation de la circulation générale atmosphérique intégrant ce type de phénomènes pourrait déboucher vers une prévision des sécheresses touchant l'archipel



guadeloupéen, qui permettrait de planifier la gestion des stocks d'eau, les choix culturels, etc.

En attendant que l'état d'avancement des recherches permette la prévision des sécheresses, même à court terme, la prévention de ce risque consiste à mettre en place un réseau d'adduction qui assure le transfert de l'eau des régions où elle est abondante, la Basse-Terre, vers les régions où elle fait défaut : la Grande-Terre, mais aussi la Désirade et prochainement les Saintes...

## Les autres risques

L'eau précipitée à la surface du sol, si elle alimente les nappes, les sources et les rivières, peut avoir des conséquences directes ou induites sur le comportement mécanique de formations composant le sous-sol.

L'eau agit sur la stabilité du milieu naturel et ses modes d'action sont amplifiés sous l'effet d'une éventuelle sollicitation sismique. Le risque correspondant aux effets induits est donc une combinaison entre la sensibilité du site et l'aléa sismique *stricto sensu*. Nous distinguons mouvements de terrains, coulées de boues et de débris, embâcles, liquéfaction et éruptions phréatiques.

## LES MOUVEMENTS DES TERRAINS

L'eau absorbée par la surface du sol va remplacer progressivement l'air qui se trouve dans les in-

terstices diminuant ainsi la cohésion du substrat. Conjugée à une pente forte et à une épaisseur importante de l'horizon pédologique, l'augmentation de la pression intersticielle va déclencher des glissements de terrain. Le BRGM-Antilles a établi une carte à l'échelle 1/100 000 des risques de glissement de terrain. Ces risques existent principalement en Basse-Terre et notamment sur la partie orientale plus altérée et plus arrosée.

## LES COULÉES DE BOUES ET DE DÉBRIS

Les sécheresses et les autres risques

Les coulées de boues sont provoquées par une arrivée brutale et importante d'eau (fortes pluies, remontées de nappe) dans un terrain riche en matériaux fins. La matrice fine est généralement constituée par des argiles d'altération ou des cendres volcaniques. On parle de lahar lorsque le matériel solide est d'origine volcanique (cendres volcaniques) et de coulée de débris lorsqu'une coulée de boues contient des blocs rocheux.

La carte géologique du massif volcanique de la Soufrière montre l'existence de puissantes coulées de débris et de lahars sur le flanc sud-ouest du volcan. En 1976, lors de la dernière éruption phréatique, une coulée de boues a emprunté la vallée de la rivière du Grand-Carbet dévastant la végétation sur plus de 10 m au-dessus du fond de la vallée.

Ces coulées, boues et débris, peuvent se déplacer sur de grandes distances et parfois à grande vitesse. Une coulée de boues libérée par l'éruption Nevado del Ruiz (Colombie, 1985) a fait 25 000 victimes dans la ville d'Armero à plus de 50 km de son point de départ.

## LES EMBÂCLES

La notion d'embâcle fait appel à une succession logique d'événements : obstruction du lit d'un cours d'eau consécutive à un glissement de terrain faisant suite à de fortes pluies ou à un ébranlement sismique, puis accumulation d'eau en amont de la digue naturelle ainsi formée, et enfin rupture brutale de celle-ci et propagation rapide d'une onde de crue chargée d'un mélange eau-terre-blocs-débris végétaux... Le pouvoir destructeur est alors bien supérieur à celui d'une eau normalement chargée.

La carte établie par le BRGM-Antilles situe les vallées dans lesquelles des embâcles ont été répertoriées. Elles se localisent toutes dans des vallées étroites et

profondes de la Basse-Terre. Le rapport de C. Deville, en 1843, consignait les effets du fort séisme du 8 février 1843 fait état de profondes modifications du réseau hydrographique et de destructions dues à des embâcles.

## LA LIQUÉFACTION

72

Il s'agit d'une perte de résistance du matériau sableux en milieu saturé, induite par des séismes. Ce sont essentiellement les formations alluviales ou littorales, voire les remblais artificiels, qui sont affectés par la liquéfaction. Le cas le plus typique est celui du séisme de 1964 à Niigata au Japon avec le basculement de plus de 45° d'immeubles de trois étages.

En Guadeloupe, les tremblements de terre de 1843 et de 1897 ont occasionné en surface des manifestations (éruption de sable) témoignant de la liquéfaction. Le BRGM-Antilles, dans le cadre de l'étude de la prévention du risque sismique aux Antilles (septembre 1990), a dressé une carte à 1/100 000 des risques de liquéfaction. Ce risque est grand pour la région pointoise et tout particulièrement à la pointe de Jarry.

## LES ÉRUPTIONS PHRÉATIQUES

Elles font intervenir les eaux d'infiltration contenues dans les nappes au sein de l'appareil volcanique. Surchauffées par le magma, elles interviennent comme déclencheur du phénomène par détente violente. Dans ce type d'éruption, la lave en fusion n'arrive pas jusqu'à la surface, seuls les matériaux anciens du volcan sont éjectés :

blocs, cendres... accompagnés de vapeur d'eau et de gaz.

Dans le cadre de l'évaluation du risque volcanique en Guadeloupe, le BRGM-Antilles a réalisé la carte d'aléa des éruptions phréatiques de la Soufrière. L'analyse détaillée des événements historiques montre que toutes les éruptions ont été de nature phréatique ; la dernière crise éruptive de 1975 à 1977 s'est traduite le 8 juillet 1976 par une explosion phréatique projetant des cendres qui obscurcirent pendant plus de 20 minutes la région de Saint-Claude.

## La protection des hommes et des biens

La protection ne se conçoit pas de la même façon selon que le risque est ou n'est pas évalué et délimité. Dans le domaine des risques liés à l'eau, le problème des éruptions phréatiques est très différent de celui des crues, inondations et glissements de terrain.

Dans le premier cas, la prévention est aléatoire au-delà du périmètre immédiat du volcan : la périodicité des événements est capricieuse, l'intensité des dégâts, comme leur extension, extrêmement variable. La protection des hommes consiste à instituer un système d'observation et d'alerte qui permette de prendre en quelques jours les mesures d'évacuation nécessaires. Il faut remarquer à ce propos que la Soufrière est devenue l'un des volcans les mieux surveillés du monde. On ne détaillera donc ici que le second cas.

## LA PRÉVENTION

La prévention consiste à bien circonscrire les zones inondables, les bassins submersibles en cas d'imperméabilisation des sols, les terrains instables et à n'y rien édifier, car la présence de constructions dans ces zones, outre le danger qu'elle fait courir aux occupants, aggrave le phénomène.

Depuis 1987, le Code de l'urbanisme impose des dispositions en ce sens et stipule en particulier que les Plans d'occupation des sols (POS) doivent "délimiter les zones urbaines ou à urbaniser en prenant en compte notamment (...) l'existence de risques prévisibles".

Aussi, la Direction Départementale de l'Équipement a

entrepris depuis 1989 de réaliser sur crédits d'État l'étude et la cartographie synthétique des risques pour les communes qui prescrivaient la révision de leur plan d'occupation des sols.

En outre la loi du 25 juin 1990 a étendu aux DOM l'obligation des plans d'exposition aux risques : c'est un dispositif concerté très complet à zonages emboîtés selon l'intensité du risque et correspondant à différents niveaux de réglementation en matière d'installations. Mais l'élaboration en est si lourde que les résultats sont aujourd'hui décevants.

## L'ENTRETIEN DES COURS D'EAU

Indépendamment de la cartographie du risque d'inondation, le curage des cours d'eau est une obligation. Cela consiste, après une crue, à rétablir le lit dans son état antérieur de façon à ce que les conséquences de ladite crue n'entravent pas l'écoulement prévisible de la suivante. C'est en principe le rôle de l'État, propriétaire de tous les cours d'eau dans les DOM.

En réalité, cet entretien ne peut pas être réalisé avec la régularité souhaitable en raison de pesanteurs administratives, du régime même des crues, des difficultés d'approche, et de déversements sauvages de gravats et encombrants formant des embâcles souvent inaccessibles.

Sauf exception, on est conduit en Guadeloupe à procéder plutôt à des opérations ponctuelles d'entretien différé, s'apparentant plus à la protection qu'à la prévention et à ce titre financées par les communes concernées et le Département.

## LA PROTECTION ACTIVE

Enfin, des ouvrages lourds de génie civil s'imposent pour la protection des zones déjà urbanisées (souvent par des constructions sans permis et au mépris du POS) en zone inondable : travaux de correction torrentielle (stabilisation des berges et rétention des matériaux en suspension), digues et enrochements, bassins écrêteurs de crues, etc. Deux opérations étaient prévues au contrat de plan État-Région 1989-1993 pour mettre hors d'eau des quartiers régulièrement inondés par des fortes pluies du fait de leur situation topographique et des imperméabilisations par "bétonnage" au Raizet et à Gosier (Grande-Ravine, Belle-Plaine), mais des négociations laborieuses en ont retardé l'exécution. D'ailleurs, pour bien faire, l'effort doit être accentué : des études hydrologiques approfondies de bassins sensibles ont déjà été réalisées qui pourraient servir à l'élaboration d'un véritable "schéma de protection contre les crues" pour une programmation rationnelle des travaux. ■

*La protection des hommes et des biens*

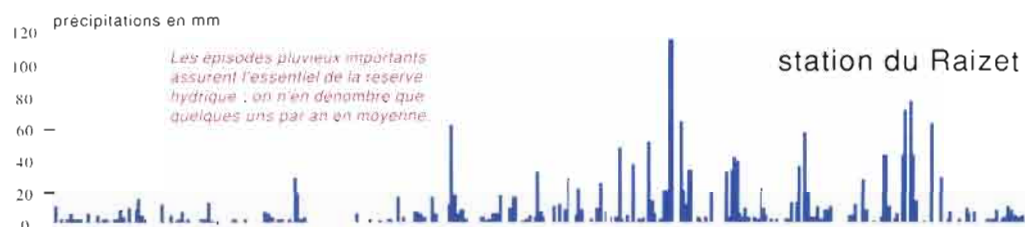
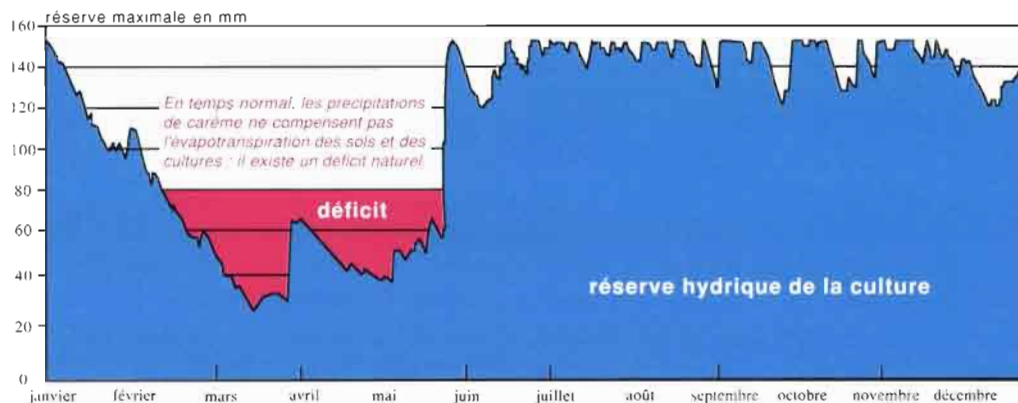
73



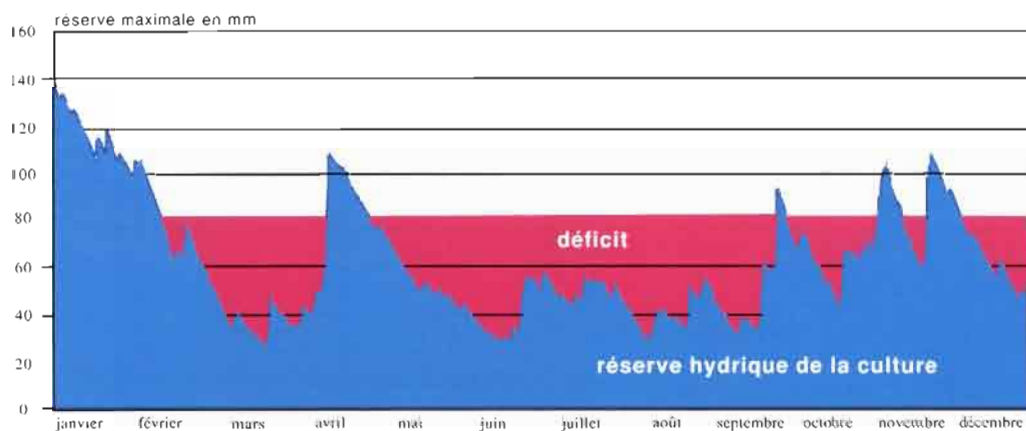
*Mesure de débit de crue sur le Bras-David.*

## Précipitations journalières et évolution des réserves en eau du sol.

### 1988 - Cas d'une année normale



### 1991 - Cas d'une année sèche



# LES USAGES DE L'EAU

## L'eau potable

75

Christine Micheneau  
Jean-Pierre Hanguet  
Euzine Lamoine  
Jean-Jacques Jérémie

**P**roduit de grande consommation par excellence, l'eau est un facteur essentiel du développement socio-économique et de la santé publique. Mais sous l'action conjuguée des contrastes naturels et démographiques, la confrontation de la ressource aux besoins en eau potable accuse des déséquilibres fâcheux qui nécessitent des solutions complexes.

## PRODUCTION ET ADDUCTION



Depuis l'origine, c'est le service d'équipement rural de la DAF qui assure en tant que maître d'œuvre la conception du système de production, d'adduction et de distribution d'eau potable en Guadeloupe, les ouvrages étant financés pour l'essentiel par le Département.

### **La Basse-Terre, "château d'eau" de la Guadeloupe**

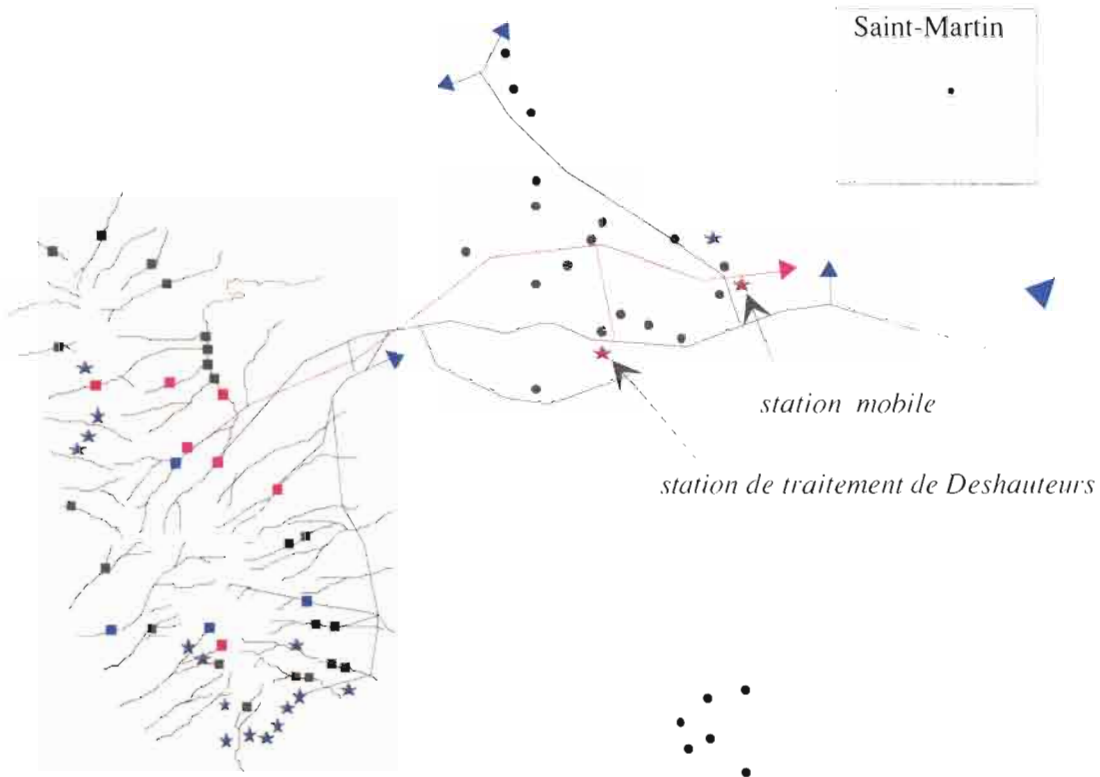
D'abord assurée par la multiplication de forages dans la nappe, la couverture des besoins de la Grande-Terre a dû faire appel dès les années 1970 aux eaux de la Basse-Terre : la conduite de "Belle-Eau Cadeau" transporta les eaux prélevées à la source de l'Habituée et sur la Grande Rivière de Capesterre jusqu'à Pointe-à-Pitre, les Grands-Fonds, Saint-François, le Moule et le nord de la Grande-Terre, en desservant au passage la Côte-au-Vent.

Puis le développement touristique de la "Riviera" exigea qu'un nouvel équipement achemine l'eau prélevée à Vernou sur la Grande Rivière à Goyaves vers Gosier et Sainte-Anne en passant par Baie-Mahault et Pointe-à-Pitre.

En 1983, on capta l'eau de la rivière Moustique pour alimenter la nouvelle zone industrielle de Jarry, mais aussi Petit-Bourg et Baie-Mahault. Ce réseau fut interconnecté à celui de "Belle-Eau Cadeau".

	<i>eau potable</i>	<i>Prélèvement en rivière :</i>
	<i>eau brute (irrigation)</i>	■ 20 à 60 l/s
•	<i>Forage</i>	■ 60 à 150 l/s
★	<i>source captée</i>	■ 150 à 200 l/s
		■ + de 200 l/s

76



Cependant, l'accroissement de population et l'élévation du niveau de vie engendraient une augmentation rapide de la consommation et les populations de Sainte-Anne et du nord-est Grande-Terre, situées en fin de réseau, connaissaient de grosses difficultés.

On décida alors de renforcer le réseau d'eau potable à partir du réseau d'irrigation qui se mettait en place. Pour parer au plus pressé, on dut pendant cinq ans injecter de l'eau brute telle quelle à la station mobile du Moule, alors qu'en 1989, on construisait une conduite de jonction entre les deux réseaux avec une station de traitement située à Deshauteurs.

#### *Les prélèvements en eau et les transferts.*

Si les volumes délivrés sont désormais suffisants, l'alignement gravitaire à partir de Deshauteurs, point culminant de la Grande-Terre, ne donne pas entièrement satisfaction pour alimenter les points hauts. Des surpresseurs seront nécessaires.

Exception faite des communes de Capesterre, Goyave, Petit-Bourg et Baie-Mahault, les habitants de la Basse-Terre, eux, sont desservis par de petits réseaux locaux alimentés par les sources proches ou des prises en rivière associées à des stations de traitement.

### **Dessalinisation de l'eau de mer dans les dépendances**

L'absence ou l'insuffisance de ressources en eau douce sur certaines dépendances a conduit à mettre en place des usines de dessalement de l'eau de mer, qui ont le grave inconvénient de fournir l'eau douce à un prix très élevé de l'ordre de 85 francs le mètre cube.

Quatre îles en sont équipées :

- les Saintes avec une usine à Terre-de-Bas et une autre à Terre-de-Haut ;
- Saint-Martin ;
- et Saint-Barthélemy.

