

Quelques aspects sur les CRUES ET INONDATIONS EN GUADELOUPE

— — * * * — —

par
Marc Morell

— — * * * — —

Rencontres des 24 et 25 octobre 1989

"Ecole et Développement"

"ETATS GENERAUX DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE,
INDUSTRIELLE ET TECHNIQUE"

patronnées par le
Conseil Général de la Guadeloupe

Octobre 1989

1 Risques naturels

La Guadeloupe est soumise à des risques naturels multiples dont les manifestations les plus récentes sont :

- l'éruption phréatique de la Soufrière en 1976, et ses conséquences socio-économiques
- la secousse tellurique de mars 1985, sans gravité
- et le cyclone HUGO, dernier en date et son cortège de désolation

Plus fréquentes, les crues, et les inondations constituent un risque remarquable, causant des dégâts souvent importants et parfois mort d'hommes.

Les crues sont des phénomènes engendrés par de fortes pluies, et qui se traduisent, en Guadeloupe, par une augmentation forte et soudaine des débits des cours d'eau.

Les cyclones, les crues et les inondations remarquables ont été recensés en grand nombre depuis le 17^{ème} siècle. Plus récemment, depuis une cinquantaine d'années, sont collectées des données précises sur les précipitations. Depuis 20 à 30 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 exceptionnels qui ont frappé la Guadeloupe au cours de ces dernières décennies, et de comparer, notamment, les effets des cyclones et des averses qui ont donné lieu à de très fortes crues.

Mais auparavant ...

2 Quelques éléments de géographie

La Guadeloupe se caractérise par des paysages très diversifiés :

- la Grande-Terre, île au relief faiblement modelé, est drainée par des ravines dont l'écoulement ne se manifeste qu'en période de pluies abondantes
- la Basse-Terre, île montagneuse aux pitons dépassant 1000 m d'altitude, est irriguée de nombreuses rivières pérennes, dont l'écoulement est soutenu, en l'absence de précipitation, par les résurgences des nappes d'eau souterraines.

La structure géologique, comme la couverture pédologique, sont toutes aussi diversifiées :

- calcaires récifaux recouverts de sols argileux en Grande-Terre
- socle volcanique en Basse-Terre recouvert de sols plus ou moins dégradés

Forêt mésophile en dessous de 3 m de précipitation annuelle, hygrophile au-dessus de 3 m d'eau par an, fourrés en altitude, les bananeraies occupent une place prépondérante en Basse-Terre ; prés, cultures cannière et maraîchère couvrent la Grande-Terre.

Sur ce milieu naturel très contrasté, la pluviométrie est elle-même très variable. Les pluies ont un cumul annuel qui évolue :

- de 1 m vers la Pointe des Châteaux, à l'extrême Est de la Grande-Terre,
- à près de 12 m sur le sommet de la Soufrière,
- pour redescendre à 1 m en Côte sous le vent.

Aussi, cette diversité des paysages et des conditions climatiques impose des réponses différentes des rivières de la Basse-Terre et des ravines de la Grande-Terre aux fortes précipitations.

3 Quelques définitions

* Bassins versants

Le bassin versant, relatif à une section donnée d'une rivière, est la surface à l'intérieur de laquelle l'eau de pluie s'écoule vers cet exutoire. A l'extérieur de ce bassin versant l'eau précipitée se dirige vers un autre cours d'eau. Cette définition est applicable en Basse-Terre pour des bassins versants à forte pente bien délimités, comme en Grande-Terre où les limites des bassins versants sont parfois difficiles à déterminer. En zone urbaine, les bassins versants sont les quartiers (espaces verts, toitures des bâtiments, chaussées etc...) qui sont drainés par un réseau de conduites et de canaux.

Les bassins versants des rivières de la Basse-Terre, au niveau de leurs embouchures en mer, ont des superficies s'échelonnant entre quelques km² et 130 km² pour la Grande Rivière à Goyaves. En Grande-Terre, le plus grand bassin versant est celui de la ravine Gachet avec 64 km².

Trois paramètres importants caractérisent un bassin versant :

- sa superficie exprimée généralement en km²
- l'indice de pente qui exprime le relief du bassin et son aptitude à un écoulement rapide
- le temps de concentration qui est le temps de parcours le plus long d'une goutte d'eau vers l'exutoire

* Précipitations

En Guadeloupe, de façon schématique, les très fortes crues et les inondations s'observent lorsque les précipitations sont intenses sur des durées qui peuvent être relativement courtes, inférieures à la journée.

En effet, compte-tenu de la faible superficie des bassins versants de la Guadeloupe (on l'a vu, quelques km² à quelques dizaines de km²), l'importance et la forme des crues sont fonctions de hauteurs d'eau précipitées au cours de durées inférieures au temps de concentration qui sont de l'ordre de l'heure ou de quelques heures.

