

L'HYDROLOGIE URBAINE

Jacques GUISCAFRE

*Directeur de Recherche,
au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier*

«**L'**hydrologie urbaine» est l'étude du cycle de l'eau en milieu urbain, qu'il soit naturel ou influencé; il s'agit d'une science de l'environnement dont le champ d'action intéresse des disciplines scientifiques «classiques» et les sciences humaines.

L'alimentation en eau à des fins domestiques ou industrielles, l'assainissement des eaux pluviales ou usées, l'usage de l'eau comme animation de la ville et la protection des agglomérations contre les inondations sont autant de domaines relevant de l'hydrologie urbaine.

L'assainissement des eaux pluviales a été l'objet de nombreux travaux ces dernières années autant du point de vue des aménageurs que du point de vue des ingénieurs et scientifiques qui se sont penchés sur cette question. Les réseaux pluviaux d'évacuation du ruissellement urbain font partie des grands réseaux d'infrastructure qui ont sinon structuré, du moins permis le développement de la ville moderne depuis le XIX^{ème} siècle.

UN PEU D'HISTORIQUE

Après Haussmann, le surdimensionnement des égouts vis-à-vis des quantités à transiter a permis aux réseaux initialement construits dans les centres villes actuels de supporter le développement de l'urbanisme au moins jusqu'au début de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle.

Au moment de la reconstruction, après la deuxième guerre mondiale,

le projeteur disposait pour le dimensionnement d'ouvrages, de la formule de Caquot (1), formule empirique permettant de calculer le débit à l'exutoire d'un bassin versant en fonction de la période de retour de l'événement pluvieux caractéristique. Cette formule intégrée dans la circulaire C.G. 1333 de 1949 (2) avec des éléments de calcul précis et des règles de bonne conduite technique, allait devenir la bible du projeteur en assainissement pour plus de vingt ans.

A partir des années 60, le développement de l'urbanisation en périphérie des villes anciennes, l'imperméabilisation croissante des sols et la construction des réseaux artificiels d'assainissement, ont provoqué une augmentation considérable des volumes d'eau pluviale à évacuer tout en diminuant fortement le temps de parcours de l'eau avec en conséquence logique un accroissement des débits de pointe maximaux. Cet enchaînement entraînant la transformation d'un phénomène diffus (la pluie) en un phénomène concentré (débit évacué par le système de drainage), a eu pour conséquence soit d'engorger les réseaux déjà existants et servant d'exutoires aux nouveaux réseaux construits (débordements), soit de nécessiter la construction de nouveaux grands collecteurs.

Le développement de l'urbanisation sous ces formes nouvelles, en raison des coûts élevés d'investissement et d'entretien des réseaux d'assainissement, ainsi que les défaillances de ces réseaux de plus en plus fréquentes vers les années 1970 (dues à plusieurs orages importants successifs), mirent en évi-

dence les insuffisances de la circulaire C.G. 1333 de 1949.

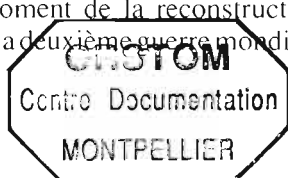
Pour résoudre les problèmes du moment, une nouvelle circulaire est mise en chantier et sera publiée en 1977, sous le numéro 77.284/INT (3). Cette circulaire reprend la formule de Caquot avec des paramètres modifiés et en fixe les limites de validité, mais donne toutefois peu d'indications sur les outils pouvant être utilisés en dehors de ces limites.

Aussi toute une série de recherches et d'études ont alors été engagées pour tenter de répondre aux problèmes de l'évacuation des eaux pluviales.

L'ensemble des résultats obtenus au cours de ces dernières années ont été suffisamment importants et significatifs pour être mis à la disposition des projeteurs en assainissement sous la forme d'un ouvrage réalisé dans le cadre d'un groupe de travail créé à l'initiative du Service Technique de l'Urbanisme (Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer) et publié très récemment : «Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales» (4).