En 1991, la production a été :

- à Terre-de-Bas :  
22 000 m<sup>3</sup> ;
- à Terre-de-Haut :  
44 000 m<sup>3</sup> ;
- à Saint-Martin :  
970 000 m<sup>3</sup> ;
- à Saint-Barthélemy :  
89 000 m<sup>3</sup> ;

En complément de cette production, Saint-Martin est alimenté par le forage de Cripple-Gate et Saint-Barthélemy par une barge qui apporte de l'eau de l'extérieur de l'île.

La Désirade a aussi été alimentée partiellement, jusqu'au passage de l'ouragan Hugo, par une usine de dessalement. L'île étant particulièrement déshéritée du point de vue économique, cette situation était devenue insupportable. C'est pourquoi la DAF qui avait proposé une solution originale, en a accéléré la réalisation.

### La canalisation sous-marine de la Désirade

Malgré son coût, le projet d'alimentation par canalisation sous-marine à partir de Saint-François fut rapidement adopté par le Conseil général qui en finança l'étude et, pour moitié, la réalisation ; l'État assurant l'autre moitié du financement. L'opération, qui fit appel aux techniques sophistiquées mais largement éprouvées de l'industrie pétrolière, aura coûté 34 millions de francs. Elle permet, depuis le début de l'année 1991, de donner à la Désirade cent fois plus d'eau et quinze fois moins chère que par le passé, avec une perspective de rentabilité à 17 ans au plus.

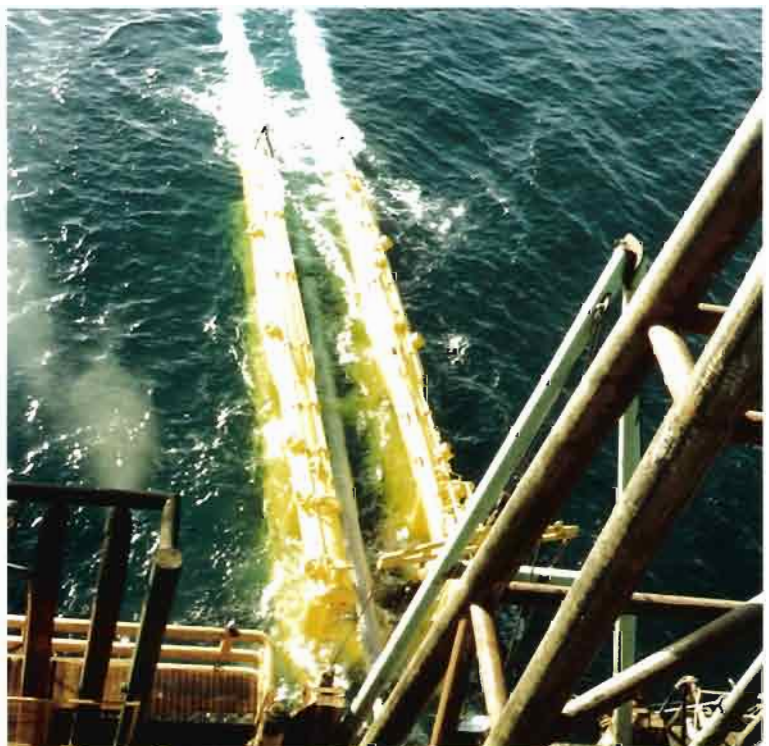
Terre-de-Bas a également été reliée à Terre-de-Haut par canalisation sous-marine de telle sorte que, dans un premier temps, les deux îles puissent être alimentées indifféremment par l'une ou l'autre de leurs usines de dessalement. Cependant l'objectif est de les relier au réseau de Trois-Rivières lorsque les études auront permis de fixer le tracé des conduites. En 1994, une canalisation sous-marine les reliera au réseau de Trois-Rivières, ce qui n'est pas un mince exploit lorsque l'on sait qu'elle doit traverser une fosse marine de près de 400 mètres de profondeur.

L'eau  
potable

77



L'eau à profusion à la Désirade.



Pose en mer de la canalisation d'adduction en eau de la Désirade.

# LA GESTION DES RÉSEAUX



## Syndicats et sociétés d'exploitation

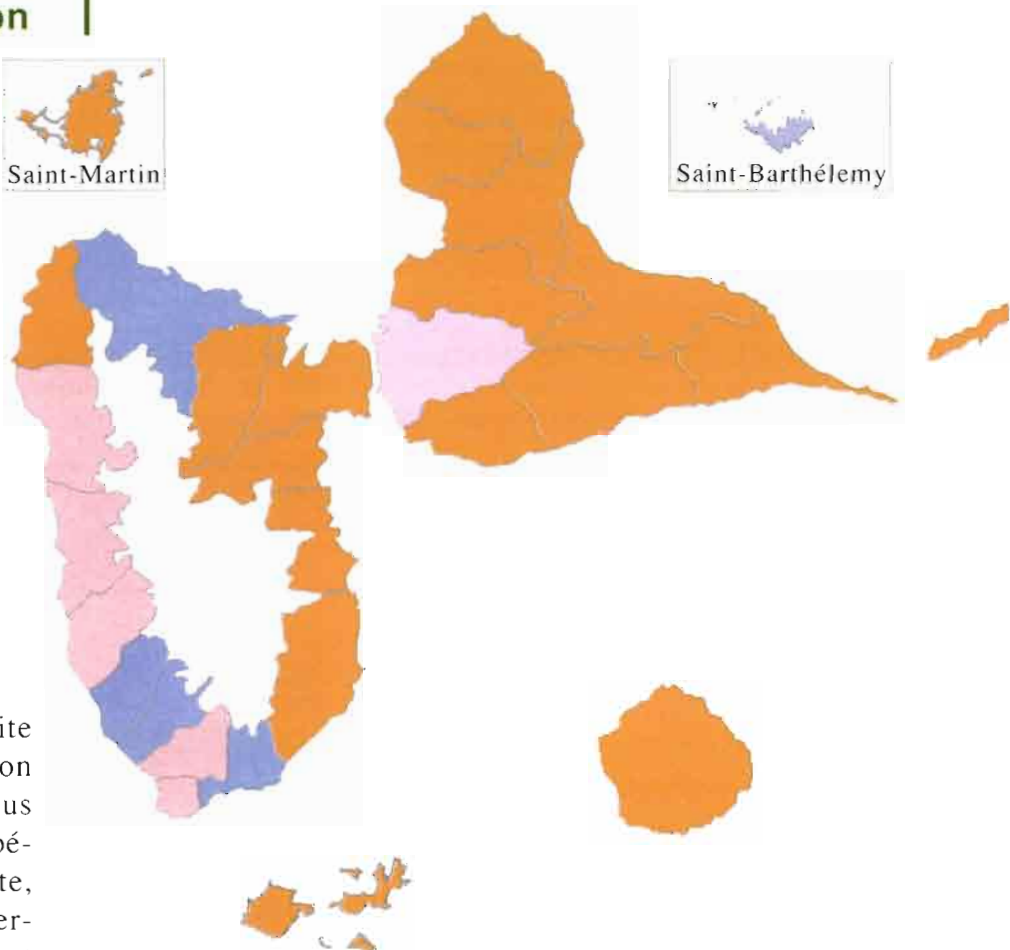
Les réseaux de distribution sont la propriété des syndicats communaux ou intercommunaux qui assurent la programmation budgétaire des extensions et entretiens. Ceux qui, pour leur approvisionnement, dépendent des grands équipements d'adduction de la Basse-Terre vers la Grande-Terre et la Désirade, adhèrent en outre au syndicat intercommunal d'alimentation en eau et d'assainissement de la Guadeloupe (SIAEAG), propriétaire de ce réseau primaire.

L'exploitation proprement dite (entretien, traitements, gestion des branchements, etc) est le plus souvent confiée à une société spécialisée, soit en gérance directe, soit surtout par contrat d'affermage. C'est à la SOGEA qu'est confiée cette charge.

Dans certains cas simples en Basse-Terre, le syndicat communal ou intercommunal assure l'exploitation en régie.

La préoccupation première des syndicats et sociétés d'exploitation a longtemps été le raccordement de tous les foyers. Cette tâche étant accomplie à 90 %, ils ont maintenant à affronter d'autres problèmes : les difficultés d'entretien et la vétusté de réseaux anormalement distendus par l'urbanisation linéaire et la dispersion de l'habitat, ainsi que leur sous-dimensionnement dans les zones à forte extension urbaine, autant de causes de pertes de charge dans les réseaux et de mécontentement des abonnés.

-  *Affermages S.O.G.E.A.*
-  *Affermages C.G.S.P.*
-  *Gérances S.O.G.E.A.*
-  *Régies communales*



*Exploitation des réseaux d'eau potable.*

## Traitements et contrôle de potabilité

Les eaux destinées à la consommation humaine font l'objet d'un contrôle rigoureux fixé par le décret 89.3 du 3 janvier 1989. Ce texte a pour objectifs principaux :

- de définir les seuils physico-chimiques et bactériologiques admissibles d'une eau potable,
- de déterminer le programme de contrôle de l'eau distribuée en fonction de son origine (superficielle ou souterraine), du débit journalier de cette ressource et de la population qu'elle dessert.

Le programme de surveillance de la qualité des eaux de consommation est assuré par les préleveurs de la DDASS et de l'Institut Pasteur de Guadeloupe, laboratoire agréé par le ministère de la Santé, pour l'analyse des échantillons. Les résultats sont communiqués à la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS), qui assure un contrôle continu, ainsi qu'à chaque exploitant, qui supporte les frais d'analyse pour le réseau dont il a la charge.



Du point de vue physico-chimique, l'eau distribuée en Guadeloupe est d'excellente qualité, les ressources utilisées étant exemptes de toute pollution. Du point de vue de l'équilibre calco-carbonique, l'eau est généralement agressive, ce qui favorise la corrosion des conduites et la mise en solution d'ions de fer. Pour l'utilisateur, cela se traduit par une eau rougeâtre non conforme aux normes organoleptiques (couleur, goût et odeur). On compense efficacement ce défaut par l'adjonction de lait de chaux, mais des défaillances accidentelles ont été constatées. Quoi qu'il en soit, le taux de fer dissous rencontré n'a pas de conséquence néfaste pour la santé, mais dénote une corrosion du réseau, qui, si la situation se prolonge, entraînera des dégradations importantes.

Du fait de la bonne qualité de la ressource, le traitement de l'eau consiste simplement en une décantation-filtration sur lit de sable suivie d'une désinfection finale au chlore et d'une neutralisation à la chaux. La cause principale de non-potabilité de l'eau distribuée en Guadeloupe vient de l'altération de sa qualité bactériologique dans son transfert par des réseaux d'adduction particulièrement longs avec une faible densité de branchements. Dans certains secteurs comme en Côte-sous-le-Vent, la qualité bactériologique de l'eau peut être nettement améliorée.

En 1990, 1 586 analyses ont été effectuées en Guadeloupe, dont 1 220, soit 77 %, ont conclu à la potabilité de l'eau. Cela ne signifie pas que 23 % des échantillons ne soient pas potables, dans la mesure où la DDASS n'a pas eu à préconiser de restrictions dans l'usage

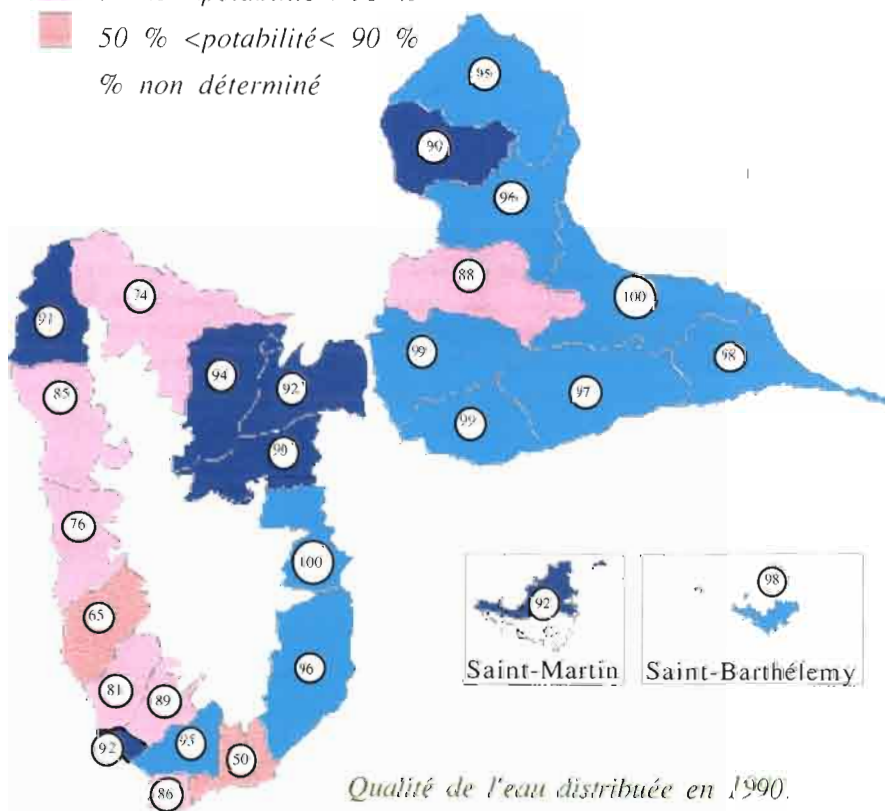
alimentaire de l'eau. Mais ils ne répondent pas tout à fait aux normes européennes.

### Qualité de l'eau distribuée en Guadeloupe

NP	% Population desservie en 1990
% non potabilité	
NP < 5	49,9
5 = < NP < 10	23,9
10 = < NP < 20	11,9
20 = < NP < 30	1,8
30 = < NP < 50	7,7
Non déterminé	4,8

*L'eau potable*

- potabilité > 95 %
- 90 % < potabilité < 95 %
- 70 % < potabilité < 90 %
- 50 % < potabilité < 90 %
- % non déterminé



La qualité de l'eau s'améliore d'année en année. La part de la population ayant à sa disposition une eau dont le taux de potabilité dépasse 80 % ne cesse d'augmenter :

### Évolution du taux de potabilité

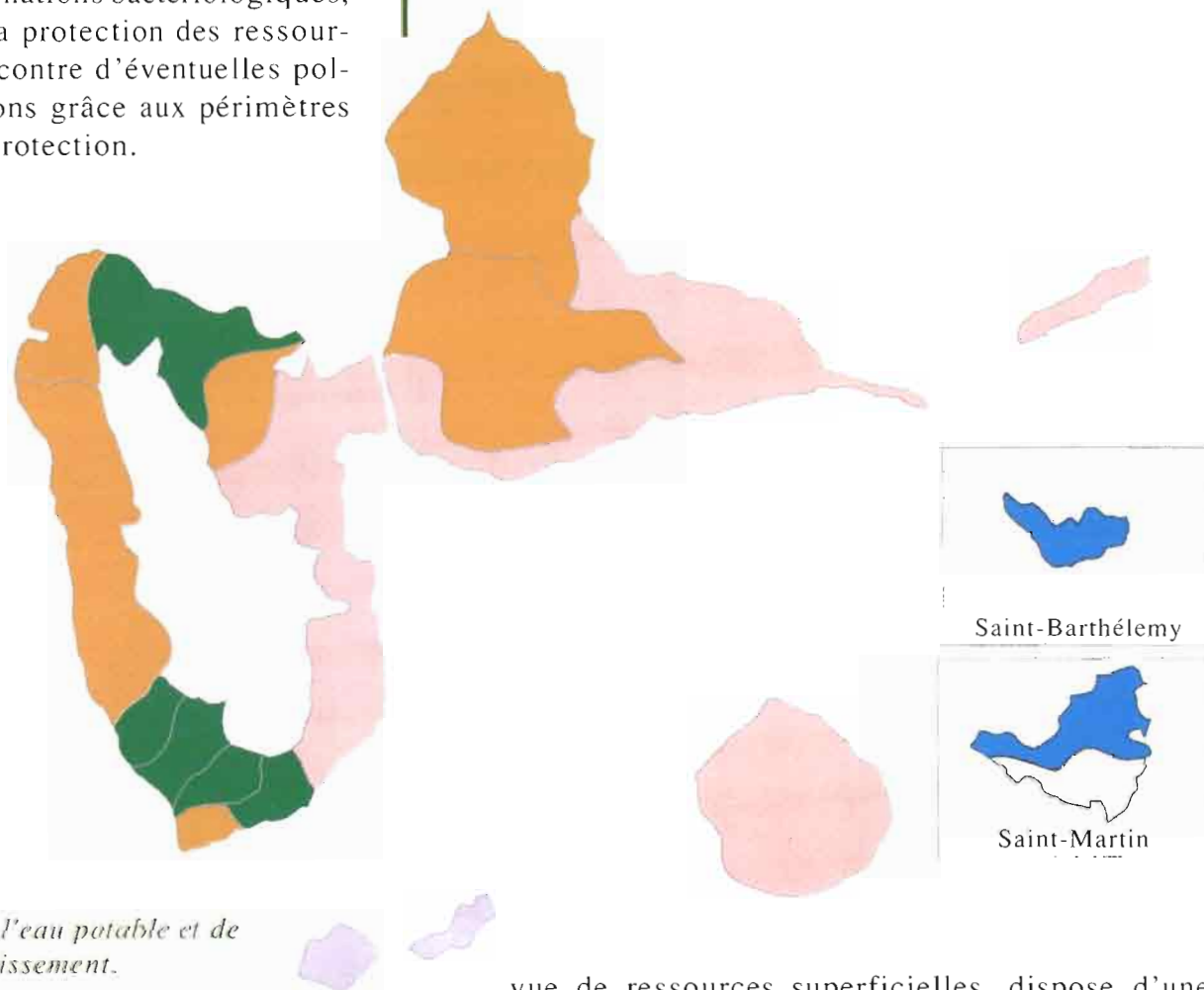
1988	1989	1990
57 %	70 %	86 %

Pour améliorer encore cette qualité, les efforts doivent porter sur :

- l'entretien permanent des installations et l'amélioration de certaines stations de traitement ;

- la surveillance constante des réseaux et leur réfection ;
- l'équipement des réseaux en désinfections intermédiaires pour lutter contre les contaminations bactériologiques ;
- la protection des ressources contre d'éventuelles pollutions grâce aux périmètres de protection.

Prix de l'eau potable :



Prix de l'eau potable et de l'assainissement.

## L'irrigation

L'inadéquation, déjà sensible pour l'eau potable, de la ressource aux besoins est encore plus accusée pour l'irrigation :

- la Basse-Terre a des eaux superficielles en abondance : en période de carême, cette ressource (qui n'est que partiellement exploitable pour des raisons biologiques, techniques et réglementaires) est estimée à un débit fictif continu d'environ 12 mètres cubes par seconde ;
- la Grande-Terre, dépour-

vue de ressources superficielles, dispose d'une réserve d'eau souterraine dont le débit fictif continu prélevé, pour ne pas rompre le fragile équilibre eau douce/eau salée, ne peut guère dépasser 1,4 mètres cubes par seconde ;

- les dépendances n'ont pas (ou très peu) de ressources superficielles ou souterraines exploitables, à l'exception de la nappe de Marie-Galante.

Or, les besoins en eau exprimés en débit fictif continu sont estimés à 3,8 mètres cubes par seconde pour l'irrigation, auxquels il faut ajouter pour l'eau potable (compte tenu des évolutions économiques et démographiques) et dans l'hypothèse optimiste où le rendement des réseaux atteindrait 65 % :

- 1,79 m<sup>3</sup>/s en 1995 ;
- 2,78 m<sup>3</sup>/s en l'an 2010.