C'est pourquoi les hydrologues préfèrent, aux pluviomètres classiques (mesure de la pluie journalière), utiliser des pluviographes qui permettent d'enregistrer en continu les précipitations et de mesurer leurs intensités sur de très faibles pas de temps allant de la minute à quelques heures.

Les hyétogrammes sont les graphiques qui représentent le dépouillement sur de petits pas de temps des précipitations enregistrées.

Les événements pluviométriques sont variables dans l'espace. Ils accompagnent le passage d'ondes tropicales, de dépressions voire de cyclones, mais peuvent être engendrés par la présence de cellules convectives très actives.

* Crues et inondations

La notion de crue est liée avec celle d'écoulement rapide d'importantes quantités d'eau, dans les cours d'eau en région naturelle, ou dans les canalisations ou canaux de drainage en zone urbanisée.

Les paramètres qui caractérisent une crue sont donc liés à l'écoulement dans le cours d'eau :

- le débit de pointe : débit maximal atteint par le cours d'eau exprimé en m³/s ou en l/s
- le rapport du débit de pointe au débit moyen de la crue
- les temps caractéristiques :
 - . temps de montée : entre le début de la crue et le débit de pointe
 - . temps de base : durée totale de la crue
- le volume de la crue

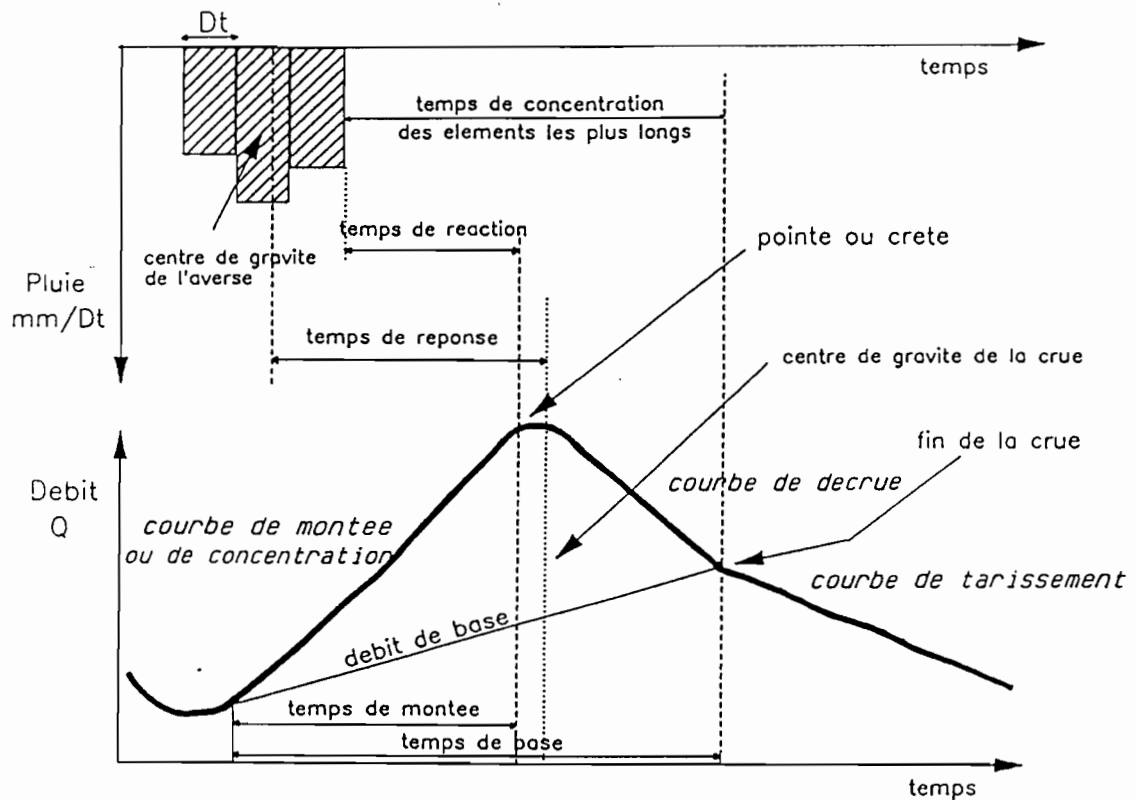


Schéma d'une crue simple

On observe des inondations dans la nature lorsque les cours d'eau gonflent, au point de déborder de leurs lits pour envahir des zones généralement de faible altitude et de faible pente. 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.

L'inondation est caractérisée par une hauteur d'eau maximale atteinte au cours d'un événement dans une zone donnée.

Historiquement, quelles relations observe-t-on entre cyclones, crues, et inondations ?

4 Cyclones

Le tableau ci-dessous récapitule les cyclones qui ont affecté la Guadeloupe au cours de ce siècle.