Nous avons fait de fréquents emprunts à cet ouvrage, et, nous remercions les membres de ce groupe de travail qui ont bien voulu lire et critiquer le présent article.

Ce mémento décrit les outils et leurs développements mis au point pour la maîtrise du ruissellement pluvial.



Il ne s'agit plus seulement d'appliquer une formule : l'introduction et l'utilisation de modèles conduisent à une véritable réhabilitation de l'art de l'ingénieur. Ces modèles simulent la transformation effectuée par le système artificiel qu'est la ville sur le cycle de l'eau, sans oublier qu'à la base de tout ruissellement pluvial, il y a un phénomène naturel : la pluie.

QUELS BESOINS ?

Dans l'état actuel de nos connaissances, la pluie apparaît comme un phénomène complexe, très variable dans le temps et dans l'espace à l'échelle qui intéresse l'hydrologie urbaine (quelques minutes ou dizaines de minutes, quelques dizaines ou centaines d'hectares).

C'est un phénomène à forte composante aléatoire et non reproductible. De ce fait, les résultats d'observations sont des données historiques qui ne se prêtent pas, stricto sensu, à une démarche d'analyse purement expérimentale. Les modèles pluviométriques sont de type probabiliste et s'intègrent naturellement dans les modèles plus complets d'assainissement puisque les ouvrages sont dimensionnés en terme de risque de défaillance.

L'hydrologue, l'aménageur ou le gestionnaire d'un système d'assainissement s'intéresse à la pluie au travers de ses conséquences en terme de ruissellement. Les niveaux requis de connaissance de la pluie sont très dépendants des objectifs visés :

- S'agissant du dimensionnement d'un collecteur à l'exutoire d'un bassin versant de taille modeste (quelques dizaines d'hectares), la grandeur qu'il convient d'estimer est le débit à évacuer, variable fortement corrélée avec l'intensité de la pluie sur une durée caractéristique du bassin versant pour une période de retour donnée. Seule cette donnée pluviométrique sous

la forme des courbes «Intensité-Durée-Fréquence» ou IDF retiendra l'attention du projeteur.

- Pour le calcul de la capacité d'un bassin de rétention destiné à stocker une partie des eaux ruisselées et à réduire les débits en aval, l'aspect volumétrique devient prépondérant et la hauteur totale précipitée au cours de la pluie et pendant le temps de vidange du bassin de retenue est une variable importante.

- Mais d'autres aspects doivent également être pris en compte : la répartition des apports dans le temps au cours de l'événement peut jouer un rôle non négligeable; de même l'éventualité de l'apparition de pluies successives séparées par des intervalles de temps inférieurs à la durée de vidange de l'ouvrage doit être envisagée. Il faut alors s'intéresser à la variation temporelle du phénomène pluie.

- Cette variation est également fondamentale si l'on étudie la pollution véhiculée par les eaux de ruissellement et rejetée dans le milieu naturel. En effet, la durée de temps sec précédant une pluie, période au cours de laquelle l'activité humaine génère une pollution qui s'accumule à la surface du bassin, est une des variables explicatives des masses polluantes entraînées au cours de l'événement.

- Enfin le dimensionnement ou la simulation du comportement d'un réseau de grande dimension (bassin de plusieurs centaines ou milliers d'hectares) nécessite le calcul complet des hydrogrammes qui transitent dans chacun des collecteurs afin de prendre en compte, au niveau de leur jonction, les différences de temps de réponse des sous-bassins versants et les différences de temps de transfert dans les diverses branches du réseau. A la connaissance de l'évolution temporelle de l'intensité de la pluie, celle de sa répartition spatiale devient alors indispensa-

ble, et ce, d'autant plus que la surface concernée est importante.