Ces besoins sont localisés en Grande-Terre.

Dans les dépendances, en Grande-Terre, et même en Basse-Terre (Côte-sous-le-Vent), la pluviométrie souvent déficitaire éprouve durement les cultures.

Historiquement, cette situation a engendré des spécia-

lisations agricoles fondées sur l'adaptation des cultures aux conditions de sol et de climat. Schématiquement, la canne à sucre, seule capable par son enracinement profond de mobiliser l'eau retenue dans les argiles gonflantes fertiles des plaines et dépressions, a pu prospérer en Grande-Terre, au nord de la Basse-Terre et à Marie-Galante ; sur les sols pauvres mais bien arrosés de la Côte-au-Vent, elle a été remplacée par la banane, tandis que la Côte-sous-le-Vent se consacrait à diverses spéculations en polyculture, surtout en altitude ou au bord des cours d'eau. Les petites dépendances n'ont pas pu connaître de prospérité agricole durable.

Malgré cela, les productions pâtissaient des caprices du climat et ne correspondaient plus aux exigences d'une agriculture moderne et de son environnement économique.

## LA NÉCESSITÉ DE L'IRRIGATION

La filière canne-sucre-rhum, qui connaît de graves difficultés, ne peut espérer se redresser qu'avec l'assurance d'une production régulière de qualité, ce qui implique la maîtrise de l'eau alliant de bonnes conditions de drainage et d'irrigation. Les replantations ont généralement lieu en avril-mai ; les contrecoups d'une sécheresse liée à une saison des pluies tardive sur la trésorerie des exploitations, par diminution de la recette agricole, ont des conséquences sur les conditions de production des années suivantes. Les dommages, souvent irréparables, empêchent parfois de retrouver le niveau antérieur de production.

Les cultures souffrent régulièrement de l'indigence des précipitations pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois. Cela justifie, pour améliorer les productions agricoles, la mise en œuvre d'une irrigation de complément.

Bien conduite, l'irrigation devrait permettre sur certains sols des récoltes de 90 tonnes par hectare, avec une amélioration possible du rendement en sucre. Elle offre en outre des possibilités de diversification des cultures avec, entre autres, l'intensification du maraîchage.

Dans certains secteurs de la Côte-sous-le-Vent, où les îlots exploitables sont improductifs la moitié de l'année par les effets du carême, l'irrigation autorise leur mise en valeur permanente, notamment par le maraîchage.

## L'irrigation

81



*Culture du melon.*



*Irrigation en Grande-Terre.*

Bien qu'implantée dans les secteurs les plus arrosés, la culture bananière, très exigeante en eau, souffre également de déficits temporaires que lui inflige le régime irrégulier des pluies : le rendement et la qualité en sont affectés, ce qui, dans un marché particulièrement concurrentiel, devient un handicap inacceptable.

## LES GRANDS ÉQUIPEMENTS

82

Compte tenu de l'importance des investissements et de leur impact sur le développement agricole de la Guadeloupe, le Département s'est porté maître d'ouvrage des grands programmes d'irrigation de la Grande-Terre, puis de la Côte-sous-le-Vent. Il a confié à la DAF (Service hydraulique) la conception des ouvrages et l'encadrement des travaux ; toutefois, depuis 1991, le Département a étoffé ses services techniques de façon à assurer lui-même progressivement l'ensemble de ces missions.

### L'irrigation de la Grande-Terre

Le "déficit agricole" qui doit être compensé par une irrigation de complément peut être évalué entre 400 et 500 mm en année moyenne et dépasser 1 000 mm en année très sèche.

Le programme, mis en place depuis 1972, prévoit le transfert sur 45 km de l'eau prélevée à la cote 130 en Basse-Terre jusqu'aux retenues de stockage de Letaye et Gachet en Grande-Terre, pour l'irrigation de 7 900 ha répartis en deux périmètres : est et nord.

L'équipement a commencé par la zone est. L'eau prélevée dans

le Bras-David transite par une conduite de diamètre 800 mm jusqu'à la retenue de Letaye qui stocke actuellement 700 000 mètres cubes d'eau en prévision du besoin mensuel de pointe de récurrence quinquennale. Cette conduite alimente les périmètres de distribution de Moule-Saint-François.

Le périmètre nord Grande-Terre sera desservi à partir de la conduite mixte de transfert d'eau brute (destinée à l'irrigation et à la consommation humaine). Prenant l'eau sur le Bras-David et la Grande Rivière à Goyaves, elle est actuellement construite en diamètre 1 400 mm jusqu'à Baie-Mahault et aboutira en 1993 à Morne-à-l'Eau. De là, elle doit continuer en diamètre 1 200 mm jusqu'à la retenue de Gachet, d'une capacité de 2 500 000 mètres cubes à Port-Louis. Ce tronçon, déjà réalisé, est provisoirement raccordé à la conduite de Letaye et l'eau actuellement distribuée dans le nord Grande-Terre vient des reliquats inutilisés dans la branche est. C'est évidemment insuffisant pour satisfaire la totalité des besoins mais l'équipement du périmètre nord n'est encore que très partiel. L'ensemble de l'opération sera achevé en 1994 et permettra de desservir, en plus des 2 000 ha déjà opérationnels à Moule-Saint-François, les 5 900 ha du périmètre nord, assis sur les communes de Petit-Canal, Port-Louis et Anse-Bertrand, et constitués essentiellement par des terres issues de la réforme foncière.

La maîtrise de l'irrigation et du drainage est basée sur les études entreprises par l'INRA sur la gestion de l'eau à la parcelle.

Le pilotage de l'irrigation est établi sur l'utilisation du logiciel "Irricanne" développé par le CIRAD qui permettra, à partir des données culturales et des apports naturels en eau, de calculer au plus juste le complément en eau d'irrigation nécessaire aux cultures de canne à sucre.

Pour les cultures tropicales en général, Météo-France met en place aux Antilles un programme similaire nommé "Irritel" accessible par Minitel.

### L'irrigation et la réforme foncière

Engagée au début des années 80, la réforme foncière consiste à redynamiser l'agriculture en redistribuant à des petits agriculteurs, dans des conditions qui garantissent la valorisation agricole effective, les terres autrefois cultivées par les usiniers et autres grands propriétaires.

La SAFER achète les terres libérées, les équipe éventuellement de voies de desserte et autres travaux con-

nexes, et les revend à des groupements fonciers agricoles (GFA) dont les parts sociales sont détenues à 40 % par les attributaires (au prorata de la valeur du lot qu'ils exploitent), et à 60 % par la Société d'épargne foncière agricole de la Guadeloupe (SÉFAG).

Les attributaires sont donc actionnaires minoritaires du GFA auquel ils sont liés par un bail à long terme enregistré aux hypothèques : ils sont ainsi soulagés de la plus grosse part de la charge foncière et préservés du risque de spéculation individuelle qui ruinerait le développement agricole.

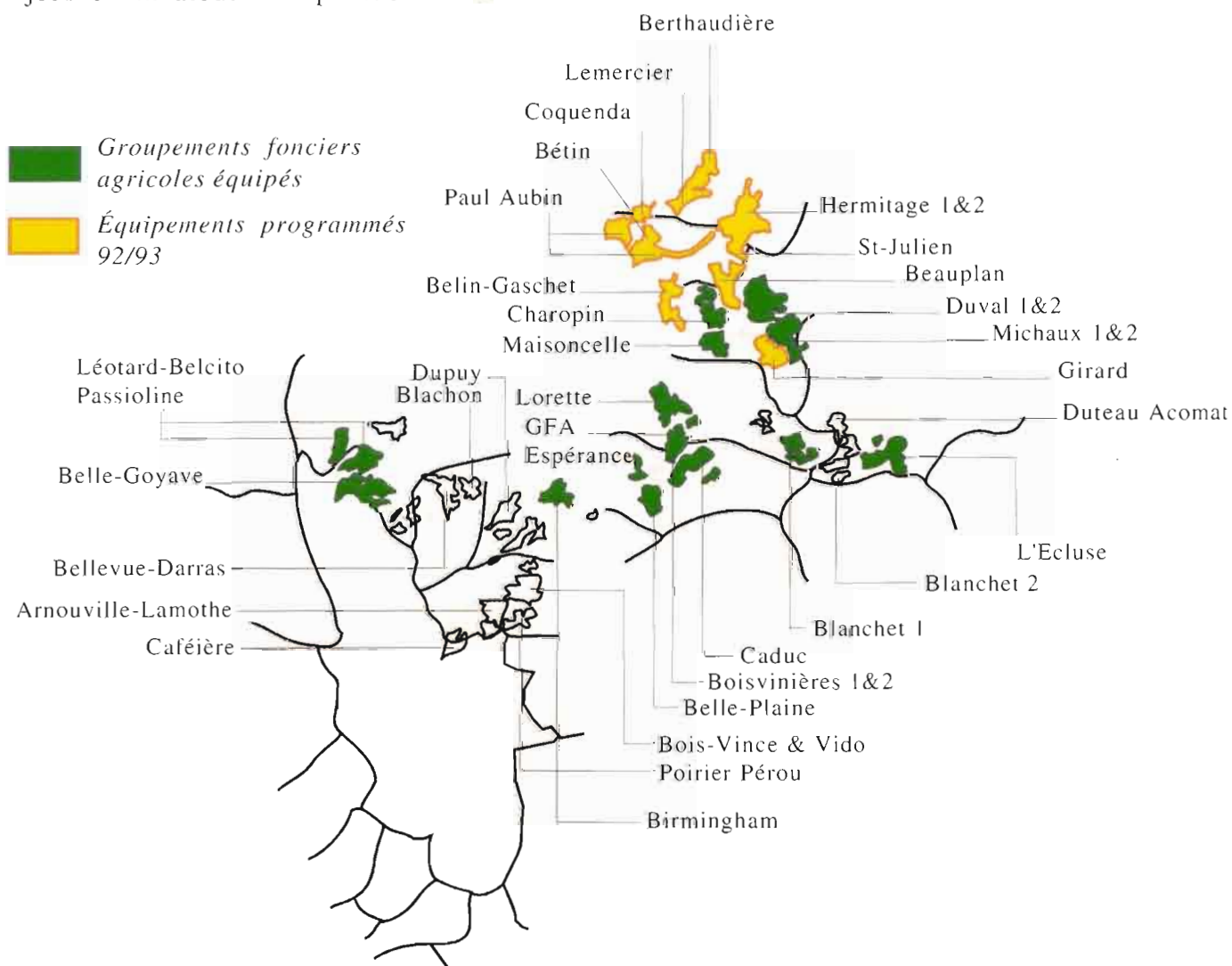
Dès l'origine, les partisans de la réforme foncière ont regardé l'irrigation comme un argument majeur et un atout indispensable.

Aussi le Département a-t-il résolu d'équiper autant que possible les GFA de réseaux de distribution à mesure de leur constitution, qu'ils soient ou non inclus dans les périmètres préalablement définis. Malheureusement, ce programme accuse un certain retard lié aux problèmes fonciers et techniques rencontrés pour la construction de la conduite mixte. Si certains GFA ont pu être provisoirement raccordés à la branche est, ce n'est pas le cas dans l'extrême nord de la Grande-Terre.

La priorité la plus urgente est donc l'achèvement de la conduite mixte et de la desserte du nord Grande-Terre. Vient ensuite l'équipement des GFA non encore irrigués des autres zones. Enfin, le Département n'exclut pas de satisfaire au cas par cas les demandes privées de branchement, dans la mesure où la production d'eau le permettra.

## L'irrigation

83



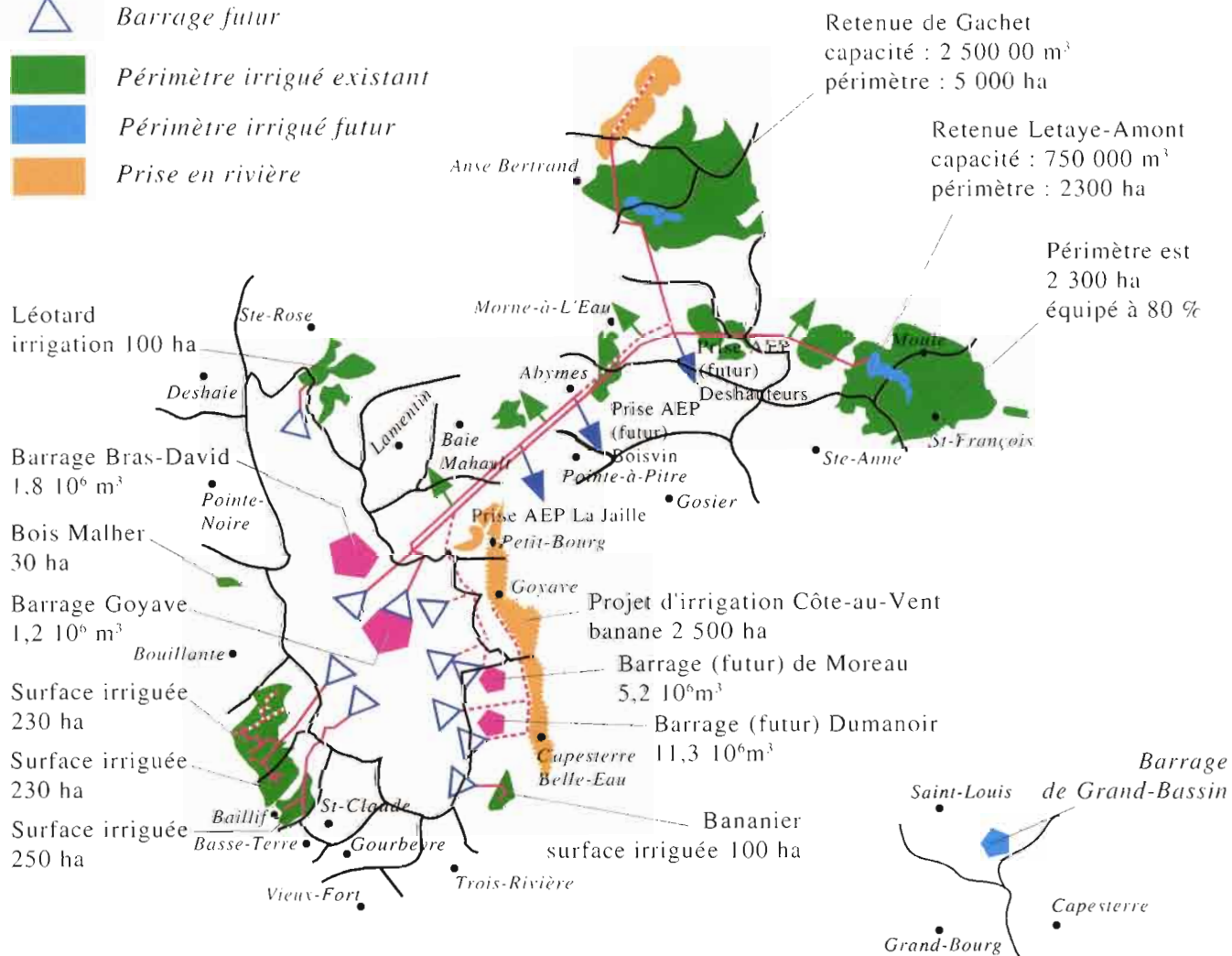
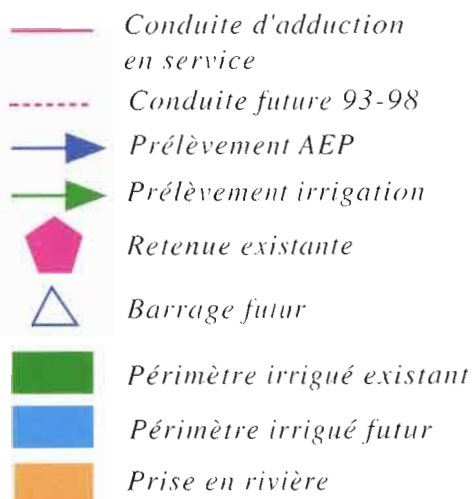
Irrigation des GFA de la réforme foncière.

## L'utilisation de l'eau

Le Département, propriétaire du réseau, en a confié la gestion par contrat d'affermage à la SOGEA, qui exploite déjà pour le compte du SIAEAG le réseau primaire d'eau potable et gère donc au mieux la connexion et les transferts de l'un à l'autre.

La SOGEA fournit chaque année au propriétaire et au maître d'œuvre (la DAF) l'état des consommations et des surfaces sous-crites en irrigation.

84



Le schéma d'irrigation.

Les surfaces souscrites restent très inférieures aux surfaces équipées car la plupart des parcelles plantées en canne ne sont effectivement irriguées que l'année de la replantation. Les volumes délivrés pour l'agriculture, même augmentés de ceux qui sont reversés au réseau d'eau potable, n'atteignent donc pas toujours la limite de production et l'excédent peut être vendu (à un tarif supérieur dit "industriel") à d'autres utilisateurs comme le golf de Saint-François ou l'usine Gardel.

## Le programme d'irrigation de la Côte-au-Vent

L'aménagement prévu pour l'irrigation de la Côte-au-Vent comporte les ouvrages suivants : trois prises d'eau en rivière (Grand-Carbet, Pérou, et Moreau), trois conduites d'adduction aux réservoirs prévus à Dumanoir et Moreau pour soutenir le débit d'étiage quinquennal (1 et 0,5 million de mètres cubes respectivement), et une conduite principale de distribution reliant Capesterre à Petit-Bourg, sur laquelle se grefferont les antennes secondaires.

Ce programme sera réalisé en plusieurs tranches fonctionnelles : la première est en cours et permettra en 1994 d'irriguer 1 800 ha environ sur la commune de Capesterre.

L'Association syndicale autorisée d'irrigation agricole de la Côte-au-Vent (ASICAV) pourrait assurer la gestion des périmètres irrigués au niveau de la distribution de l'eau.

### Les petits périmètres

Dans les années 1980, des syndicats communaux ou intercommunaux ou des propriétaires regroupés en associations syndicales autorisées ont pris l'initiative de créer et de gérer eux-mêmes des petits périmètres alimentés par les rivières proches, notamment en Côte-sous-le-Vent : conçus par la DAF, ces équipements ont été réalisés avec le soutien du Département, de l'État et parfois même de la CEE.

Enfin Marie-Galante, qui connaît les mêmes besoins que la Grande-Terre, ne peut bénéficier des mêmes équipements ; aussi la commune de Saint-Louis avait-elle aménagé une retenue collinaire de collecte des eaux de pluie (80 000 mètres cubes) aux fins d'irrigation d'un périmètre nécessairement réduit. Mais faute de consensus, l'équipement de distribution a dû être ajourné pendant des années jusqu'à ce que le Département se déclare maître d'ouvrage et inscrive l'opération à son budget 1992.

Le BRGM et l'Orstom ont réalisé l'étude de présélection des sites de stockage localisés sur le haut bassin de la rivière Saint-Louis dans le souci d'épargner le plus possible de terrains cultivables.

## Les autres utilisations

### L'HYDROÉLECTRICITÉ

Moins de 10 % des 82 cours d'eau de la Guadeloupe sont susceptibles d'être équipés de micro (puissance inférieure à 1 000 kW) ou minicentrales (puissance inférieure à 4 500 kW).