Liste des cyclones ayant affecté la Guadeloupe au XX^{ème} siècle

Cyclone	Date	Intervalle
-	19/07/1903	14 ans
-	10/08/1915	12 ans
-	12/09/1928	13 ans
BETSY	11/08/1956	28 ans
HELENA	27/10/1963	7 ans
CLEO	22/08/1964	1 an
INES	/08/1966	2 ans
DAVID	29/8/1979	13 ans
HUGO	17/9/1989	10 ans

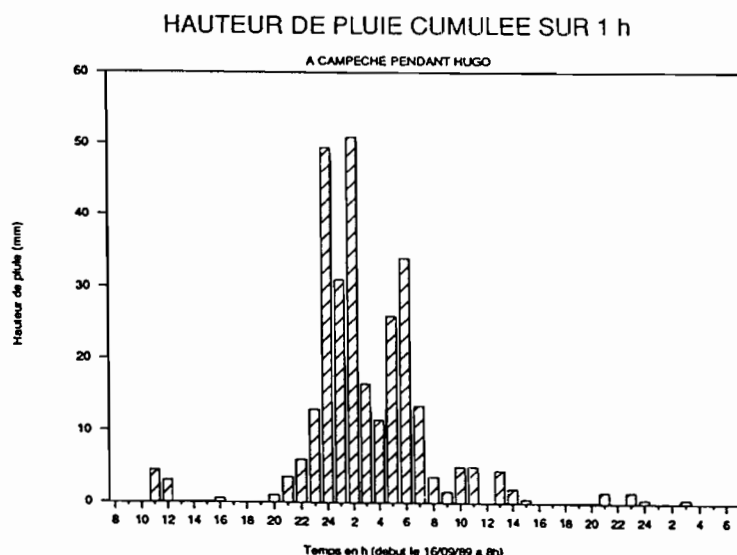
Il est vrai que les tempêtes et cyclones qui ont touché la Guadeloupe ont été fréquemment accompagnés de fortes précipitations.

La valeur maximale de précipitation journalière relevée en Guadeloupe a été mesurée lors du passage du cyclone DAVID le 29 août 1979, avec 438.5 mm au poste de CONGO en Basse-Terre. Lors du passage du cyclone INES, 313 mm étaient relevés à DUCLOS le 27 septembre 1966.

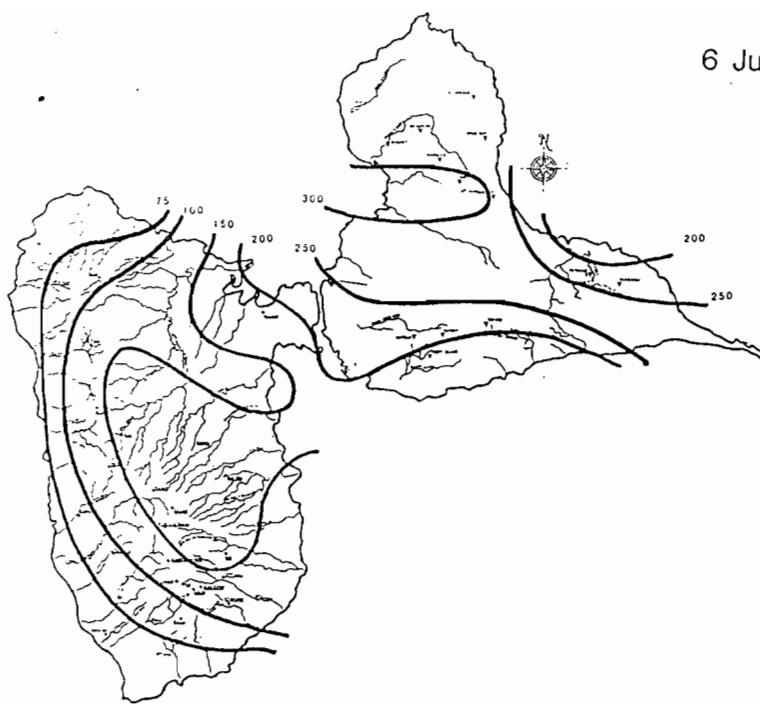
A titre d'information, les records s'établissent à plus de 700 mm/jour à Porto-Rico ou Cuba, à 1690 mm en 24 h en Nouvelle-Calédonie, et à 1870 mm en 24 h à la Réunion.