Donc la connaissance locale de tous ces facteurs pluviométriques s'avère du plus grand intérêt dans la connaissance du fonctionnement du réseau d'assainissement :

- Elle permet la caractérisation des événements pluvieux à l'issue desquels un fonctionnement défectueux des ouvrages a été observé. C'est un élément d'information précieux pour le gestionnaire mais également pour les élus et le public : explication du déroulement des phénomènes au cours d'une pluie exceptionnelle ayant occasionné des désordres importants. Dans un tel cas, elle apporte un complément d'information appréciable pour l'instruction des dossiers de contentieux d'inondation ou pour la déclaration de catastrophe naturelle.

- Couplée avec des mesures de débit en collecteur, elle permet d'apprécier le fonctionnement général du système : temps de réponse des bassins versants, contribution relative des différents sous réseaux, concomitance des apports, période de retour de défaillance des ouvrages, etc... Cette connaissance peut être valorisée par la modélisation, technique de plus en plus fréquemment utilisée pour simuler le fonctionnement des ouvrages existants (diagnostic) et/ou à dimensionner (projet). Les modèles doivent, dans la mesure du disponible, être calés sur des observations. Dans tous les cas, les informations déduites de leur utilisation seront d'autant plus fiables que l'adéquation de ces modèles aura été vérifiée à partir de pluies et de débits observés.

L'étude du fonctionnement des grands réseaux d'assainissement peut également exiger la prise en compte de l'aspect dynamique des précipitations, c'est-à-dire le sens et la vitesse de déplacement du phénomène.

Enfin la gestion en temps sec et en période de pluie de certains grands systèmes ne permet d'approcher une utilisation «optimale» de leur capacité de stockage et de transfert qu'à condition d'anticiper sur l'évolution des phénomènes et donc, le plus souvent, de prévoir la pluie.

Cette prévision peut intervenir à deux niveaux :

- Mise en alerte du système et conditionnement du réseau avant apparition de la pluie, d'une part,
- Estimation de l'évolution à court terme du phénomène pendant son déroulement, d'autre part.

Pour ce faire, certaines communautés urbaines se sont pourvues d'un système de gestion automatisée en temps réel de leur réseau d'assainissement associé à un réseau de pluviographes avec parfois un traitement d'image radar.

LA MESURE DE LA PLUIE ET SON EXPLOITATION

La pluie est l'élément de départ du phénomène de ruissellement, principale source d'alimentation des réseaux d'assainissement. Première étape de ce qu'on appelle le cycle urbain de l'eau, elle constitue l'entrée du système et donc la donnée fondamentale nécessaire à la compréhension de son fonctionnement.

Comment est-elle appréhendée?

La première caractéristique que l'on peut mesurer est la hauteur d'eau tombée en un point, pendant une durée de l'ordre de la journée. Les mesures intègrent, sans les distinguer, toutes les précipitations d'une période de 24 heures : elles ne fournissent donc pas d'information sur la durée de chaque événement, ni sur leurs intensités. Les matériels utilisés pour ces mesures sont les pluviomètres.

Pour étendre la connaissance de la pluie à l'ensemble d'un bassin versant, il est nécessaire de multiplier le nombre de points de mesure ponctuels et de les organiser en réseau. On peut de cette manière étudier l'évolution spatiale des événements touchant une zone géographique plus vaste que les mailles du réseau, et de durée plus grande que la journée.

On conçoit donc que ce type d'outil convienne bien à la mesure des principales caractéristiques des pluies frontales persistantes dans le temps à intensités relativement faibles. De même, l'étude hydrologique des vastes bassins versants (plusieurs milliers de km²), dont les temps de concentration sont de plusieurs journées, peut se contenter de mesures de lames d'eau totalisées sur 24 heures.

Par contre, en hydrologie urbaine, les bassins versants sont beaucoup plus réduits (quelques centaines d'hectares en général) et bien plus imperméabilisés : leur temps de concentration peut descendre jusqu'à quelques dizaines de minutes. Or les événements pluvieux les plus difficiles à maîtriser sont les événements brusques et violents, c'est-à-dire de type convectif (orages).