Un programme est en cours de réalisation sur la commune de Capesterre. Les rivières concernées sont le Grand-Carbet, le Pérou, la Grande-Rivière de Vieux-Habitants, la Grande-Rivière de Capesterre, Grande-Anse et Bananier.

La puissance installée sur une dizaine de petites centrales, sera au total de l'ordre de 30 MW. Elle correspond au quart de la puissance de pointe que délivre actuellement l'EDF (115 MW).

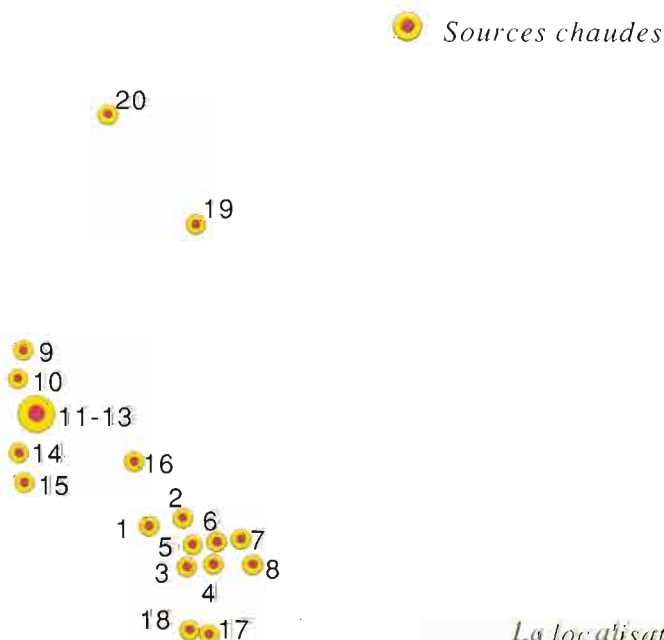
*Les autres utilisations*

85

### LE THERMALISME

#### Les sources thermales

La Basse-Terre abrite le volcan actif de la Soufrière ; il est donc normal d'y retrouver des sources chaudes compte tenu des gradients de température importants existant en profondeur.



*La localisation des sources thermales en Basse-Terre.*

Les sources et nappes d'eau chaude se regroupent autour de secteurs bien délimités et les rares émergences isolées correspondent à des remontées d'eau chaude le long de failles importantes. Les sources du secteur de Bouillante sont liées à l'existence d'une zone géothermique active.

Les **caractéristiques physiques** de ces sources chaudes indiquent :

- des températures comprises généralement entre 50 °C et 30 °C ;
- des valeurs de pH s'étalant de 4 et 8 et d'une relative stabilité en général.

86

Les conductivités mesurées permettent de distinguer trois types d'eaux qui présentent des **caractéristiques chimiques** similaires :

- le groupe des sources sulfatées calciques réparties à proximité du dôme de la Soufrière, sources dont la minéralisation résulte en grande partie du lessivage de produits d'altération fumerollienne ; les eaux chaudes peuvent également contenir des quantités non négligeables de chlorures et de magnésium, selon que les aquifères captent directement ou non les gaz d'origine magmatique ;
- le groupe des sources bicarbonatées sodiques ou calco-sodiques résultant de la dissolution par des eaux météoriques de la roche-type andésitique de la région. Ce sont généralement des sources à forts débits et issues d'aquifères importants dans lesquels l'eau est parfois en équilibre avec la roche-réservoir ;
- le groupe des sources chlorurées sodiques issues du mélange d'eau douce souterraine et d'eau de mer, émergeant aux altitudes les plus

basses, voire en bord de mer, sur ou au voisinage du champ géothermique de Bouillante.

Du point de vue de leur **origine**, toutes les eaux thermales de la Guadeloupe sont récentes (âges inférieurs à 20 ans) et d'origine météorique, même si on peut admettre dans quelques cas un héritage magmatique qui serait alors tout à fait négligeable.

La **minéralisation** de la plupart des eaux chaudes résulte de :

- l'hydrolyse des minéraux des roches soumises à l'interaction eau-roche ;
- la dissolution par les eaux de minéraux hydrothermaux issus de l'interaction gaz-roche ;
- l'action des gaz volcaniques sur les aquifères, l'interaction gaz-eau.

### Les possibilités d'exploitation

L'exploitation des eaux thermales est soumise à un certain nombre de contraintes (accès, débits, protection...), faisant que seul un petit nombre d'entre elles peuvent répondre aux critères exigés par la réglementation, ce sont :

- la **source des Bains Chauds du Matouba**, liée à l'existence d'une faille orientée est-ouest qui favorise la remontée des eaux. Le captage de cette source a été réalisé en avril 1959. Les eaux sont actuellement conduites vers la station thermale Harry Hamousin, unique station agréée des Antilles ;
- les **sources chaudes du secteur de Dolé** réparties en deux groupes :
  - les sources Capès ;
  - les sources Dolé.

Ces deux groupes de sources, bien que situés à 6 kilomètres de la Soufrière, ne sont pas directement liés au volcan ; seul le gradient géothermique en profondeur permet le réchauffement des eaux avant leur ascension puis leur résurgence.

Dolé-les-Bains a été la première station "thermale" de la Guadeloupe ; rien ne subsiste de l'hôtel, jadis prospère, qui y était implanté ; cependant, les perspectives et les volontés d'exploitation affichées sont réelles et fondées.

Les sources Dolé au débit de 120 litres par seconde, sont captées et embouteillées sous l'appellation "eau de source Capès-Dolé" :

- la **source de Ravine Chaude**, sur le territoire de la commune du Lamentin, débite environ 40 litres par seconde d'eau à 33° C. L'établissement thermal municipal, relativement bien équipé, est ac-



tuellement en totale rénovation. Il est utilisé pour les bains d'agrément et très fréquenté par la population : 500 à 700 entrées par jour en période de pointe (vacances scolaires) ;

— la **source chaude de Sofaïa** qui se situe au nord de la Basse-Terre sur le territoire de la commune de Sainte-Rose. Les eaux sulfureuses ont un débit de 1,3 litre par seconde et une température constante de 31°C. Le pH acide de ces eaux est lié à la présence de gaz carbonique libre (50 à 60 mg/l), d'anhydride sulfureux (H<sub>2</sub>S) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Seul le faible débit peut faire obstacle à l'exploitation de cette source à des fins médicales (dermatologiques) ; son type d'eau sulfureuse étant mondialement recherché.

Le **centre thermal Harry Hamousin** est agréé par le ministère de la Santé, par arrêté du 14 mai 1976.



*La cascade aux écrevisses.*

Les eaux "sulfureuses" (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>), sulfatées calciques, à 58°C, sont captées à la source située au lieu-dit "les Bains chauds de Matouba" et conduites sur 600 mètres vers le centre thermal où,

à 40°C, elles sont utilisées pour les indications suivantes :

- affections du nez, de la gorge, des oreilles ;
- maladies articulaires ;
- dermatoses.

Les cures prescrites en dermatologie concernent, selon les médecins prescripteurs, essentiellement les dermatoses chroniques, avec de très bons résultats dans les psoriasis.

## LA GÉOTHERMIE

Le champ géothermique de Bouillante est le seul site géothermal exploité en France et aux Antilles pour la production d'électricité.

Dès 1967, les sociétés EURAFREP et EDF ont entrepris des recherches qui ont abouti, en 1977, à la découverte d'un réservoir profond d'eau chaude à 242°C. Ainsi, quatre forages ont été réalisés.

Les résultats de ces études ont conduit à l'installation sur ce site d'une centrale géothermique expérimentale utilisant le mélange eau-vapeur issu d'un des forages. Actuellement couplée au réseau EDF, cette centrale, complètement automatique et autonome, fournit entre 4 000 et 5 000 kW, soit 5 % de la production actuelle en Guadeloupe. L'eau chaude résiduaire, à une température de 100°C, est pour l'instant d'abord refroidie, avant d'être évacuée à la mer avec ses "boues géothermales". L'exploitation de ces boues à des fins thérapeutiques pourrait être un atout supplémentaire pour le développement du tourisme de santé dans la région de Bouillante.

Les **sources chaudes du secteur de Bouillante**, artésiennes et généralement dues à un réseau de failles, fissures et diaclases au sein des formations andésitiques, laves massives et/ou pyroclastites, sont en liaison directe ou indirecte avec le système géothermique. Leur exploitation pour un tourisme de santé et de loisirs pourrait être un important facteur de développement pour cette région de la Côte-sous-le-Vent.

En définitive, le potentiel hydrothermal de la Guadeloupe apparaît économiquement important ; une bonne maîtrise des programmes et des projets en matière de thermalisme curatif, de tourisme de santé et de tourisme de loisirs autour des sites thermaux pourrait être une des solutions au problème crucial de l'emploi qui touche la région. ■

Les autres utilisations

87



# LA QUALITÉ DE L'EAU

## Pollution de l'eau et dégradation de l'environnement

Jean-Jacques Jérémie  
Jean-Pierre Hangouel  
Karine Lamour  
Christine Micheneau

**E**n Guadeloupe, les agressions subies par les eaux douces sont de trois types :

- les atteintes physiques ;
- les pollutions chimiques ;
- les contaminations bactériologiques.

89

Pour l'essentiel, ces agressions peuvent être rapportées aux exigences de la croissance et du développement économique. C'est un fait que l'augmentation du niveau de vie et de production, tout en améliorant l'hygiène et la santé publique, crée, trop souvent des déséquilibres dans l'environnement naturel. Ces modifications sont induites par :

- le développement des activités industrielles ;
- la modernisation et la diversification des activités agricoles ;
- l'accroissement des centres urbains et des besoins domestiques.

Les pollutions industrielles trouvent leurs sources au niveau des :

- établissements d'extraction de matériaux des rivières ;
- sociétés de concassage à proximité des cours d'eau ; (cf. "L'exploitation des rivières de la Guadeloupe et ses conséquences" CCEE, juin 1988)
- sucreries ;
- distilleries.

Les établissements d'extraction de matériaux surcreusent généralement le lit des rivières et induisent des phénomènes d'érosion régressive pendant les périodes de crues, qui destabilisent à plus ou moins long terme les fondations des ouvrages situés en amont ; en effet, les modifications apportées sur une rivière en un lieu donné peuvent provoquer une rupture de l'équilibre général du profil de son lit, avec des conséquences parfois dramatiques.

Les sociétés de concassage de matériaux à proximité des cours d'eau rejettent, lors du lavage des cailloux et blocs rocheux, des particules fines qui restent en sus-

pension dans les eaux et dont les sels (phosphates et nitrates en particulier) se dissolvent dans l'eau. La turbidité augmente : les végétaux dépérissent par manque de lumière, les organismes vivants sont asphyxiés. Seuls les peuplements ayant une mobilité importante peuvent migrer.

Les sucreries et distilleries rejettent, souvent directement et sans traitement, leurs effluents dans les rivières par l'intermédiaire de canaux à ciel ouvert. Ces rejets sont principalement :

20

- les vinasses de mélasse ; pour le rhum industriel ;
- les vinasses de vesou, pour le rhum agricole ;
- les résidus de lavage à la soude des cuves de fermentation.

Ces pollutions sont saisonnières et se manifestent par :

- une concentration importante d'alevins de *Tilapia mossambica* au niveau des rejets ;
- une coloration des eaux, due à la présence de polyphénols (tanins) ;
- l'existence sur les berges et sur les gros blocs de la rivière de longs filaments gélatineux blanchâtres que l'on observe également dans les canaux d'évacuation des eaux usées ;
- en eau calme, en aval, la présence de diptères (*Syrphidae*) caractéristiques des milieux fortement pollués.

Les remèdes préconisés sont généralement faciles à mettre en œuvre. Ce sont, entre autres :

- la collecte des eaux de lavage et la mise en place de bacs de décantation pour les carrières ;
- l'épuration des effluents des distilleries et sucreries.



*Rejet industriel en rivière.*



*Culture de la canne à sucre en Grande-terre.*

Les pollutions d'origine agricole trouvent leurs causes dans les traitements chimiques, souvent spécifiques des bananeraies, des champs de cannes et des cultures maraîchères.

Aujourd'hui, la culture de la banane nécessite de nombreux traitements, principalement un traitement insecticide contre les nématodes (vers vivants dans le sol ou en parasite de l'homme et des animaux) et le charançon ; les organochlorés sont utilisés en abondance et parfois remplacés par des carbamates. De plus, des traitements herbicides sont régulièrement appliqués aux jeunes plantations et des traitements fongicides sont réalisés par voie aérienne.

Si, pour la canne à sucre, les problèmes phytosanitaires ont été résolus par des moyens non chimiques (sélection végétale, lutte biologique,...), l'homme intervient encore avec des produits chimiques pour les opérations de désherbage.

Les activités de maraîchage intensif conduisent l'agriculteur guadeloupéen à utiliser de grandes quantités de pesticides à l'hectare ; souvent guidé par des soucis de rentabilité, il ne respecte pas les délais d'épandage avant la récolte.

Outre le fait que ces pesticides peuvent se retrouver dans les produits vendus sur le marché, ils sont souvent lessivés par les pluies et les eaux d'arrosage et aboutissent dans les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine.

Les pollutions urbaines et domestiques sont à rattacher aux eaux usées, ordures et déchets solides, agents pathogènes et substances toxiques associées (métaux, pesticides, composés volatils,...), facteurs de contamination bactériologique et de pollutions organique et/ou minérale. Les familles chimiques les plus préoccupantes en Guadeloupe pour l'eau et l'environnement sont :

- les détergents anioniques, contenus essentiellement dans les détergents commerciaux et les produits cosmétiques ;
- les hydrocarbures aromatiques, toxiques et pour la plupart cancérigènes, qui sont peu solubles et s'accumulent dans les organismes ;
- le lindane et les pesticides organochlorés utilisés dans le traitement des bananeraies ;
- les PCB (polychlorobiphényles), que l'on trouve dans les transformateurs, condensateurs, peintures, encres, plastiques... ;
- les polluants métalliques : cadmium, fer, plomb, zinc, mercure, cobalt, chrome, cuivre, manganèse, nickel... issus des rejets sauvages dans le milieu naturel des huiles de moteur notamment.

Les actions à entreprendre pour limiter ces pollutions organisées touchant le monde agricole et le milieu urbain sont de divers ordres et à axer sur :

- l'évaluation globale de la pollution ;
- le suivi de chacun des produits polluants déjà identifiés, l'étude de leur rémanence et de leur aptitude à la dégradation biologique et chimique dans la région.

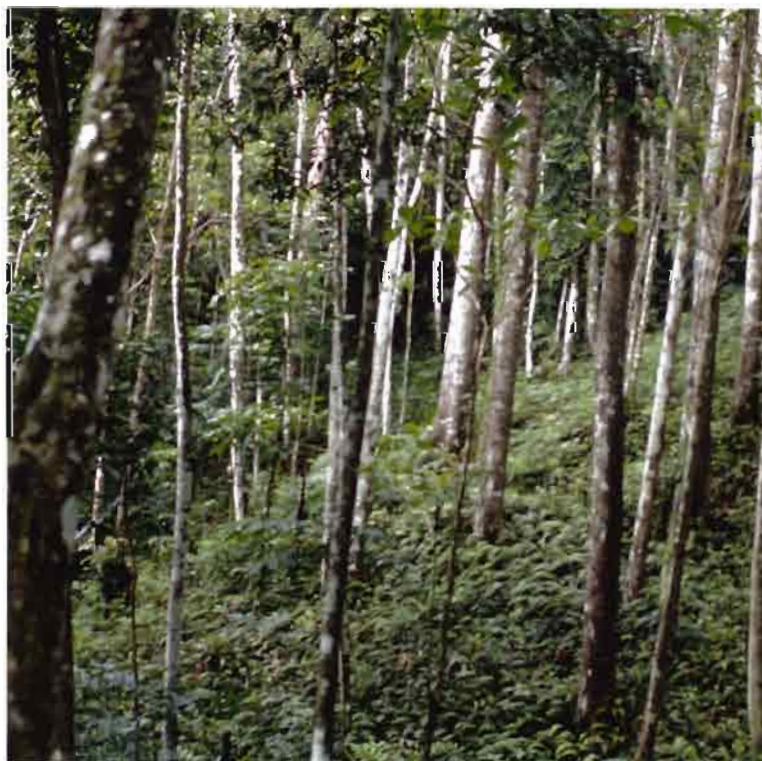
Pour les effluents urbains collectés, la simple décantation primaire peut permettre d'atteindre un taux d'abattement moyen de la charge polluante proche de 50 % .

Aux pollutions d'origine industrielle, agricole, urbaine et domestique, s'ajoutent des atteintes telles que l'utilisation des rivières par les lavandières et par les automobilistes pour le lavage de leur véhicule et surtout, la multiplication des décharges sauvages dans des "rivières et ravines-poubelles" qui participent ainsi à la contamination et à la pollution chimique et organique des eaux.

L'agression sauvage la plus importante reste cependant la déforestation, qui engendre souvent des déséquilibres climatiques, hydrologiques et pédologiques, et porte atteinte à la faune et à la flore. Une brochure du CCEE "la déforestation et ses conséquences" présente les problèmes posés par la disparition progressive du patrimoine forestier dans certains secteurs en Guadeloupe.

**La qualité  
de l'eau**

91



*Plantation de teck en Basse-Terre.*

On rappellera ici :

- les rôles de la forêt :
  - rôle économique pour la production de bois ;
  - espace de loisirs privilégié de détente et de récréation ;
  - rôle de protection des écosystèmes,
- les conséquences irréversibles de la destruction de la forêt :
  - disparition de nombreuses espèces fauniques et floristiques ;
  - destruction des sols entraînant l'hypersédimentation des milieux côtiers (disparition des herbiers, des coraux et des écosystèmes associés) ;
  - modification des microclimats allant vers une diminution de la pluviométrie ;
  - augmentation du caractère dévastateur des crues,
  - diminution de la recharge des nappes d'eau souterraine ;
  - dépendance vis-à-vis de l'extérieur pour l'approvisionnement en bois ;
  - atteinte à un patrimoine et diminution du potentiel touristique.

Il est donc impératif de protéger et d'enrichir les forêts existantes, de reboiser les terres incultes, de multiplier les campagnes de plantation et de sensibiliser à la protection de cet important patrimoine forestier qui existe en Guadeloupe. La lutte contre les agressions organisées ou sauvages nécessitent aussi une information et une prise de conscience individuelle et collective.

Les effets des pollutions sur la toxicité des eaux se répercutent très vite sur la santé de l'homme et la vie aquatique. Les risques

connus et encourus sont fonction de la nature de la pollution :

- les maladies correspondant à des carences en certains éléments chimiques (fluor, iode...) ou au contraire à des excès d'autres composants, nitrates par exemple ;
- les intoxications liées à l'ingestion de pesticides et de métaux lourds (plomb, mercure, cadmium...) accumulés dans les organismes vivants, voire présents dans l'eau de consommation elle-même ;
- les contaminations résultant de l'existence de parasites dans les eaux (bilharziose, dysenteries, parasitoses, colibacillose...).

Risques auxquels on ajoutera la dengue, dont le développement est accru par l'existence de gîtes à moustiques favorisée par celle des décharges sauvages.

La faune des eaux douces est bien sûr très sensible aux diverses formes de pollution.

Seules une vingtaine d'espèces de poissons et une quinzaine d'espèces de crevettes ont été inventoriées en eaux douces à la Guadeloupe.

L'étude des rivières de la Basse-Terre conduit à deux zones de peuplement :

- la partie aval des cours d'eau où dominent les poissons prédateurs ; selon les profils des rivières, cette zone s'étend de 2 à 10 km depuis l'embouchure et jusqu'à l'altitude d'une cinquantaine de mètres ;
- la partie amont au-delà de cette altitude où ce sont généralement les crevettes qui dominent.