Tout récemment, l'analyse des précipitations qui ont accompagné le cyclone HUGO, mesurées à l'aide de 35 pluviographes gérés par l'ORSTOM dont 10 étaient dans la trajectoire de l'oeil, montre que les précipitations ont été globalement importantes, sans cependant atteindre de fortes intensités sur des pas de temps inférieurs à 2h :

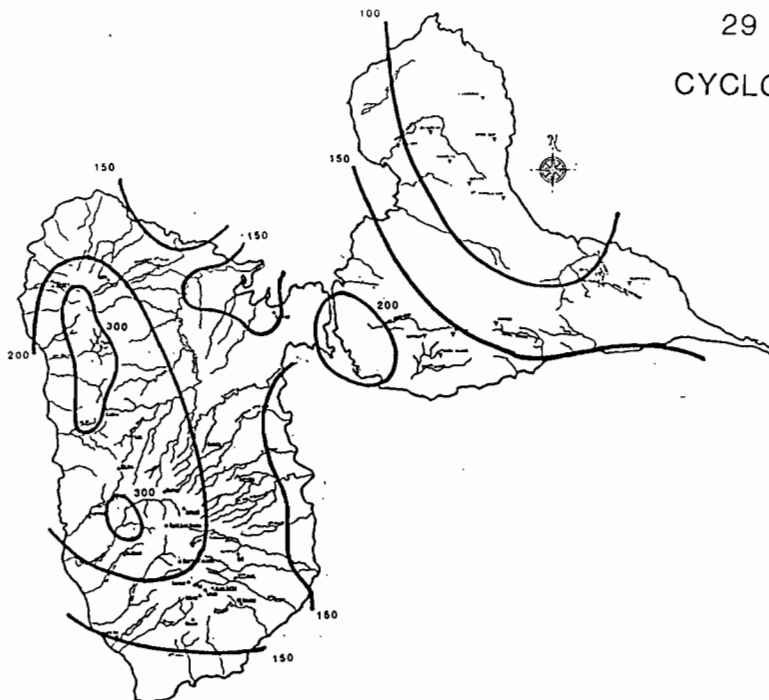
250 mm ont été relevés sur 12 h, plus de 300 mm sur 2 jours dans le Nord de la Grande-Terre et sur les sommets de la Basse-Terre.