Les besoins de mesure sont donc plus exigeants. Il est nécessaire de pouvoir appréhender la durée de chaque événement, obtenir une répartition temporelle et spatiale de la pluie, et éventuellement apprécier le sens et la vitesse de ses déplacements. Enfin, pour gérer les flux pluviaux en temps réel, se dessine la nécessité de prévision à court terme de l'ensemble de ces caractéristiques.

L'analyse du phénomène du ruissellement pluvial en milieu urbain nécessite donc une connaissance beaucoup plus fine de la pluie, et on conçoit alors que les matériels utilisés dans ce cadre soient très différents du cas précédent : on doit faire

appel aux enregistrements continus réalisés par des pluviomètres enregistreurs ou pluviographes qui, traditionnellement, tracent sur un diagramme appelé pluviogramme une courbe discontinue ou non des hauteurs précipitées cumulées en fonction du temps, représentant la chronique des variations du phénomène pluie. On s'oriente aujourd'hui vers des enregistreurs électroniques à mémoire.

En pratique, on représente aussi les variations temporelles de la pluie par un hyétoگرامme, graphique en échelons qui visualise les variations de l'intensité moyenne en fonction du temps, intensité le plus souvent exprimée en mm/h.

C'est à partir de ces enregistrements continus que l'on peut procéder à diverses analyses de la pluviométrie ponctuelle, par exemple : distribution empirique et loi de probabilité d'un paramètre caractéristique des événements pluvieux (hauteur totale, durée, intensité maximale, moyenne sur une durée donnée, formes types des hyétoگرامmes, structure d'autocorrélation, etc...).

Les relevés pluviographiques sont exploités pour construire les classiques courbes IDF qui constituent les données nécessaires à l'utilisation de certains modèles de ruissellement ou de certaines méthodes de dimensionnement d'ouvrage.

Les courbes IDF sont également utilisées pour construire les «pluies de projet» destinées soit simplement à dimensionner les réseaux et leurs ouvrages, soit à générer des hydrogrammes complets. Une «pluie de projet» est une pluie fictive définie par un hyétoگرامme synthétique et statistique, «représentative» des pluies réelles, bien que jamais observée ; une période de retour lui est affectée, période qui est celle d'un ou plusieurs de ses éléments constitutifs : hauteur totale précipitée et/ou hauteur pré-

cipitée sur une durée donnée (période intense).

Même si les pluies de projet ont été élaborées pour le dimensionnement des collecteurs, elles sont parfois utilisées dans d'autres buts : calcul des bassins de retenues, étude de diagnostic du fonctionnement d'un réseau en place, élaboration de stratégies pour la gestion optimale des systèmes d'assainissements.

Mais l'emploi d'une pluie synthétique présente d'autres avantages :

- Une représentativité certaine et «garantie» d'obtention de résultats corrects en moyenne, du fait que les caractéristiques d'une pluie de projet résultent d'une analyse statistique ;
- Une limitation du nombre des calculs à effectuer comparativement à l'utilisation d'une série de pluies historiquement observées.

A l'inverse, le caractère synthétique des pluies de projet ne permet pas de traduire la réalité de la variabilité à une échelle fine de temps. Le fait qu'elles n'aient jamais été observées (et ne le seront jamais) est parfois à l'origine d'une certaine réticence à leur emploi. S'il est clair que la valeur de la période de retour associée à celle du débit de pointe calculé avec une pluie de projet ne peut être qu'approximative, il n'est pas moins évident que seule l'utilisation d'une longue série historique peut permettre d'estimer beaucoup plus précisément cette probabilité d'occurrence. A l'heure actuelle, en l'absence d'information de cette nature, l'abandon du concept de pluie de projet équivaldrait à l'abandon de la notion de période de retour de défaillance des ouvrages.