La reproduction de l'ensemble des espèces de crevettes et de nombreuses espèces de poissons semble s'effectuer dans les eaux saumâtres des estuaires et des mangroves ou dans les eaux du littoral. Ce n'est qu'à l'issue de leur développement larvaire dans ces milieux riches en plancton que ces espèces remontent en eaux douces peu minéralisées et uniquement enrichies par la matière organique provenant du lessivage des sols et de la chute des feuilles.

On comprend ainsi la fragilité de cet écosystème puisque l'essentiel du recrutement de sa faune provient de la zone littorale, zone la plus sensible à l'accumulation des pollutions liées aux activités agricoles, industrielles et humaines.

De la même façon, l'homme agit sur la flore des eaux douces. Dans les régions karstiques de la Grande-Terre, par exemple, les cuvettes de dissolution (dolines) des calcaires sous-jacents sont souvent occupées par des mares temporaires ou permanentes qui évoluent vers un comblement avec pour corollaire une

évolution de la végétation vers la formation de fourrés et bosquets. La pression de l'occupation humaine conduit à la récupération de ces mares de dolines pour l'extension des cultures, menaçant ainsi de disparition non seulement l'ensemble de la flore mais plus généralement la totalité de ses biotopes.

En fait, les diverses sources d'agressions, de pollutions et de contaminations des eaux douces de Guadeloupe, qu'elles soient ponctuelles ou diffuses, tant en milieu urbain qu'en zone rurale, sont connues. L'évaluation déjà entreprise des polluants, ainsi que l'étude de leurs processus d'action et d'évolution dans leurs milieux récepteurs, devrait permettre de mettre en œuvre, lorsqu'elles existent, les techniques appropriées, d'affiner les réglementations en cours et d'une façon générale de sensibiliser les populations et les décideurs.

## L'assainissement

Après utilisation par l'homme, l'eau, si elle n'est pas épurée, revient souillée au milieu naturel et engendre un tel flux de pollution que les capacités d'auto-épuration sont le plus souvent dépassées. La dégradation progressive des milieux récepteurs s'accompagne de toutes sortes de troubles physiques, biologiques et sanitaires qui à terme iraient jusqu'à compromettre la ressource elle-même. C'est pourquoi l'assainissement des eaux usées aussi bien domestiques qu'industrielles est une nécessité, qui concerne parfois les eaux pluviales, souillées par "lavage" des chaussées, aires industrielles et autres.

## LES EAUX PLUVIALES

D'une façon générale, les eaux pluviales sont évacuées par de courts tronçons de canalisation vers des exutoires naturels, principalement la mer. Les réseaux sont de type séparatif : les eaux pluviales ne rejoignent pas les eaux usées domestiques ni, par conséquent, les stations d'épuration. La pollution par les eaux pluviales est demeurée jusqu'alors suffisamment faible et dispersée pour ne pas justifier de mesures d'épuration spécifiques.

Cependant les progrès de l'urbanisation et du trafic imposent de reconsidérer le problème : ainsi, les eaux collectées sur les ouvrages routiers à grande circulation seront traitées avant rejet dans des bassins de décantation-filtration.

*La qualité  
de l'eau*

93

## L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF

Dans la plupart des agglomérations, les eaux usées sont récupérées dans un réseau d'assainissement collectif et dirigées sur une station d'épuration qui rejette les effluents à la mer après traitement. Au-delà des préoccupations concernant la salubrité des plages et le développement du tourisme, on imagine l'importance écologique de cette opération.

La Guadeloupe est relativement bien équipée : l'inventaire de l'assainissement des communes rurales réalisé en 1990 dénombre 19 stations d'une capacité totale de 57 700 équivalent-habitants pour une population desservie de 50 600 habitants (dont 5 060 équivalent-saisonniers). Six autres stations représentant 14 000 équivalent-habitants sont prévues d'ici 1994, l'équipement devant être achevé avec 4 unités supplémentaires en l'an 2 000. Dans le même temps, sont prévus la création ou l'extension des réseaux correspondants et le doublement des stations trop petites (les stations qui fonctionnent en sous-capacité ne jouent pas correctement leur rôle). À cela, il faut ajouter la station de Jarry qui traite, après transfert par canalisation sous-marine, les eaux urbaines de Pointe-à-Pitre Abymes, correspondant à une population de près de 55 000 habitants. La capacité actuelle de la station est saturée et l'achèvement des travaux de doublement devient particulièrement urgent.

Cependant, ce dispositif souffre d'une faiblesse certaine dans le domaine de la maintenance. Des dysfonctionnements graves se manifestent sur des durées trop

longues (manque de disponibilité ou de qualification du personnel, problèmes de stocks, délais de livraison, difficultés budgétaires...) et abaissent fâcheusement l'efficacité globale de l'épuration.

Un effort tout particulier reste à faire pour prévenir les pannes et réduire très sensiblement les délais de réparation. Pour cette action, un service d'assistance technique à l'exploitation des stations d'épuration (SATESE) fait cruellement défaut.

94

## L'ASSAINISSEMENT AUTONOME

Avec le doublement imminent de la station d'épuration de Jarry, la capacité théorique d'épuration avoisine 169 000 équivalent-habitants pour une population effective de 387 000 habitants, sans compter les saisonniers. En effet, pour des raisons techniques et économiques, seule la population agglomérée peut être desservie par un réseau d'assainissement collectif. Dans les zones d'habitat diffus, une autre solution s'impose : l'assainissement autonome. Les modalités peuvent être assez variées selon les situations mais deux systèmes prédominent en Guadeloupe : les fosses septiques "toutes eaux" avec épandage souterrain pour les habitations individuelles (jusqu'à 10 équivalent-habitants) et les micro-stations d'épuration pour les ensembles plus importants (jusqu'à 1 000 équivalent-habitants).

Les fosses septiques dites "toutes eaux" assurent un prétraitement par décantation et fermentation anaérobie de toutes les eaux domestiques (eaux-vannes

et ménagères), les eaux pluviales étant impérativement exclues. Un tel dispositif nécessite peu d'entretien, ne consomme pas d'énergie et son coût d'installation est raisonnable. Mais l'effluent en sortie de fosse est insuffisamment épuré et ne peut en aucun cas être rejeté tel quel en ravine ou rivière. L'épandage souterrain par drains distributeurs horizontaux à faible profondeur permet de compléter le traitement. Ce sont en effet les bactéries aérobies des couches superficielles du sol qui assurent l'essentiel de l'épuration. La longueur de l'épandage dépend des caractéristiques du sol et de la taille de l'habitation. En tout état de cause, l'utilisation de puisards en sortie de fosse est formellement interdite car il n'y a pas en profondeur l'aération nécessaire à la dégradation des matières organiques.

La fosse septique "toutes eaux" offre une réponse efficace et fiable au problème de l'assainissement individuel dans la plupart des cas. Mais dans certaines situations de terrain imperméable, à nappe phréatique superficielle, à forte pente ou par manque de place, elle est inapplicable : le service hygiène et environnement de la DDASS adapte alors au cas par cas d'autres solutions techniques. Ce service donne son avis sur chaque installation nouvelle et vérifie sur le terrain la conformité aux prescriptions techniques et réglementaires de façon à prévenir les nuisances que ce type de dispositif peut occasionner en cas d'erreur de conception.

L'assainissement individuel des habitations régulièrement déclarées et autorisées est donc très satisfaisant. Cependant les constructions illégales, très nombreuses en Guadeloupe et le plus souvent dépourvues d'assainissement, continuent de polluer les canaux, ravines et rivières.

Pour les hôtels ou lotissements éloignés des réseaux, les microstations sont en plein essor (60 unités installées en 1990) : elles se présentent sous forme de modules standards généralement en résine synthétique et fonctionnent, comme les stations d'épuration communales, sur le principe intensif des boues activées. Elles assurent donc normalement une bonne épuration mais exigent un entretien minutieux des pièces électromécaniques (pompes et aérateurs) d'autant plus nécessaire qu'elles sont dépourvues de systèmes de prétraitement. En cas de mauvais fonctionnement, inévitable parfois en raison de la sous-qualification du personnel et en l'absence de contrôle systématique de ce parc en expansion, la pollution est très importante. La DDASS impose donc un complément par épandage souterrain à faible profondeur ou



un système de recyclage par arrosage au goutte-à-goutte.

## LE TRAITEMENT DES EAUX INDUSTRIELLES

Les rejets industriels dangereux sont heureusement peu nombreux en Guadeloupe et le Conseil régional a pris le parti de refuser l'implantation d'industries lourdes.

Mais les petites et moyennes industries, notamment les industries extractives et l'agro-industrie, engendrent des nuisances considérables. Eaux de process, eaux de lavage et même eaux pluviales chargées de toutes sortes de résidus épars sur les aires de manutention et les parkings, tout est le plus souvent rejeté dans le milieu naturel.

Avec un soutien financier et une assistance technique forte, on a pu mettre en œuvre des solutions satisfaisantes dans certaines unités. La DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement) a saisi l'opportunité d'un financement communautaire spécifique pour proposer à chaque établissement classé de réaliser un diagnostic subventionné à 80 %, précis et débouchant sur un projet concret de dépollution. Par ailleurs, les programmes publics d'aide à la modernisation industrielle subordonnent de plus en plus leur intervention à la mise en place d'équipements de dépollution. La combinaison de ces mesures devrait permettre d'améliorer sensiblement la situation. Mais il faut aussi faire comprendre que, bien intégrés au système de production, les dispositifs de dépollution sont aussi valorisants pour l'entreprise que nécessaires à la conservation des sites.

## Les objectifs de qualité

**E**n application de l'article 3 de la loi du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, des campagnes nationales d'inventaire des eaux douces superficielles et de leur degré de pollution ont été lancées en 1971, 1976 et 1981. En Guadeloupe, ce travail d'inventaire et de diagnostic n'a pu être réalisé qu'en 1987 avec le soutien du Département : il a abouti à la publication d'une carte assortie d'un commentaire et comprenant, outre le classement des cours d'eau selon les indications de la circulaire du 29 juillet 1971, les principales données concernant les débits des rivières, les usages de l'eau, les problèmes sanitaires et les sources de pollution.

*La qualité  
de l'eau*

95

Il apparaît que, si les eaux courantes des bassins versants amont sont d'excellente qualité, la dégradation de la qualité de l'eau est flagrante lors de la traversée des zones habitées et exploitées, au point d'être parfois très préoccupante.

D'après la loi, l'étape suivante est la publication d'un décret dit "d'objectifs de qualité". À l'usage, cette procédure trop lourde a été réservée à des cas très spécifiques et, pour l'ordinaire, une circulaire du ministre de l'environnement a chargé les préfets de faire établir une carte des objectifs que se fixe le Département, dans le domaine de l'eau, à l'horizon de dix ans.

Ces objectifs devront respecter les normes européennes applicables aux sites de baignade ou de prélèvement pour l'eau potable et réaliser le meilleur arbitrage entre deux exigences apparemment contradictoires :

- celle de bénéficier d'une eau propre pour la consommation, les loisirs et les équilibres écologiques ;
- celle de minimiser les coûts de production des entreprises en difficulté, qui sont conduites à rejeter des eaux sales.

D'après la situation actuelle et les techniques de dépollution raisonnablement envisageables, la DAF a émis une proposition d'objectifs de qualité et de mesures destinées à les atteindre. La version définitive aura des implications financières et devra recevoir l'accord du Conseil général.

Ensuite seulement, elle pourra être approuvée par le préfet pour servir de cadre à l'action pratique de

police des eaux et diffusée aux élus locaux, associations et principaux usagers.

Parallèlement, compte tenu de l'importance de l'aquifère de la Grande-Terre pour le développement de cette région, le Département a demandé au BRGM l'étude d'une carte de vulnérabilité des nappes souterraines.

Dans un premier temps, pour disposer d'un outil d'aide à la décision en matière de rejets d'effluents, il a été édité en 1989 une "Carte des risques de pollution" qui permet de visualiser :

96







- la nature des terrains répartis sommairement en trois classes ;
- les points préférentiels d'infiltration vers la nappe depuis la surface du sol ;
- les émetteurs potentiels de pollution.

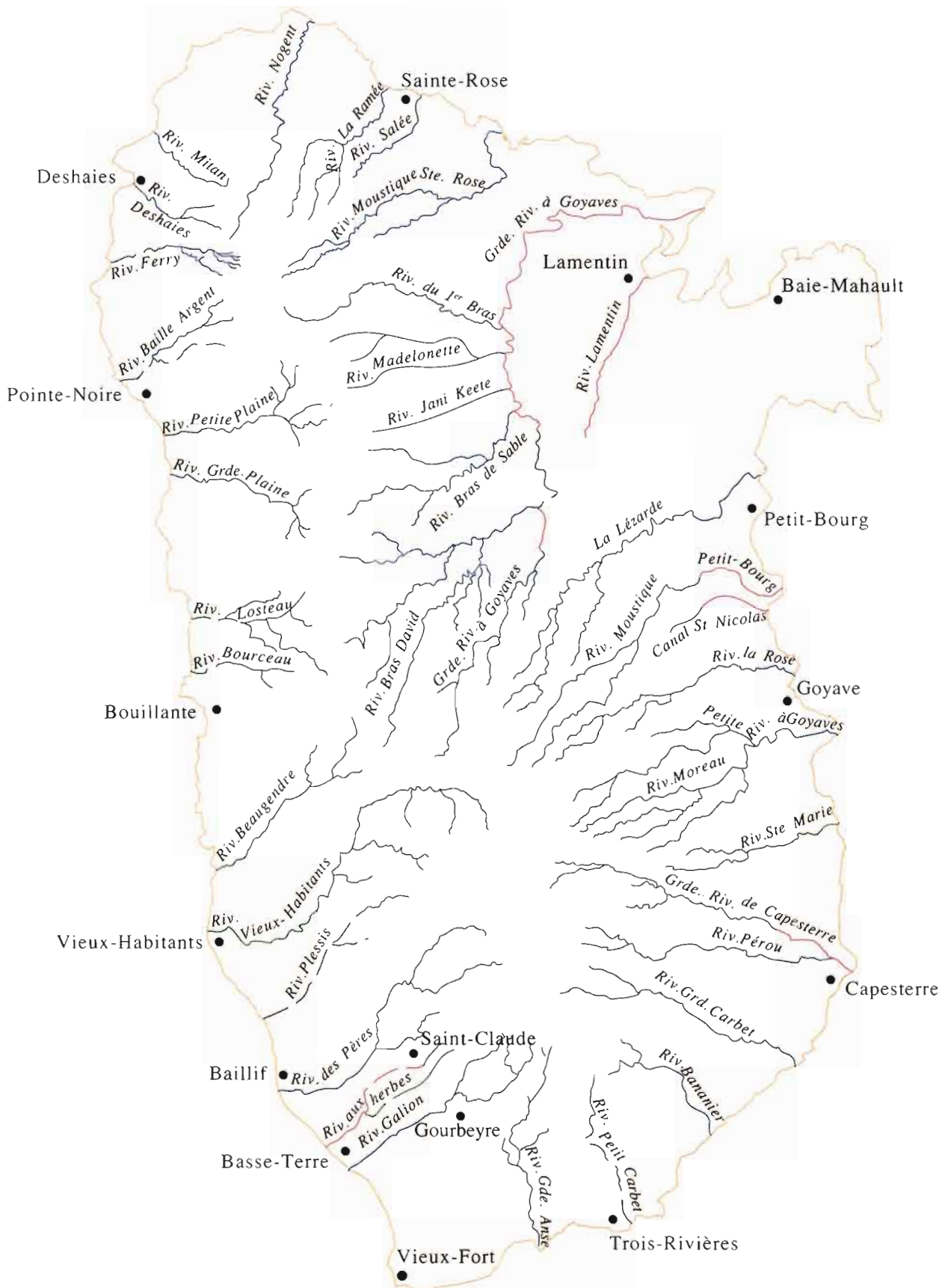
Il en ressort que les risques sont sérieux dans la région des Grands-Fonds et sur l'axe Moule-Sainte-Anne.



Carte de la qualité des eaux superficielles en 1987.

Qualité générale des cours d'eau :

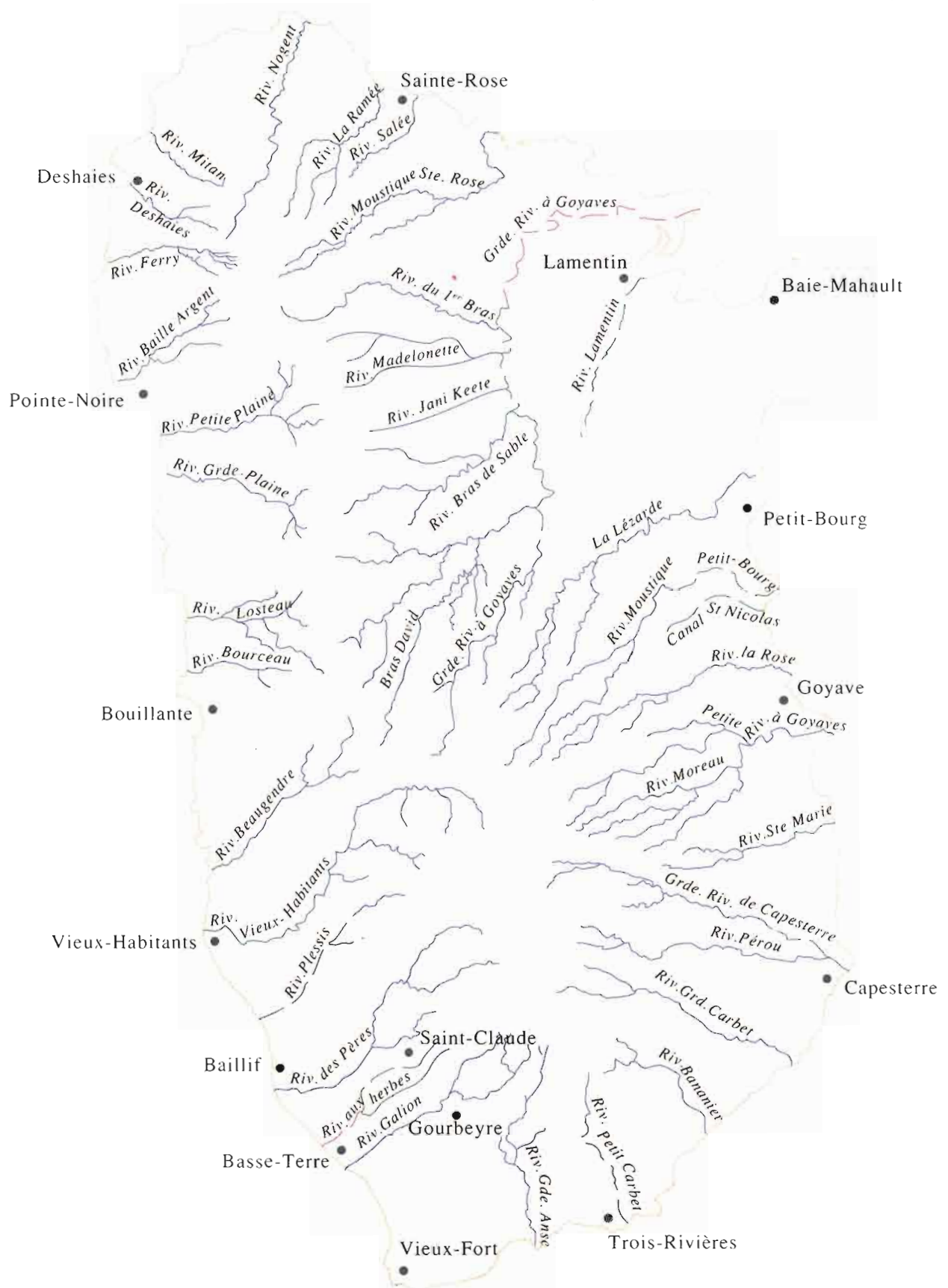
-  Qualité excellente
-  Bonne qualité
-  Qualité moyenne
-  Qualité médiocre - pollution
-  Hors classe - pollution excessive
-  Manque d'eau - échantillonnage impossible








Carte de propositions d'objectifs de qualité des eaux superficielles en 1992.