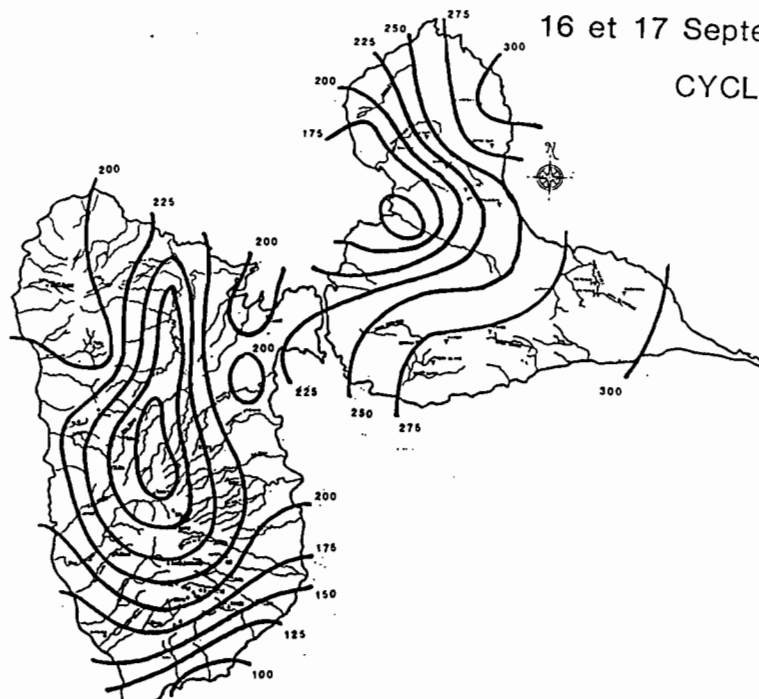
6 Juillet 1966



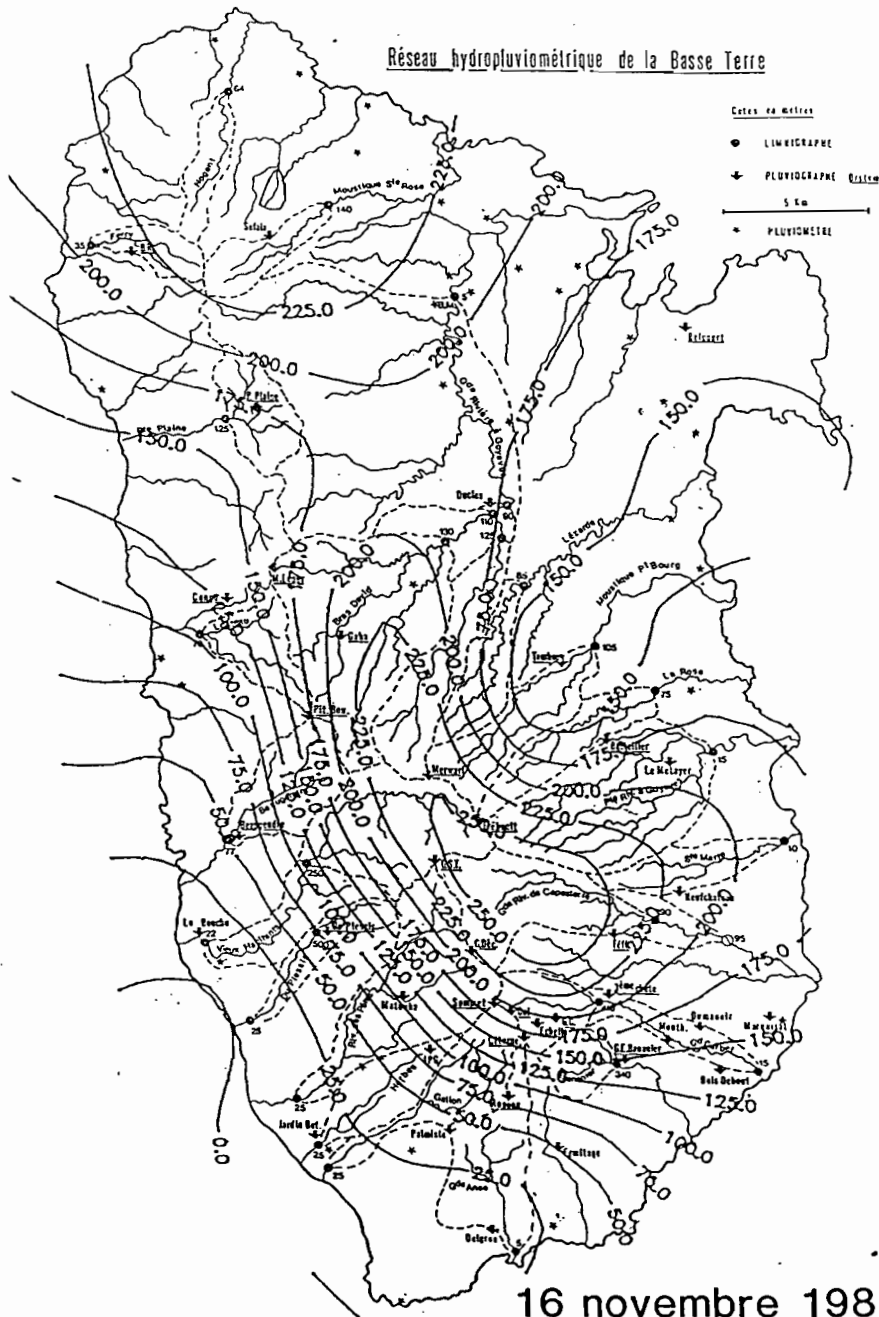
29 Aout 1979
CYCLONE DAVID



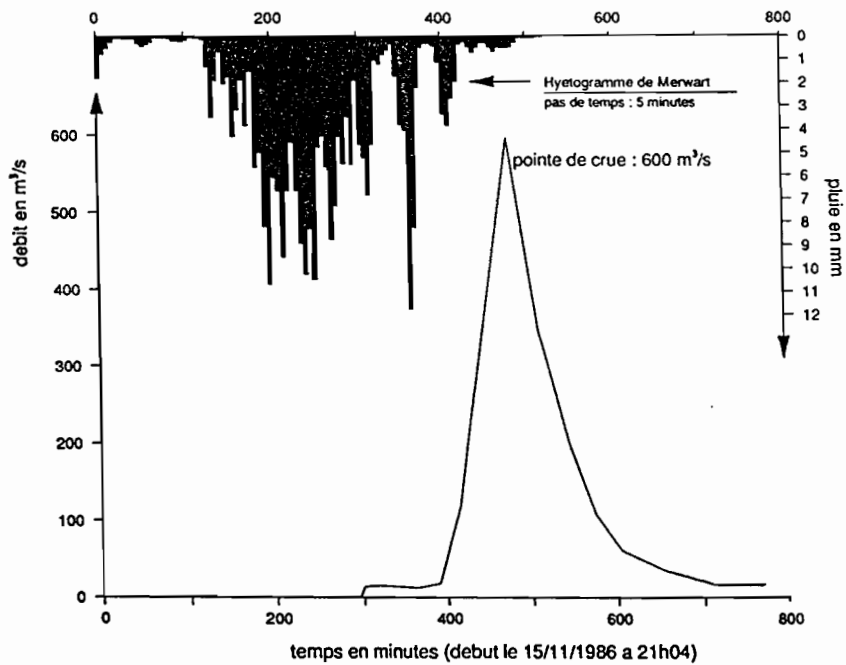
16 et 17 Septembre 1989
CYCLONE HUGO



Réseau hydropluviométrique de la Basse Terre



PETITE RIVIERE A GOYAVES - Crue du 16 Novembre 1986



Le passage de l'oeil du cyclone sur la Grande-Terre a été repéré très précisément en notant pour chaque poste la durée sans pluie. Les précipitations relevées sans interruption au poste de Campêche confirment que ce poste se trouvait à la limite extrême Nord de l'oeil.