La disponibilité de séries historiques permet l'utilisation des modèles de «séries de pluies ponctuelles», parmi lesquels :

- Les modèles de simulation d'un grand nombre d'événements isolés utilisés comme entrée d'un modèle de ruissellement dont les résultats pourront être traités de manière statistique ;
- Les modèles qui visent à reproduire le déroulement dans le temps des séries observées, c'est-à-dire à simuler une chronologie d'événements; ce qui suppose l'existence d'une série dépouillée relativement longue.

Une alternative possible consiste à se référer à quelques événements remarquables observés : les plus violents ou ceux qui ont occasionné des désordres dans le fonctionnement d'un réseau existant. Actuellement la quantité de données exploitables est réduite, ce qui ne permet pas souvent de quantifier un risque de défaillance ni d'affecter une période de retour à un débit donné. Par contre cette méthode paraît bien adaptée pour une étude de diagnostic et la définition de variantes.

La distribution spatiale de la pluie est fréquemment représentée par un faisceau de courbes isohyètes c'est-à-dire d'égales valeurs de hauteurs totales précipitées au cours d'un événement ou sur une durée donnée. Leur examen apporte certains enseignements comme la détection des zones préférentielles de pluie importante, mais elles sont aussi utilisées pour calculer la hauteur moyenne, au sens spatial du terme, ou lame d'eau précipitée sur une surface donnée (en général un bassin versant).

Ce calcul, comme d'ailleurs le tracé «précis» des courbes isohyètes, et encore bien d'autres investigations relatives à la distribution

spatiale des pluies font nécessairement appel à une méthode d'interpolation : fonctions spline, krigage.... méthode qui, quelle qu'elle soit, n'est pas susceptible de créer de l'information.

Par ailleurs notre connaissance actuelle du phénomène permet de penser, qu'à l'échelle de temps qui nous intéresse, sa variabilité est telle qu'une information ponctuelle perd tout son sens au-delà d'une distance de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres.

Les hyétogrammes enregistrés par un réseau de pluviographes peuvent être utilisés pour étudier le déplacement des averses. Cette analyse s'avère toutefois très délicate : problème de synchronisation des différents enregistreurs (qui devrait être résolu avec les développements techniques actuels), choix d'un instant de référence caractéristique du passage de la pluie sur chaque poste d'observation (début de l'enregistrement, intensité maximale «instantanée», etc...), distinction entre l'aspect dynamique et la variabilité spatiale, etc...

L'importance de l'étude de la dynamique des pluies n'est pas à négliger dans la mesure où certains spécialistes s'accordent à penser que le ruissellement généré par une pluie donnée dépend notablement du sens et de la vitesse de son déplacement éventuel.

Le développement des radars météorologiques et l'imagerie satellitaire devraient permettre des avancées sensibles quant à la connaissance des variations spatio-temporelles de la pluie et de la dynamique des orages.

Pour appréhender la variation spatiale de la pluie, il faut disposer au minimum d'un réseau dense de pluviographes. De tels réseaux sont encore rarissimes en France, tout au moins si on se limite à une dimension spatiale compatible avec les préoccupations des responsables de l'assainissement urbain. Des réseaux ont été mis en place dans le cadre de bassins versants expérimentaux : le MIN de Rungis avec 9 pluviographes sur 300 ha environ exploités pendant 4 ans (1977-1980) et gérés par le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (LROP) et le bassin de l'Orgeval avec 21 pluviographes sur 100 km² installés depuis 1962 et gérés par le CEMAGREF. Par ailleurs certaines collectivités territoriales ont équipé de tels réseaux : département de la Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Hauts-de-Seine, ville de Paris, district de l'agglomération de Nancy, communautés urbaines de Bordeaux, Lyon et dernièrement Marseille, etc...