Qualité générale des cours d'eau :






- Qualité excellente
- Bonne qualité
- - - Qualité moyenne
- Qualité médiocre - pollution
- - - Hors classe - pollution excessive
- - - Manque d'eau - échantillonnage impossible










**Circulation naturelle des eaux et aptitude des terrains à la percolation :**

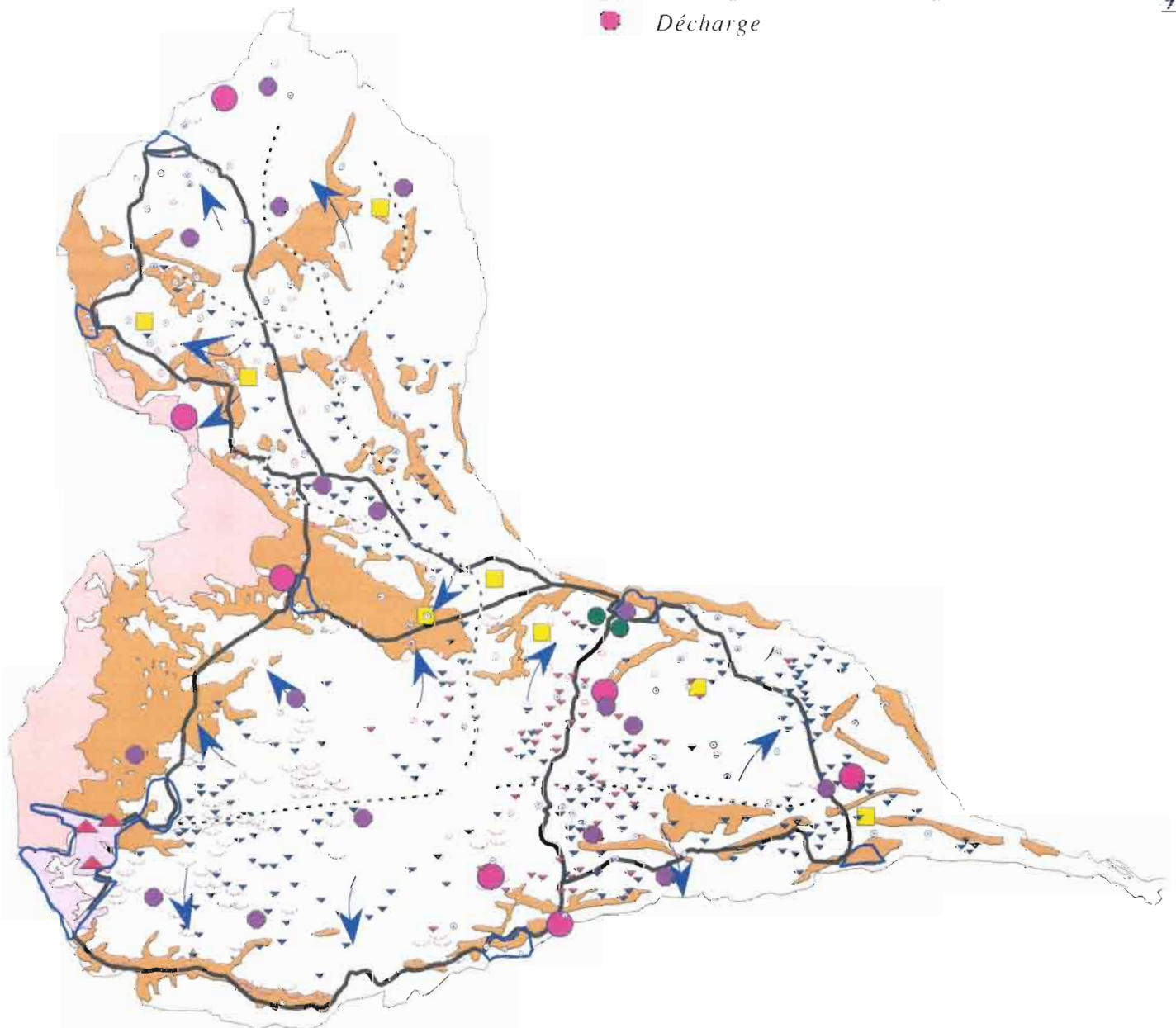
-  Ligne de partage
-  Sens d'écoulement de la nappe
- Calcaires affleurant, cordons littoraux sableux, percolation immédiate et rapide
-  Terrains argileux, percolation plus ou moins lente
-  Mangrove, pas d'écoulement gravitaire
-  Terrains non saturés hétérogènes, percolation plus ou moins rapide

**Points privilégiés d'absorption ou de collecte des eaux :**

-  Petite dépression, doline sèche
-  Petite dépression ou doline en eau
-  Puit
-  Forage
-  Carrière

**Emetteurs potentiels de pollution :**

-  Centres urbains principaux
-  Axe routier à trafic dense
-  Sucrerie, distillerie
-  Élevage industriel
-  Abattoir
-  Stockage de produits dangereux
-  Décharge



Carte des risques à la pollution de la nappe de Grande-Terre.



# LA GESTION DE L'EAU

Christine Micheneau

Marc Merell

**L**es besoins en eau domestique, touristique et surtout agricole, ont fait l'objet d'une évaluation par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt dans le cadre du schéma d'utilisation des eaux présenté plus loin. Cette demande, émanant pour les deux tiers de la Grande-Terre, s'accroît fortement avec le développement socio-économique de l'archipel.

101

Bien évidemment, cette demande augmente sensiblement pendant les périodes sans précipitation. Or, en période de sécheresse, les ressources en eau de surface sont inexistantes en Grande-Terre et limitées en Basse-Terre à des écoulements relativement faibles. Par ailleurs, une surexploitation de ces ressources diminue sensiblement les débits des cours d'eau et aggrave l'impact des pollutions (pesticides, engrais, rejets des usines sucrières, etc.).

Finalement, on constate, dès à présent, que la disponibilité des ressources au fil de l'eau de la Basse-Terre en période de sécheresse, soit 10 à 12 mètres cubes par seconde, n'est pas suffisante pour satisfaire les besoins (plus de 5 mètres cubes par seconde), si l'on veut préserver l'équilibre des milieux naturels.

La sécheresse récente de 1987, notamment dans le sud de la Basse-Terre, a entraîné des pénuries prouvant que la demande en eau potable ne pouvait être totalement satisfaite par une simple production au fil de l'eau sans stockage.

Plus récemment, en 1991, alors que les débits d'étiages étaient sensiblement normaux, la production ne satisfaisait pas la forte demande en eau d'irrigation justifiée par la sécheresse qui a sévi en Grande-Terre.

La confrontation des ressources disponibles avec les besoins en eau, en maintenant des débits suffisants dans les cours d'eau, montre la nécessité :

- d'aménager l'exploitation des eaux de surface :
  - en régularisant leur production par l'implantation en Basse-Terre de réservoirs construits sur les cours d'eau les plus productifs ;
  - et en acheminant une fraction des ressources de

la Basse-Terre vers la Grande-Terre ;

— d'intensifier et d'améliorer la production d'eau souterraine.

Il devient alors impératif de considérer la ressource en eau de façon globale et d'en prévoir une gestion rigoureuse. Cela implique que techniquement tout soit mis en œuvre pour planifier cette gestion et qu'administrativement des décisions soient prises pour mettre en place les structures les plus efficaces.

102

## Le schéma d'utilisation de l'eau

**L**a DAF a élaboré en 1986 un document de planification des équipements et investissements destinés à la satisfaction des besoins en eau potable et d'irrigation à l'horizon de l'an 2 000. Il s'appuie sur l'évaluation objective des ressources superficielles et souterraines exploitables, sur la population restant à desservir et sur des hypothèses démographiques et économiques (niveau de vie) d'évolution des consommations.

Ce schéma est en cours de révision, en raison notamment de réajustements démographiques liés au recensement de 1990, mais reste d'actualité dans ses grandes lignes. On estime aujourd'hui à plus de 50 % l'augmentation de la consommation d'eau potable en Guadeloupe entre 1985 et 2 000 pour un accroissement démographique de 16 % dans le même temps. Mais la production destinée à satisfaire cette demande doit tenir compte du rendement médiocre (50 %) des ré-

seaux : on produit deux fois plus d'eau potable qu'il n'en arrive au robinet des usagers.

Pour améliorer ce rendement et atteindre 65 % en l'an 2 000, on a calculé qu'il faudrait à cette date en production de pointe 390 000 mètres cubes par jour contre 290 000 en 1990. Pour l'irrigation, la production prévue à l'achèvement des programmes en cours est de 340 000 mètres cubes par jour de pointe, de façon à couvrir la totalité des besoins lors de sécheresses de récurrence quinquennale.

Si on compare ces prévisions à la production, on met en évidence un déficit particulièrement accusé en Grande-Terre qui sera presque résorbé après l'achèvement des travaux de la conduite mixte, élément majeur du schéma d'utilisation des eaux. Cependant d'autres dispositions s'imposeront également :

— Des prélèvements supplémentaires :

- construction de 14 nouveaux forages et d'un champ captant en Grande-Terre permettant le pompage de 34 000 mètres cubes par jour en pointe ;
- raccordement des sources de Tabaco, soit 10 000 mètres cubes par jour, à la conduite de Belle-Eau Cadeau ;

*L'exploitation de nouvelles rivières n'est pas encore envisagée, mais elle demeure possible dans des conditions écologiques, techniques et financières raisonnables.*

— L'aménagement de barrages de régularisation saisonnière, en soutien des captages de rivières de la Basse-Terre :

*Jusqu'ici on a pu se satisfaire de prélèvements "au fil de l'eau" par des installations dont l'alimentation est insuffisante pendant les étiages, et qui, par ailleurs, ne peuvent pas tirer parti des grandes quantités d'eau écoulées après les fortes pluies. Cependant, on pourra augmenter très sensiblement la production en stockant dans des retenues de régulation le surplus qu'on exploitera en période de basses eaux.*

*Cinq projets doivent voir le jour en Basse-Terre : l'aménagement d'un réservoir de 1,8 million de mètres cubes sur le Bras David et plus tard, d'autres retenues dans le cadre du programme couplé d'irrigation de la Grande-Terre et de la Côte-au-Vent de la Basse-Terre. Les ouvrages de régularisation et de transfert réalisés serviront, en outre, à renforcer l'adduction en eau potable de la Grande-Terre.*

— De nouvelles installations de traitement pour l'eau potable :

- une station de 80 000 mètres cubes par jour sur la conduite mixte à Caduc pour soutenir l'alimentation de l'agglomération pointoise ;



- une station de traitement de 2 fois 5 000 mètres cubes par jour au nord de la Grande-Terre ;
- doublement de la station de Moustique.

— L'amélioration de la distribution d'eau potable. Les opérations envisagées sont :

- l'alimentation des Saintes par canalisation sous-marine à partir de Trois-Rivières ;
- la construction de réservoirs de stockage représentant plus de 100 000 mètres cubes supplémentaires de façon à pallier tout incident de production ;
- le renforcement et l'extension des réseaux existants ;
- l'amélioration du rendement des réseaux par un système généralisé de télé-surveillance (déjà opérationnel) avec recherche systématique des fuites, réparation et remplacement des conduites défectueuses.

— L'éducation des usagers : *Comme il n'y a pas de saine gestion de la ressource sans maîtrise des consommations, il faudra aussi faire prendre conscience aux usagers que l'eau est un bien rare et précieux à n'utiliser qu'à bon escient. Cela n'ira pas sans mal car l'eau est aussi un bien de première nécessité que les collectivités s'efforcent légitimement de délivrer à bas prix sans répercuter la totalité des frais.*

— La planification des aménagements :

*À ce stade de complexité de la gestion des eaux en Guadeloupe, s'impose une planification des hydro-aménagements projetés visant à une optimisation de leur rendement.*

Cette planification passe, on le verra, par la modélisation des écoulements de surface, par la modélisation du fonctionnement des nappes d'eau souterraine et par la modélisation de la gestion globale de l'eau.

## La modélisation du fonctionnement d'un système d'eau

**S**'appuyant sur une analyse prospective des besoins des différents usagers, la gestion rationnelle des ressources en eau implique schématiquement :

- d'envisager les solutions techniques permettant l'exploitation des quantités d'eau mobilisées ;
- de préserver la ressource dans son milieu naturel par le maintien du débit minimal réservé et le contrôle des sources de pollution.

La planification de cette gestion consistera à définir une politique qui visera à respecter au mieux ces exigences, d'apparence contradictoire, de protection de l'environnement (maintien de débits minimums dans les cours d'eau) et de développement économique (satisfaction des demandes).

La modélisation d'un système d'eau consiste à réaliser un logiciel qui simulera, sur une période de plusieurs années, le fonctionnement des hydro-aménagements destinés à prélever, à stocker, à acheminer, à traiter ou à distribuer l'eau, afin de satisfaire les besoins (AEP, irrigation, etc.) sous différentes contraintes de gestion des aménagements et de préservation des milieux aquatiques.

Pour permettre d'apprécier les performances et limites des aménagements projetés par la Direction de l'Agriculture et de la Forêt, l'Orstom, à la demande du Conseil général, a réalisé "HYDRAM" (HYDRo-AMénagements).

Ce logiciel de simulation permet d'envisager facilement différentes évolutions spatiales et temporelles (échancier des aménagements, plans cultureux, règles de gestion...).

Outil d'aide à la planification, HYDRAM apporte aux décideurs des évaluations claires de la fiabilité de desserte en eau, selon divers scénarios envisagés.

Les choix concernant la localisation et le dimensionnement des aménagements à implanter (pri-

*La gestion de l'eau*

103

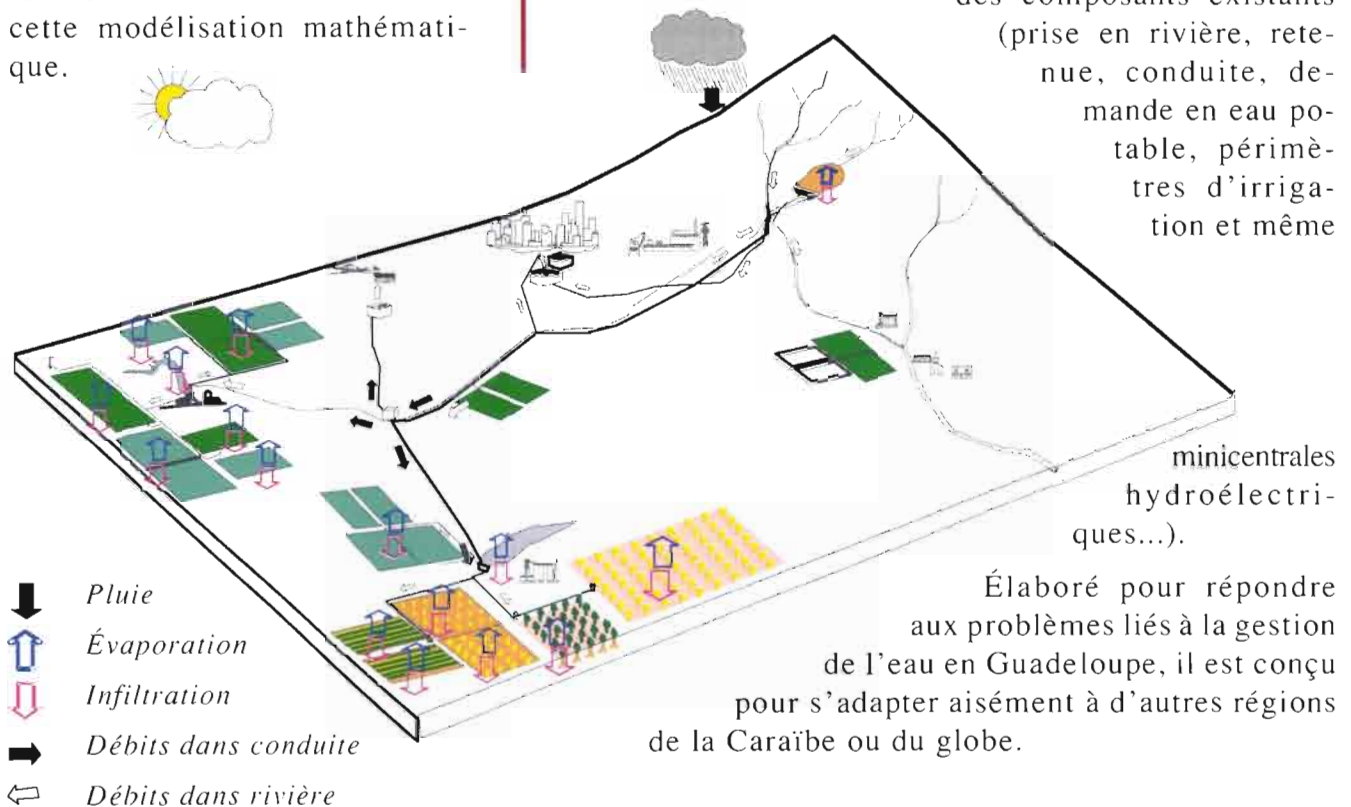
ses d'eau, conduites de transfert, retenues de régularisation ou de stockage, canaux d'irrigation, etc.), et la définition des règles d'une gestion en temps réel (décisions à prendre au jour J) seront basées sur les résultats de cette modélisation mathématique.



d'eau au pas de temps inférieur au mois, adjoints à des modèles de simulation d'écoulement naturel, est fondamental pour mettre en évidence les solutions les mieux adaptées et les points de rupture.

Une des originalités de l'outil réside dans sa fonction de conception interactive, permettant de sélectionner des composants existants (prise en rivière, retenue, conduite, demande en eau potable, périmètres d'irrigation et même

104



*Schéma du système considéré par HYDRAM.*

Les problèmes soulevés sont complexes car ils font intervenir des contraintes hiérarchisées. Par exemple, la non-satisfaction des besoins peut en effet induire différents niveaux de gravité, selon la nature du besoin, la probabilité d'occurrence, le niveau et la durée de la défaillance. Dans les cas où tous les besoins ne pourront pas être totalement satisfaits, des choix devront conduire à définir des priorités. Les solutions à apporter doivent répondre à des objectifs contradictoires, à savoir la satisfaction des besoins et le maintien dans les rivières des débits réservés, ce qui ne se fera pas sans difficultés. L'apport de modèles d'optimisation d'une gestion intégrée des systèmes

## La situation administrative

### LE RÉGIME JURIDIQUE DES EAUX CONTINENTALES

En droit français, les eaux courantes sont classées en deux catégories : les cours d'eau domaniaux et non domaniaux.