Les précipitations sont plus fortes sous le vent de la Basse-Terre quand le cyclone passe au Sud (cas de DAVID), et plus fortes au vent de la Basse-Terre lorsque le cyclone passe au Nord (cas de HUGO).

Concernant les intensités de précipitation sur de faibles pas de temps inférieurs à la journée, les intensités maximales de 24 h à 10 mn ont été relevées lors du passage de la tempête HELENA, au poste ORSTOM de Parnasse (1969-1974) en Basse-Terre :

346 mm en 12 h	281 mm en 6 h	164 mm en 2 h	114 mm en 1 h
69 mm en 30 mn	27 mm en 10 mn	13 mm en 5 mn	

A la station du Raizet, les plus fortes intensités de précipitation, sur de faibles pas de temps, n'ont été mesurées à l'occasion de cyclones que pour des durées de 6 h (120 mm) et 12 h (183 mm) pour DAVID le 29 août 1979.

Par ailleurs, en Grande-Terre, les records de précipitations journalières n'ont pas été relevés lors de cyclone, mais au cours de l'averse exceptionnelle du 6 juillet 1966 avec :

341 mm à GIRARD	320 mm à PETIT-CANAL	292 mm à SAINT-FRANCOIS
265 mm à MORNE A L'EAU	238 mm au RAIZET	

En effet, en Grande-Terre, de très fortes intensités de précipitations sont relevées à l'occasion d'orages ou dépressions stationnaires, tels que l'événement du 6 juillet 1966, et plus récemment du 2 mai 1981 (région de Sainte-Anne) ou du 23 novembre 1988 (région des Grands-fonds de Sainte-Anne, Morne-à-l'eau).

Ce sont ces événements abondants, mêmes s'ils sont de courte durée, qui survenant dans des conditions météorologiques particulières, et sur des sols saturés, provoquent les inondations les plus remarquables en Grande-Terre.

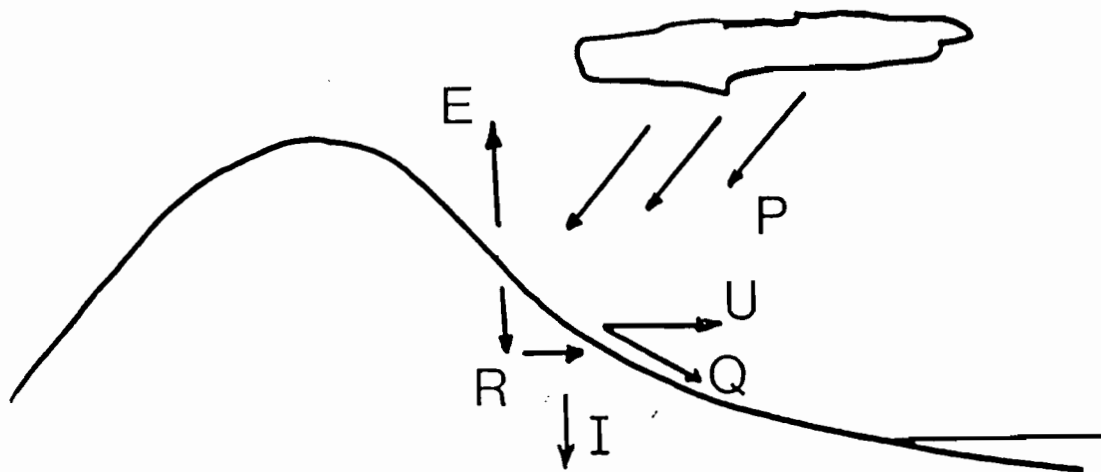
5 Crues et inondations

* Génèse des crues en Guadeloupe

Lorsqu'il pleut sur un bassin versant, une première fraction de la pluie est interceptée par le couvert végétal. L'eau qui atteint le sol s'infiltré dans des proportions qui dépendent de l'état de saturation initial du sol et de sa capacité de percolation. L'eau infiltrée va alimenter les nappes souterraines, une fraction sera reprise par évapo-transpiration. La fraction de l'eau qui ne s'infiltré pas va ruisseler sur le sol et contribuer à l'écoulement du cours d'eau.

En Basse-Terre, les sols sont pratiquement toujours saturés (la capacité maximale de percolation est estimée à 5 mm/h) ; les bassins versants sont pentus, les averses sont fréquentes et abondantes. Ainsi, les crues seront nombreuses, et leur écoulement sera rapide. Les crues seront dévastatrices, et parfois très chargées en boues et en débris végétaux.

En Grande-Terre, en l'absence de pluies, les sols se dessèchent et forment des fentes de retrait. Les bassins versants sont de faible pente. Les écoulements n'apparaîtront que lorsque des pluies préalables auront saturé les sols. Les écoulements seront lents, mais constitueront d'importants volumes d'eau inondant les zones basses mal drainées.