Quant aux radars, le réseau ARAMIS est en cours d'implantation par la Météorologie Nationale : il faut dix-huit radars pour couvrir le territoire métropolitain, onze sont actuellement en place. Les images fournies par ce réseau sont stockées et aussi diffusées par «METEOTEL», service qui fournit également des «images satellite» et d'autres données. L'information historique disponible ne commence qu'au début de l'année 1989.

Les images ainsi diffusées ne sont pas réellement adaptées aux besoins de l'hydrologie urbaine, ni de l'hydrologie classique d'ailleurs. Elles ne peuvent en outre être utilisées seules : il est nécessaire de les corriger par des réseaux denses de pluviographes pour obtenir une mesure de pluie.

Aussi, la Météorologie Nationale a-t-elle fait appel au groupe RHEA pour concevoir des images adaptées à l'hydrologie et un logiciel pour micro-ordinateur permettant l'exploitation de ces images en concomitance avec les pluviographes : ce système - CALAMAR - a bénéficié de l'expérience accumulée sur le département de la Seine-Saint-Denis, aussi bien en matière de mesure de pluie que de prévision à très courte échéance (une heure environ), et est actuellement disponible sur la région desservie par le radar de Trappes et devrait l'être prochainement sur Nîmes, Bordeaux, Nancy, Arcis-sur-Aube, etc...

Une nouvelle génération de ce système sera adapté sur le calculateur CASTOR qui doit être associé à chaque radar du réseau ARAMIS. Des recherches sont d'autre part financées par le Plan Urbain pour améliorer les méthodes de traitement existantes et la performance des appareils de mesures.

CONCLUSION

A l'issue de cet examen rapide de l'information disponible pour l'étude de la pluviométrie aux pas d'espace et de temps qui intéressent l'hydrologie urbaine, on doit dresser un bilan bien mince :

- Deux séries chronologiques d'observations ponctuelles de 30 ans ou plus, dépouillées et disponibles : Montpellier-Bel-Air et Paris-Montsouris ;
- Au départ deux réseaux de pluviographes relativement denses, auxquels sont venus s'ajouter ceux des départements de la petite couronne en Ile-de-France dès 1975 et ceux de Bordeaux, Lyon, Nancy et Marseille, ces dernières années ;
- Et très récemment l'imagerie radar.

Si aucun effort d'harmonisation et de centralisation n'est envisagé à court terme, le projeteur ou le gestionnaire d'un réseau d'assainissement n'aura d'autre recours que la modélisation mathématique pour

tenter de définir les entrées de son système. Les modèles seront bien évidemment calés sur les observations locales ou élaborées quand elles seront suffisantes, et on conçoit qu'ils ne puissent donner qu'une représentation très schématique de la pluie, phénomène aléatoire, éminemment variable et mal appréhendé par la mesure traditionnelle.

On peut toutefois raisonnablement espérer que cet effort de centralisation soit rapidement entrepris, mais aussi que des avancées notables dans la connaissance du phénomène pluie soient enregistrées dans les années qui viennent.

Le développement de capteurs et d'enregistreurs mieux adaptés, la prise de conscience par les collectivités territoriales de l'intérêt d'effectuer localement des mesures, la création d'une banque nationale de données, la prise en compte par la Météorologie Nationale des besoins de l'hydrologie urbaine dans le traitement de l'imagerie radar sont autant d'éléments positifs qu'il convient de favoriser.

BIBLIOGRAPHIE

(1) CAQUOT A.(1941)

Ecoulement des eaux pluviales, CR Ac. Sciences, Séance du 20 octobre, 4p.

(2) Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme (1949)

Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations. Gc 1933. Imprimerie Nationale, Paris.

(3) Ministère de l'Intérieur (1977)

Instruction technique relative à l'assainissement des agglomérations, Circulaire INT 77.284, Imprimerie Nationale, Paris.

(4) Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Mer, Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme, Service Technique de l'Urbanisme (déc. 1989)

Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales. La Documentation Française. Paris, 349p.