Les cours d'eau domaniaux sont inclus dans le domaine public fluvial en raison de leur affectation à des usages généraux, à savoir :

- navigabilité ou flottabilité ;
- besoins en eau de l'agriculture et de l'industrie ;
- alimentation en eau des populations ;
- aménagement contre les inondations.

Le fonds et l'usage de l'eau appartiennent à l'État. Ils sont régis par le code du domaine public fluvial.

Les cours d'eau non domaniaux appartiennent aux propriétaires riverains, qui cependant ne peuvent en user que dans la limite des dispositions du code rural.

La loi n'a jamais été appliquée à une troisième catégorie pourtant prévue : celle des cours d'eau mixtes dont le fonds demeurerait propriété des riverains tandis que l'usage de l'eau serait transféré à l'État.

Les eaux de pluie, éventuellement collectées pour l'alimentation d'étangs et les eaux de source, qui ne donnent pas lieu à un cours d'eau, sont propriété privée.

Enfin, les eaux souterraines sont également propriété privée puisque le code civil stipule expressément que "la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous". Toutefois les fouilles et forages de profondeur supérieure à 10 mètres et les installations de prélèvement dont la capacité dépasse 8 mètres cubes par jour sont soumis à déclaration. De plus, le décret-loi du 8 août 1935 soumet à autorisation préalable, dans certains départements où se trouvent des nappes d'intérêt public, tout puits ou sondage de plus de 80 mètres de profondeur. Ces dispositions ont été étendues par décret du 11 mars 1960 à la Guadeloupe "pour être appliquées aux îles de la Grande-Terre, de Marie-Galante, de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin", le seuil de profondeur étant ramené à 3 mètres. La Guadeloupe est le seul département d'outre-mer à bénéficier de cette législation mais le texte ne fait pas état des nappes de la Basse-Terre.

## UN STATUT DÉROGATOIRE DANS LES DOM

Dans les DOM, les mesures mises en place par la départementalisation ont eu pour objectif de

créer très rapidement un cadre général prescripteur : ainsi le décret du 31 mars 1948, confirmé par la loi du 28 juin 1973, a domanialisé toutes les eaux (à l'exception des eaux pluviales) y compris les sources et les eaux souterraines par dérogation à l'article 552 du code civil. Ce décret ménage toutefois une possibilité de déclassement ultérieur des cours d'eau de moindre importance qui n'a jusqu'ici jamais été utilisée.

## Le cadre administratif général

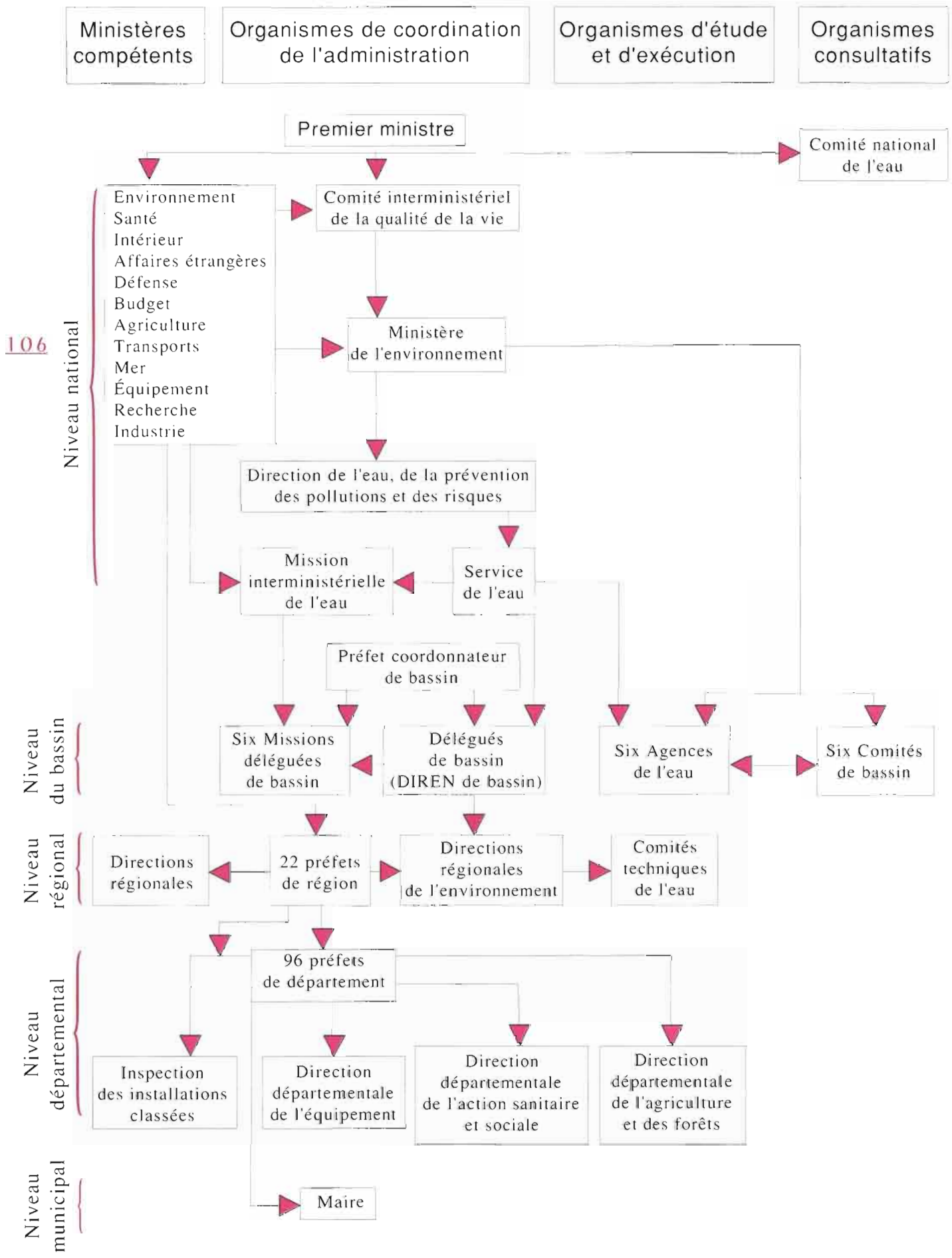
**E**n raison de la diversité des régimes et des usages de l'eau, l'organisation administrative est relativement complexe (voir organigramme ci-après).

Par ailleurs, les missions à exercer répondent à des préoccupations de plusieurs ordres :

- la gestion patrimoniale du domaine public fluvial ;
- la police des eaux qui contrôle le respect de la réglementation visant à la conservation quantitative et qualitative des eaux et réprime les abus ;
- l'évaluation et la gestion de la ressource en eau pour la satisfaction des différents besoins ;
- le contrôle sanitaire et la desserte des usagers ;
- la préservation biologique des milieux aquatiques ;
- la prévention des risques majeurs liés à l'eau.

Si, depuis sa création et surtout depuis la loi du 3 janvier 1992 sur l'eau, le ministère de l'Environnement a regroupé un nombre croissant de compétences dans ce domaine, d'autres départements ministériels conservent leurs responsabilités, notamment en matière d'usage de l'eau. La mission interministérielle de l'eau assure donc l'indispensable coordination au niveau national tandis que les DIREN (directions régionales de l'environnement) font de même à l'échelon régional : elles sont chargées de l'évaluation des besoins en eau, et de l'élaboration du suivi des documents de planification dans le domaine des eaux superficielles et souterraines et des milieux aquatiques. Pour parfaire la prise en compte de tous les problèmes, on y a adjoint des instances consultatives où sont représentés les usagers, les collectivités territoriales, les administrations concernées et des personnalités qualifiées.

Par ailleurs, les circonscriptions administratives classiques étant mal adaptées à la gestion indispensable par ensembles hydrographiques cohérents, la loi du



16 décembre 1964 a défini six grands bassins et créé les structures correspondantes.

## L'ADAPTATION AU CAS PARTICULIER DE LA GUADELOUPE

En Guadeloupe, l'organigramme est simplifié par la superposition en un seul niveau de la Région et du Département et par l'absence de bassin au sens de la loi de 1964.

De plus, il n'y a toujours pas d'agence financière de bassin, organisme chargé de percevoir une redevance sur l'eau distribuée et de la réinvestir sous forme de subventions aux actions conformes aux décisions du comité de bassin. Par suite, la mission déléguée de bassin, normalement composée des fonctionnaires qui siègent au conseil d'administration de l'agence financière, n'a pas d'existence formelle. Sa fonction de prépara-

tion des travaux de la mission interministérielle de l'eau et de recueil des données pour la planification nationale est cependant assurée par le préfet, qui s'appuie pour cela sur la DIREN et sur le Comité technique de l'eau.

Au 30 juin 1993, les DIREN des départements d'outre-mer n'avaient toujours pas officiellement (décret spécifique attendu) remplacé les anciennes DRAE (délégations régionales à l'architecture et l'environnement). Cependant, des dispositions transitoires ont été prises pour qu'elles puissent assurer leurs fonctions dans le domaine de l'eau et notamment la mise en place et l'animation des comités de bassin (un pour chaque DOM), chargés d'élaborer les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Il s'agit de documents de planification regroupant l'ensemble des informations concourant à la gestion des eaux :

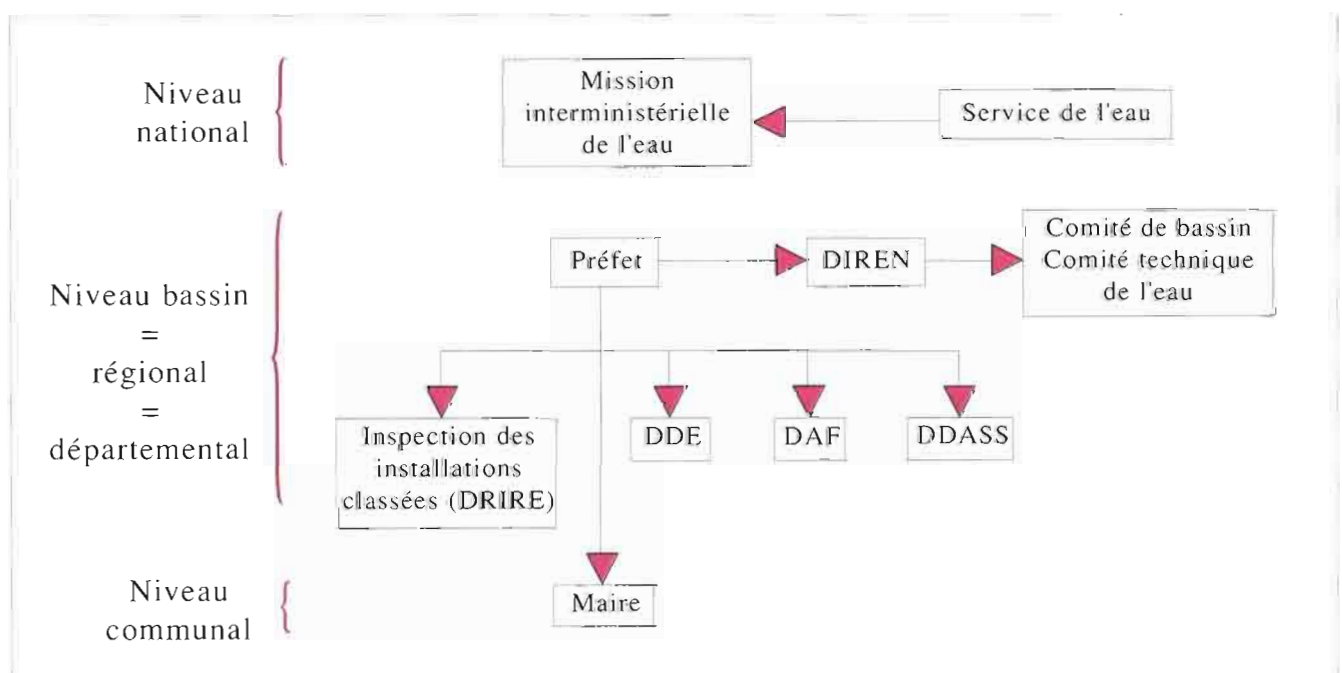
- évaluation des ressources en eau ;
- schéma d'utilisation des eaux ;
- carte des objectifs de qualité ;
- schéma de vocation piscicole ;
- schéma de protection contre les crues ;
- études diverses.

La DIREN de Guadeloupe a repris, au moins en partie et avec quelques difficultés d'ordre financier, la gestion du réseau de mesures hydrométriques pour l'évaluation de la ressource, la plupart des documents constitutifs des SAGE ont été élaborés (ou le seront) par d'autres services (DAF, DDE, DDASS), la DIREN assurant désormais la coordination des travaux.

*La gestion de l'eau*

107

### Structure administrative de l'eau en Guadeloupe



Missions administratives

DAF DDE DRIRE DDASS DIREN MAIRE DEPT

Gestion patrimoniale du domaine public fluvial :

— surveillance des limites, entretien, curage des rivières, concessions, etc ;

\* \*

Police des eaux :

— police générale : autorisations, prélèvements, rejets et ouvrages, travaux divers ;

\* \*

— police de la pêche (pour mémoire) ;

\*

— police de la navigation fluviale (pour mémoire) ;

\*

— inspection des installations classées (rejets) ;

\* \* \*

— police des eaux souterraines (y compris géothermie).

\*

Gestion et répartition de la ressource :

— élaboration des schémas d'aménagement et de gestion des eaux ;

\*

— délégué de bassin ;

\*

— comité technique de l'eau (secrétariat).

\*

Distribution et contrôle sanitaire :

— réseaux primaires d'adduction (eau potable ou eau brute) ;

• déclaration d'utilité publique (instruction),

\*

• création et gestion,

\*

— réseaux secondaires ;

• création et gestion des réseaux d'installations de traitement, stations d'épuration,

\*

• contrôle de potabilité, d'épuration,

\*

— contrôle des piscines et autres sites de baignade.

\*

Protection des milieux humides et aquatiques :

\*

Prévention des risques d'inondation :

— cartographie ;

\*

\*

— ouvrages de protection contre les crues.

\*

\*

\*

## Répartition pratique des missions administratives

**L**e tableau précédent résume l'exercice de l'administration en Guadeloupe dans le domaine de l'eau. Il appelle les remarques suivantes :

— compte tenu des modifications intervenues ultérieurement dans l'organisation administrative générale, le décret du 27 mars 1973 relatif à la gestion des cours d'eau et à la police des eaux superficielles dans les départements d'outre-mer est devenu caduc (bien qu'il n'ait jamais été abrogé), sauf en ce qu'il répartit les différents cours

d'eau entre la DAF et la DDE, puisque le préfet n'a pas remis en cause cette division des compétences (cf. carte) ;

— l'inspection des installations classées est répartie par le préfet entre la DRIRE et la DAF selon la nature des établissements ;

— le décret du 4 mai 1937 pris pour l'application du décret-loi de 1935 détaille la procédure applicable, toutefois un vide juridique subsiste pour les eaux souterraines de la Basse-Terre, sauf en matière de géothermie pour laquelle on dispose d'un texte spécifique ;

— pour la gestion des réseaux, les collectivités sont éventuellement assistées par une société d'exploitation ;

— en principe, il appartient aux riverains de se protéger contre les crues ; toutefois, les collectivités peuvent se substituer à eux, en fonction de l'intérêt public, pour la construction et l'entretien d'ouvrages de protection sous le contrôle de la DDE et du service chargé de la police des eaux. ■

*La gestion  
de l'eau*

109



*Répartition des compétences pour la gestion et la police des cours d'eau.*





# CONCLUSIONS

Marc Morell

**S**ur une faible superficie, l'archipel de la Guadeloupe est représentatif des milieux insulaires tropicaux humides grâce à sa grande diversité de paysages (reliefs, végétations...), de climats et de sols. Le trait dominant de la Guadeloupe est la grande variabilité spatiale des pluies et de ses ressources en eau de surface.

Les besoins en eau, croissant avec le développement socio-économique de l'archipel et induits par l'irrigation, sont aujourd'hui à peine satisfaits par les seuls prélèvements sans stockage opérés au fil de l'eau en Basse-Terre, pourtant véritable château d'eau de la Guadeloupe.

111

Le recours à de nouvelles ressources et à des solutions de stockage et de transfert de l'eau vers les régions défavorisées de la Grande-Terre, de la Désirade ou des Saintes, est devenu une nécessité.

Au-delà d'une large opération relevant de l'aménagement du territoire, la planification d'une gestion globale des ressources en eau est un objectif essentiel. Cette planification doit se baser sur :

— la prospective des besoins à l'horizon choisi ;  
*La DAF a évalué les besoins en eau potable, industrielle et d'irrigation à l'horizon 2 000.*

— la caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle des ressources ;

*Météo-France, l'Orstom et l'INRA étudient les conditions climatiques de l'archipel.*

*L'Orstom a établi l'inventaire des ressources en eau de surface, et a étudié leur variabilité.*

*Le BRGM prospecte les potentialités des ressources en eaux souterraines.*

— l'inventaire des solutions techniques visant à la mobilisation de ces ressources (prélèvements, stockage, transfert...) ;

*Le "schéma d'utilisation" des eaux, dressé par la DAF, fournit l'échéancier des implantations des ouvrages hydrauliques.*

— la simulation numérique des différents scénarios retenus afin de tester l'efficacité des solutions envisagées.

*L'Orstom, à la demande du Conseil général, a développé HYDRAM, outil informatique d'aide à la planification des hydro-aménagements.*

Les propositions de la DAF visent :

- à l'amélioration du rendement des réseaux,
- au renforcement de l'utilisation des ressources de surface mobilisables,
- à l'augmentation des capacités de stockage,
- à la recherche de nouvelles ressources souterraines,
- à la préservation de la qualité des eaux.

112

Les rendements des réseaux d'adduction de la Guadeloupe sont faibles, de l'ordre de 50 %, seulement 30 % pour l'agglomération pointoise. Leur amélioration sera facilitée par l'utilisation de la télégestion qui permettra de déceler plus rapidement les consommations abusives ou les prélèvements illicites, de même que les fuites, mais à condition que soit entreprise en urgence une action de rénovation des réseaux défectueux. Ces rendements pourraient, ainsi, être portés à 60 %.

Le renforcement de l'utilisation des ressources de surface sera limité aux cours d'eau peu exploités, mais ils sont peu nombreux et une pression supplémentaire exercée sur les eaux de surface ne pourrait que nuire à l'équilibre écologique des milieux aquatiques.

L'augmentation des capacités de stockage sous la forme de réservoirs de quelques centaines ou milliers de mètres cubes permettra de mieux absorber les pointes de consommation. Mais, il est d'ores et déjà prévu d'implanter des retenues de stockage de plus

grande capacité (plusieurs centaines de milliers de mètres cubes) qui permettront de relever de façon sensible les débits dérivables en période d'étiage.

La recherche de nouvelles ressources souterraines pourrait déboucher sur l'utilisation d'une eau à l'abri de toute pollution atmosphérique et constituer un complément non négligeable à l'apport des eaux de surface.

La préservation de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines passe par un contrôle permanent de la qualité de l'eau et une surveillance rigoureuse des éventuelles sources de pollution.

La mise en place et la gestion de retenues implantées en Basse-Terre posera cependant certains problèmes :

- les risques sismiques doivent être pris en compte dans cette région active,
- des périmètres de protection stricte doivent être installés pour éviter la pollution des eaux stockées,
- la qualité bactériologique des eaux doit être contrôlée rigoureusement.