P : Précipitation
 E : Evapotranspiration
 R : Stockage, destockage

I : Infiltration profonde
 U : Prélèvement AEP, irrigation...
 Q : Ecoulement

Schéma des phénomènes liés à la génèse d'une crue

Quelques exemples vont permettre de souligner que de très fortes crues et inondations peuvent apparaître en dehors du passage de dépressions.

* Quelques crues et inondations récentes

. La crue du 16 novembre 1986

Les crues du 16 novembre 1986 sur la Côte au vent de la Basse-Terre ont été violentes, en particulier celle de la Petite Rivière à Goyaves qui a été remarquable par les inondations qu'elle a provoquées.

Le graphique ci-joint représente la forte crue de la Petite Rivière à Goyaves le 16 novembre 1986 et l'averse qui l'a engendrée.

L'analyse de la distribution spatiale des précipitations fait apparaître que le noyau des précipitations était centré sur le haut-bassin de la Petite Rivière à Goyaves.

Le hyétogramme enregistré à Merwart situé à 1000 m d'altitude montre des précipitations abondantes (275 mm en 8h) :

- 29 mm en 15 mn
- 50 mm en 30 mn
- 97 mm en 1 h
- 135 mm en 1 h et demie

Le débit de pointe d'une crue est lié à la quantité d'eau maximale précipitée sur une durée inférieure au temps de concentration du bassin, qui est égal à 90 mn sur ce bassin de 30 km². Or, 135 mm représente une valeur exceptionnelle qui n'a été dépassée qu'une seule fois lors de la tempête Hélène avec 142 mm mesurés à Parnasse. Le débit de pointe estimé à 597 m³/s aurait une période de retour de l'ordre de 50 années.

Le débit de pointe d'une crue est lié à la quantité d'eau maximale précipitée sur une durée inférieure au temps de concentration du bassin, qui est égal à 90 mn sur ce bassin de 30 km². Or, 135 mm représente une valeur exceptionnelle qui n'a été dépassée qu'une seule fois lors de la tempête Hélène avec 142 mm mesurés à Parnasse. Le débit de pointe estimé à 597 m³/s aurait une période de retour de l'ordre de 50 années.

L'analyse statistique et l'étude de cette crue a permis aux hydrologues de l'ORSTOM de calibrer les débits de pointe de la Petite Rivière à Goyaves, qui ont été estimés respectivement à 15 et 22.5 m³/s/km² pour les crues décennale et centennale.

L'inondation exceptionnelle du 2 mai 1981 en Grande-Terre

Le 2 mai 1981, une cellule convective très active engendrait des précipitations très fortes mais limitées dans l'espace. On relevait sur la région de Sainte-Anne et Saint-François, près de 200 mm en quelques heures, 138 mm exactement en 2 heures au poste de Douville. Avec une période de retour supérieure au siècle, sur d'aussi faibles pas de temps, les inondations ont été particulièrement importantes, dans cette région.

Les îles du Nord

A Saint-Martin, de fortes crues ont été observées indépendamment ou à l'occasion de cyclones, en 1974, 1975 et 1979 :

- le 6 novembre 1974, causant la mort d'une personne, emportée par les eaux, de fortes précipitations, totalisant plus de 170 mm par endroit se sont abattues sur l'île
- le 15 septembre 1975, on mesurait près de 250 mm de précipitations liées au passage du cyclone Eloise, provoquant d'importants dégâts
- le passage du cyclone Frédéric les 3 et 4 septembre 1979 était accompagné de précipitations dont la hauteur dépassait par endroit 300 mm, entraînant mort d'homme et la destruction du pont de Grand-Case

* Répartition saisonnière

Sur le Bras-David, le débit maximum instantané, 547 m³/s, a été observé le 16 novembre 1986, engendré par la dépression stationnaire sur le flanc au vent de la Basse-Terre, décrite précédemment. Cependant en février 1982, généralement mois de carême, a été mesuré un débit très important de 453 m³/s.

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 sa valeur maximale (période 1974-1988).