Glacier d'Argentière vers 1850



Glacier d'Argentière vers 1960



LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES ANCIENNES

*Observations météorologiques faites pendant le mois de Mars 1871
à Laon, département du Nord par M. Hély d'Orgny, ingénieur en chef de l'Observatoire*

Date	Température			Vents		Dir. du Cour.	Mars	Remarques particulières
	Maxim.	Minim.	Moyen	Fort	Force			
1	10	2	5	0	0	Calme	1	
2	10	2	5	0	0	Calme	1	
3	10	2	5	0	0	Calme	1	
4	10	2	5	0	0	Calme	1	
5	10	2	5	0	0	Calme	1	
6	10	2	5	0	0	Calme	1	
7	10	2	5	0	0	Calme	1	
8	10	2	5	0	0	Calme	1	
9	10	2	5	0	0	Calme	1	
10	10	2	5	0	0	Calme	1	
11	10	2	5	0	0	Calme	1	
12	10	2	5	0	0	Calme	1	
13	10	2	5	0	0	Calme	1	
14	10	2	5	0	0	Calme	1	
15	10	2	5	0	0	Calme	1	
16	10	2	5	0	0	Calme	1	
17	10	2	5	0	0	Calme	1	
18	10	2	5	0	0	Calme	1	
19	10	2	5	0	0	Calme	1	
20	10	2	5	0	0	Calme	1	
21	10	2	5	0	0	Calme	1	
22	10	2	5	0	0	Calme	1	
23	10	2	5	0	0	Calme	1	
24	10	2	5	0	0	Calme	1	
25	10	2	5	0	0	Calme	1	
26	10	2	5	0	0	Calme	1	
27	10	2	5	0	0	Calme	1	
28	10	2	5	0	0	Calme	1	
29	10	2	5	0	0	Calme	1	
30	10	2	5	0	0	Calme	1	
Mars	10	2	5	0	0	Calme	1	

Le Directeur de l'Observatoire de Laon



雨計
(RAIN GAUGE)



Environnement

LES DONNEES PLUVIOMETRIQUES ANCIENNES

Un patrimoine culturel et scientifique
à mettre en valeur

Janvier 1991

SOMMAIRE

UN PATRIMOINE CULTUREL ET SCIENTIFIQUE A METTRE EN VALEUR <i>par Noël GODARD</i>	1
PLUIES DES REVES ET DE L'HISTOIRE <i>par Monique DACHARRY et Pierre-Alain ROCHE</i>	3
HISTORIQUE DE LA MESURE DES PLUIES <i>par Yann L'HOTE</i>	9
LES MESURES CONTEMPORAINES DE LA PLUIE	13
• LES MESURES MODERNES DES PRECIPITATIONS EN FRANCE DEPUIS LA FIN DU XVII ^{ème} SIECLE <i>par Patrice PAUL et Claude PICHARD</i>	15
• LES OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES SUEDOISES Un souci précoce du contrôle de l'instrumentation <i>par Gérard PETIT-RENAUD</i>	17
CONTROLE ET SAISIE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES <i>par Philippe BOIRET et Bruno RAMBALDELLI</i>	21
LE TRAITEMENT STATISTIQUE DES PLUIES <i>par Thierry LEVIANDIER</i>	27
L'UTILITE DES LONGUES SERIES PLUVIOMETRIQUES	33
• LA PLUIE ET L'AGRICULTURE <i>par Thierry LEVIANDIER</i>	35
• LES BARRAGES <i>par André GOUBET</i>	37
• LES CRUES EXTREMES <i>par Daniel DUBAND</i>	39
• L'HYDROLOGIE URBAINE <i>par Jacques GUISCAFRE</i>	43
LES PRECIPITATIONS ET L'EVOLUTION DU CLIMAT <i>par Daniel DUBAND</i>	51
VARIATION DE LA PLUVIOMETRIE EN FRANCE DEPUIS LE SIECLE DERNIER Essai de reconstitution <i>par Gérard PETIT-RENAUD</i>	53