En principe et dans la mesure du possible, les eaux qui transitent par les retenues devront être destinées à l'irrigation, alors que les ressources prélevées au fil de l'eau, de meilleure qualité, devront être réservées à l'alimentation en eau potable des populations. Un apport complémentaire d'eau souterraine constituerait, sans aucun doute, un renforcement efficace de l'alimentation en eau potable.

Concernant l'économie de l'eau, les recherches conduites sur la modélisation de la circulation atmosphérique doivent aider, à terme, à prévoir les sécheresses exceptionnelles et de prendre des dispositions en matière de gestion des stocks d'eau et d'orientation des plans culturels. Une bonne maîtrise de l'irrigation est un impératif qui permettra d'éviter d'énormes gaspillages.

Quelles que soient les décisions techniques adoptées par les collectivités locales et les administrations concernées, il revient à chaque Guadeloupéen de préserver l'eau d'une dégradation irréversible (rejet d'ordures, d'eaux usées, d'huiles de vidange, de produits toxiques...), et de s'interdire tout gaspillage.

En Guadeloupe plus qu'ailleurs, en raison des limites géographiques de l'archipel et de la fragilité de ses écosystèmes terrestres et marins, l'eau douce essentielle à la vie des hommes et à l'équilibre des milieux naturels, doit faire l'objet de la plus grande attention.

## Glossaire

### A.E.P.

alimentation en eau potable

### Adduction (d'eau)

transport de l'eau du lieu de production vers les zones de consommation par conduite, ou canal de dérivation (le réseau de distribution assure la desserte individuelle)

### Aérobie

se dit des micro-organismes qui ne peuvent vivre qu'en présence d'oxygène, et des réactions biochimiques qu'ils provoquent

### Affermage (contrat d')

contrat par lequel la collectivité propriétaire abandonne l'exploitation du réseau à un tiers moyennant le paiement d'un loyer (une fraction des recettes de vente d'eau)

*Annexes*

### Agressive

qualificatif de l'eau : non seulement le calcaire n'y précipite pas, mais elle re-dissout les dépôts qu'elle rencontre. De plus, son acidité favorise la corrosion des conduites métalliques (cas des eaux superficielles de la Basse-Terre)

113

### Alimentation d'une nappe

Apport d'eau externe de toutes origines à un aquifère

### Anaérobie

se dit des micro-organismes vivant en l'absence d'oxygène et également des réactions biochimiques qu'ils produisent

### Anticyclone

zone de relative haute pression

### Aquifère

corps de roche perméable comportant une zone saturée en eau

### Basses-eaux

période de l'année au cours de laquelle les rivières ont les débits minimaux

### Bassin versant

aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée s'écoule vers un point de la rivière

### Bief

portion de cours d'eau aux caractéristiques hydrauliques sensiblement constantes

### Bilan hydrologique

exprime la répartition des volumes d'eau intervenant dans le cycle de l'eau

### Bras

division naturelle d'un cours d'eau ; est utilisé en Guadeloupe pour désigner un affluent

### Canal

voie d'eau artificielle utilisée pour l'irrigation en Basse-Terre, pour le déplacement des embarcations en Grande-Terre

### Capacité d'infiltration (d'un sol)

intensité maximale de pluie qu'un sol peut absorber

### Capacité de rétention

aptitude du milieu à retenir l'eau

### Circulation générale

ensemble de mouvements atmosphériques s'étendant sur la totalité du globe terrestre

Coefficient d'écoulement

rapport de la lame d'eau écoulée à la lame d'eau précipitée sur une période donnée sur une surface donnée

Coefficient d'irrégularité

coefficient K3, rapport de la valeur d'une variable en année humide de fréquence décennale à la valeur relative à l'année sèche de même fréquence

Conduite forcée

canalisation permettant le transport d'eau gravitairement ou sous pression

Cours d'eau

voie empruntée préférentiellement par les eaux météoriques

Crue

augmentation du débit d'une rivière

Cycle de l'eau

circulation de l'eau sous ses différents états dans la nature

Cyclone

perturbation atmosphérique tourbillonnaire

114

Débit

volume d'eau (ou de liquide) écoulée par unité de temps (exprimé généralement en litres ou en mètres cubes par seconde, par heure ou par jour)

Débit fictif continu

c'est le débit constant qui transiterait par un exutoire unique où seraient collectés et régularisés tous les écoulements d'un territoire donné (la même notion peut être appliquée à un ensemble de prélèvements)

Débit de base

écoulement différé lié à la vidange des aquifères

Débit de pointe

débit maximal de crue

Débit moyen annuel

valeur obtenue en faisant la moyenne des débits journaliers de l'année

Débit moyen mensuel

valeur obtenue en faisant la moyenne des débits journaliers du mois

Débit moyen interannuel

valeur moyenne des débits moyens annuels ou mensuels calculée sur plusieurs années

Débit solide

charge solide transportée lors des crues (boues, sable, blocs rocheux, végétaux...) par unité de temps

Débit spécifique

Débit calculé par unité de surface de bassin versant (généralement exprimé en  $m^3/s/km^2$ )

DCE

débit caractéristique d'étiage ou débit journalier dépassé 355 jours par an

DC 30

débit journalier dépassé 335 jours par an

DMA

débit journalier minimal annuel, en année normale

Dotine

dépression fermée résultant de la dissolution du calcaire

Drainage

évacuation des eaux superficielles et souterraines en excès dans une zone

## Eaux météoriques

eau contenue dans l'atmosphère dans ses différents états

## Eaux de surface

masses d'eau douce liquide inerte ou en mouvement à la surface de la terre

## Eaux souterraines

masses d'eau contenues dans le sol

## Effluent

liquide qui sort de son contenant

## Embâcle

obstruction du lit d'un cours d'eau par amoncellement de matériaux (d'origine naturelle ou non) à l'amont desquels l'eau s'accumule jusqu'à ce que l'ensemble cède sous la pression et laisse dévaler une onde de crue particulièrement dévastatrice

## Endoréisme

caractère des zones drainant les eaux vers des plans d'eau sans exutoire

## Énergie cinétique

énergie d'un corps en mouvement

## Épisode pluvieux

ensemble de pluies associées à une même perturbation météorologique

## Équilibre calco-carbonique

c'est l'équilibre chimique qui s'établit entre le gaz carbonique et le calcaire dissous dans l'eau. Si le calcaire est excédentaire, l'eau est dite incrustante car le calcaire en excès précipite, se dépose sur la paroi des conduites et concourt à leur protection contre la corrosion (cas de l'eau prélevée dans l'aquifère de Grande-Terre)

## Équivalent / Habitant

charge polluante représentée par des valeurs conventionnelles de divers paramètres et correspondant à la pollution moyenne que produirait un habitant permanent. On utilise cette notion plutôt que celle de la population recensée pour tenir compte des migrations diurnes ou saisonnières liées aux activités scolaires, professionnelles ou de loisirs

## Érosion

désagrégation du sol sous l'impact des gouttes de pluie, le ruissellement et l'écoulement

## Étalonnage

ensemble des opérations de mesure des débits d'un cours d'eau en vue d'établir la relation hauteur débit en une station

## Étiage

période de l'année où les débits sont les plus faibles (basses eaux)

## Evapotranspiration

ensemble des phénomènes d'évaporation et de transpiration des plantes

## Evapotranspiration potentielle

ETP, aptitude de l'atmosphère à faire évaporer l'eau des nappes d'eau libre et à faire transpirer les plantes en considérant les apports d'eau suffisants (exprimée en hauteur d'eau)

## Exutoire

point d'une rivière par lequel s'écoule les eaux en provenance du bassin versant

## Foehn

vent échauffé et asséché par un mouvement descendant en général en aval d'une montagne

### Gérance (des réseaux)

exploitation par un mandataire salarié. Par exemple, le syndicat de Pointe-à-Pitre Abymes paie le personnel de la SOGEA affecté à la gestion de son réseau et les frais de fonctionnement correspondants

### Gouttes de pluie

gouttes dont le diamètre moyen est compris en général entre 0,5 et 2 mm

### Gradient pluviométrique

variation de la hauteur pluviométrique en fonction de l'altitude

### Jaugeage

mesure du débit de la rivière

### Hautes eaux

niveau élevé des cours d'eau

### Hivernage

période de l'année où sont concentrées la plupart des précipitations

### Humidité de l'air

masse de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air

116

### Hydrogramme

courbe représentant la variation du débit d'une rivière en fonction du temps

### Hydrologie

Sciences des eaux : étude de leurs formes d'existence, de leur circulation et de leur distribution, de leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, de leurs interactions avec le milieu y compris leurs réactions aux activités humaines

### Hyétogramme

graphique donnant les hauteurs de pluie tombée en fonction du temps

### Impluvium

aire dans laquelle les précipitations contribuent à l'alimentation d'un réservoir donné

### Infiltration

pénétration d'eau superficielle dans le sol sous l'effet de la gravité et de la capillarité

### Inondation

étalement sur une zone qui n'est pas normalement submergée

### Insolation

quantité de rayonnement solaire direct incident

### Intensité de pluie

hauteur de pluie sur un intervalle de temps donné (exprimée généralement en mm par minute ou en mm par heure)

### Interface eau douce/eau salée

surface séparant les deux fluides

### Isohyète

lieu des points de même hauteur de précipitation sur une période donnée

### Jaugeage

mesure du débit d'un cours d'eau à un instant donné

### Lagune

étendue d'eau continentale en communication avec le milieu marin

### Lame d'eau

hauteur de pluie moyenne tombée sur une région

### Limnigraphe

appareil enregistreur du niveau d'eau de la rivière en un lieu

## Lit

voie tracée par un cours d'eau : la quasi-totalité de l'écoulement s'effectue par le lit mineur, les débordements affectent le lit majeur

## Météorologie

Etude des phénomènes atmosphériques et de leurs lois

## Microclimat

climat d'une région naturelle de petite étendue

## Modélisation

un modèle numérique permet la simulation mathématique du fonctionnement d'un système quelconque

## Module

valeur moyenne d'un débit (ex : module annuel, modules mensuels)

## Morphologie

analyse de la forme des terrains, de leur relief, de leur réseau de drainage...

## Moulinet

appareil muni d'une hélice utilisé pour mesurer la vitesse d'écoulement d'un cours d'eau

## Nappe captive

nappe d'eau souterraine sans surface libre

## Nappe phréatique

nappe d'eau souterraine à surface libre (nappe libre)

## Nappe souterraine

ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère

## Niveau piézométrique

matérialisé par le niveau libre de l'eau dans un tube vertical plongeant dans une nappe souterraine et ouvert à l'atmosphère

## Orographique

relatif au relief, aux ensembles montagneux

## Ouragan

cyclone tropical où le vent atteint une force 12 sur l'échelle de Beaufort correspondant à une vitesse supérieure à 58 noeuds

## Période de retour

intervalle de temps moyen entre l'apparition de deux événements (hauteur de pluie ou débit de valeur donnée)

## pH

indicateur de l'acidité ( $\text{pH} < 7$ ) et ou de l'alcalinité de l'eau ( $\text{pH} > 7$ )

## Pluie

eaux météoriques sous forme liquide tombant sur le sol

## Pluie décennale

pluie qui se produirait, sur un grand nombre d'années, en moyenne tous les dix ans

## Pluviographe

appareil enregistreur de pluie

## Pluviomètre

instrument utilisé pour mesurer la quantité d'eau précipitée en un lieu, généralement en une journée

## Pluviosité

caractérise la hauteur de pluie tombée par rapport à la hauteur moyenne de précipitations pendant une durée donnée

Porosité

rapport du volume des vides au volume total d'un matériau

Précipitation

eaux météoriques sous forme liquide et solide tombant sur le sol

Pression atmosphérique

force appliquée par unité de surface de la colonne d'air (pression normale : 1013 millibars)

Pyroclastite

roche issue d'éruption explosive formée de fragments soudés ou non

Régie

exploitation des réseaux par le personnel de la collectivité propriétaire

Régime forestier

ensemble de contraintes réglementaires à but conservatoire (en particulier le contrôle de la gestion par l'Office National des Forêts) s'appliquant, en plus des forêts domaniales, aux espaces boisés de collectivités et des établissements publics

Régime hydrologique

distribution saisonnière des débits des cours d'eau

118

Récurrence (intervalle de)

(ou période de retour) durée moyenne entre deux événements d'un phénomène

Réseau hydrographique

ensemble des voies d'eau et des plans d'eau noyés temporairement ou non

Réseau hydrométrique

ensemble de postes, stations ou sites de mesure hydrométrique (niveaux et débits des cours d'eau)

Réseau pluviométrique

ensemble de postes, stations ou sites de mesure pluviométrique (hauteurs de pluie tombée)

Résurgence

retour en surface d'un écoulement souterrain

Ruissellement

écoulement par gravité à la surface du sol

Sédimentation

dépôt de particules de matériaux transportées en suspension

Source

émergence d'une nappe d'eau souterraine de laquelle il peut résulter un ruisseau

Station hydrométrique

ensemble des installations de mesure des hauteurs d'eau et des débits en une section d'un cours d'eau

Surface agricole utilisée (SAU)

surface des terrains affectés, même de façon extensive (exemple : lande parcourue par le bétail) à une activité de type agricole. La SAU est différente des zones agricoles des plans d'occupation des sols : les friches abandonnées et les surfaces stériles (carreaux de carrières, surfaces construites) en sont exclues

Tarissement

décroissance des débits d'un cours d'eau correspondant à la vidange des nappes en dehors de toute alimentation (précipitation ou recharge)

Temps de base

temps écoulé entre le début de la montée de l'hydrogramme et le moment où la courbe de décrue rejoint celle du débit de base



Temps de concentration

temps le plus long que met une particule d'eau provenant d'un point éloigné de l'exutoire pour parvenir à celui-ci

Temps de montée

temps qui s'écoule entre l'apparition du ruissellement et le maximum de la crue

Thalweg

ligne joignant les points les plus profonds d'une vallée ou du lit d'un cours d'eau

Transport solide

déplacement par les eaux de matériaux emportés en suspension, en saltation ou charriés

Turbidité

teneur en matériaux transportés en suspension d'un cours d'eau.

## Liste des sigles

ASICAV	: Association Syndicale autorisée de l'Irrigation de la Côte-Au-Vent
BRGM	: Bureau de Recherche Géologique et Minière
CCEE	: Conseil de la Culture, de l'Éducation et de l'Environnement
UE	: Union Européenne.
CGSP	: Compagnie Guadeloupéenne des Services Publics
DAF	: Direction de l'Agriculture et de la Forêt
DDASS	: Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale
DDE	: Direction Départementale de l'Équipement
DOM	: Département(s) d'Outre-Mer
DIREN	: Direction Régionale de l'Environnement
DRAE	: Délégation Régionale à l'Architecture et l'Environnement
DRIRE	: Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
GFA	: Groupement(s) Foncier(s) Agricole(s)
INRA	: Institut National de Recherche Agronomique
IRFA	: Institut de Recherche sur les Fruits et Agrumes
ORSTOM	: Institut Français de Recherche Scientifique et Technique pour le Développement en Coopération
POS	: Plan d'Occupation des Sols
SAFER	: Société d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural
SAGE	: Schéma d'Aménagement des Eaux
SATESE	: Service d'Assistance Technique à l'Exploitation des Stations d'Épuration

SIAEAG	: Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau et d'Assainissement de la Guadeloupe
SICCSV	: Syndicat InterCommunal du Sud de la Côte Sous-le-Vent
SOGEA	: SOciété Générale d'Eau et d'Assainissement
SRAE	: Service Régional d'Aménagement des Eaux
UAG	: Université Antilles-Guyane

## Bibliographie

SERVICE DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX OUTRE-MER NORD - 1967

*Les adductions d'eau en Guadeloupe. Besoins et ressources.*  
État de la situation au 1er avril 1967.

120

DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'ÉQUIPEMENT (Guadeloupe) - 1967

*Étude des besoins en eau potable du Grand Pointe-à-Pitre et de la Grande-Terre (Habitat, Industrie, Tourisme).* Echancier des besoins.

C.N.R.S. ORSTOM - 1982

*Atlas des départements français d'Outre-Mer - La Guadeloupe* Paris - 1982.

HOEPPFNER. M - 1982

*Conséquences sur l'environnement de projets d'équipement aux Antilles et en Guyane* - ORSTOM - Pointe à Pitre.

LE QUENTREC. M - 1983

*Le radar comme aide à l'estimation quantitative des précipitations.*  
Prévision des crues éclaircies en Martinique.  
Météorologie Nationale - Fort de France.

ROCHE. M - 1983

*Lutte contre les inondations dans les DOM-TOM.*  
Problèmes concernant l'occupation des lieux et les règles de construction.  
ORSTOM - Paris.

LIGUE POUR LA DEFENCE DU PATRIMOINE ET DES INTERETS GUADELOUPÉENS - 1983

*Les eaux d'alimentation en Guadeloupe.*  
Pointe à Pitre, 1983.

HOEPPFNER. M et al. - 1985

*La sécheresse de 1983 en Guadeloupe.*  
Cahiers ORSTOM - Série hydrologie.

CHAPERON. P, L'HOTE. Y, VUILLAUME. G - 1985

*Les Ressources en eaux de surface de la Guadeloupe.*  
ORSTOM - Paris.

MORELL. M - 1986

*Influence du relief sur les précipitations.*  
Séminaire "Volcans".  
ORSTOM - Basse-Terre, 1986.

AGENCE DEPARTEMENTALE D'URBANISME ET D'AMENAGEMENT DE LA GUADELOUPE - 1986

*Tableau de bord de l'environnement de la Guadeloupe 1986.*

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE - 1986

*Inventaire des prélèvements d'eau dans les bassins versants de la Basse-Terre.*

D.D.A. - Basse-Terre.

HOEPFFNER. M *et al.* - 1986

*Variabilité des pluies et des ressources en eaux de surface en Guadeloupe.*

Numéro spécial - Besoin en eau des cultures et irrigation aux Antilles.

Bulletin Agronomique des Antilles et de la Guyane - I.N.R.A. - février 1986.

MINISTERE CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT - 1986

*Tableau de bord de l'environnement de la Guadeloupe 1986.*

Agence Départementale d'Urbanisme et d'Aménagement de la Guadeloupe

Basse-Terre, 1986

DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET - 1986

*Inventaire des prélèvements d'eau dans les bassins versants de la Basse-Terre.*

Basse-Terre, 1986.

AGUAMET - METEO-FRANCE

*Bulletins climatologiques mensuels.*

Météorologie Nationale - Pointe à Pitre, 1987.

ROSSIGNOL. D - 1987

*Classes de précipitations - Structure verticale de l'atmosphère - Anomalies climatiques.*

ORSTOM - Pointe à Pitre, novembre 1987.

MORELL. M *et al.* - 1988

*Étude hydrologique des rivières des Pères, des Herbes et du Galion.*

Années 1983 à 1987.

ORSTOM - Pointe à Pitre, 1988.

MORELL. M - 1988

*Le carême de l'année 1987 dans le Sud de la Basse-Terre.*

ORSTOM/CCEE - Basse-Terre, 1988.

DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET - 1990

*Schéma d'aménagement des eaux pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation de la Guadeloupe.*

D.A.F. - Basse-Terre, 1990.

DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET - 1991

*Carte de la qualité des eaux de surface.*

D.A.F. - Basse-Terre, à paraître.

Achévé d'imprimer par

**PARAL**  
**GRAPHIC**

31240 L'UNION (Toulouse)

Tél. (16) 61.37.64.70

Dépôt légal - Juin 1994



**CCEE**  
**Petit-Paris**  
**97100 Basse-Terre**