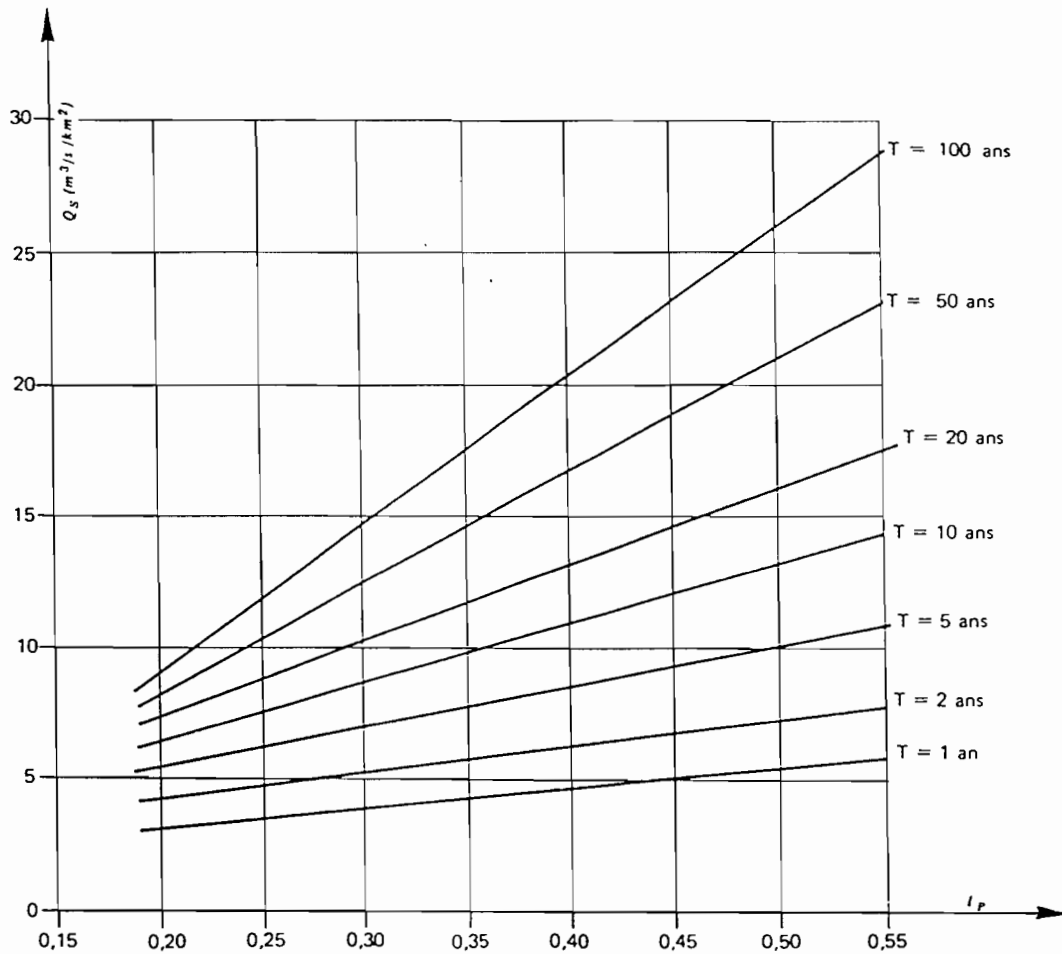
Ces exemples prouvent que si, généralement, les fortes crues apparaissent en saison pluvieuse, il n'est pas exclu d'assister à des phénomènes rares, en toute saison.

* Evaluation des risques d'apparition des crues

Aucune technique ne permet actuellement de prévoir les averses exceptionnelles isolées se manifestant en dehors du passage d'onde ou de dépressions, et encore est-il plus délicat de prévoir que telle ou telle région sera affectée par une crue.

Par contre, à partir de l'analyse physique ou statistique des événements vécus, il est possible de calculer l'occurrence de certains événements, autrement dit le caractère exceptionnel ou non de tel événement, et de lui attribuer une période de retour (durée moyenne entre deux événements semblables).

Les études conduites par l'ORSTOM ont prouvé que les débits de pointe des cours d'eau de la Basse-Terre étaient, pour une même période de retour, essentiellement fonction de la pente des bassins versants (6 à 30 m³/s/km² pour la crue centennale).



Courbes d'estimation des débits de pointe des crues

6 Conclusion

En conclusion, nous retiendrons que si les cyclones peuvent engendrer de très fortes crues en Basse-Terre, occasionnant d'importants dégâts, les risques liés aux forts écoulements et aux inondations sont permanents. Notamment, sur les bassins versants de faible superficie (quelques km^2), l'apparition des très fortes crues sera plus aléatoire, liée à des situations météorologiques particulières et indépendante du passage de dépressions ou de cyclones.

En Grande-Terre, les cyclones sont susceptibles de provoquer, là aussi, d'importants dégâts par les eaux, mais, plus encore qu'en Basse-Terre, les fortes crues pourront être provoquées par de forts orages ou des dépressions stationnaires.

Il convient d'attirer l'attention sur la nécessité de prendre en considération ce risque et de mettre en oeuvre des mesures préventives efficaces tant au niveau des collectivités que des personnes concernées.

Actuellement, l'ORSTOM poursuit l'analyse probabiliste des événements observés, cependant, les études s'orientent vers une modélisation des écoulements qui prendrait en compte les caractéristiques géomorphométriques des bassins versants déterminées à l'aide d'un modèle numérique de terrain (MNT), ce qui devrait permettre de préciser les relations pluie-débit et d'en déduire avec plus de précision les débits de pointe de faible probabilité.