

Une catastrophe naturelle : l'averse nîmoise du 3 octobre 1988 et ses conséquences hydrologiques

Lucette DAVY (1)

RÉSUMÉ

Le 3 octobre 1988, une pluie diluvienne (plus de 420 mm en 6 h 30) s'est abattue sur la ville de Nîmes et les hauteurs qui la dominent au nord, provoquant le débordement d'une série de petits torrents, généralement à sec, appelés ici « cadereaux ». Cette étude met l'accent sur le caractère imprévisible de l'averse et sur la torrentialité naturelle des cadereaux, aggravée encore par des aménagements humains plus ou moins judicieux.

MOTS-CLÉS : Averse méditerranéenne — Inondation — Hydrologie urbaine.

ABSTRACT

A NATURAL CATASTROPHE: THE NÎMES STORM OF 3 OCTOBER 1988 AND ITS HYDROLOGICAL CONSEQUENCE

On 3 October 1988, torrential rain (more than 420 mm in six and a half hours) fell on the town of Nîmes and the hills which overlook it to the North, causing the overflowing of a series of usually dry streams, known here as « cadereaux ». The urban flooding which resulted, even though of short duration — only a few hours — caused considerable damage due to the violence of the flow. This study emphasizes the unpredictable character of this rainstorm and the cadereaux's liability to flood, which has been made worse by arguably injudicious human remodelling of the city.

KEY WORDS : Mediterranean rainstorm — Flood — Urban hydrology.

Dans nos régions méditerranéennes réputées pour la douceur de leur climat, la nature a parfois des violences inattendues. Ainsi le 3 octobre 1988 à Nîmes. Ce jour-là, en effet 420 et peut-être 450 mm de pluie sont tombés dans la nuit et la matinée sur les hauteurs dominant l'agglomération, à l'endroit même où naissent les désormais célèbres cadereaux, responsables de la catastrophe. De sorte qu'à l'heure où les Nîmois se rendaient au travail, deux torrents d'eau et de boue, descendus des garrigues voisines, l'un par le NW, l'autre par le NE, convergeaient vers la ville qui se trouvait rapidement submergée par 1 m d'eau.

Non seulement l'eau déferlait en surface, mais elle jaillissait des bouches d'égouts en véritables geysers, car sous la pression, les drains s'étaient aussitôt mis en charge. La puissance du flot était telle que des « mazets » imprudemment construits dans le lit des torrents étaient soufflés, une centaine de voitures projetées dans le canal de la Fontaine, tandis qu'en ville le courant entraînait en force dans les maisons pour ressortir par les fenêtres avec le mobilier...

De tous les récits tragi-comiques qui ont rempli les colonnes des journaux, les jours suivants, nous en retiendrons deux seulement qui nous paraissent particulièrement évocateurs de la force du courant et de la rapidité du phénomène. D'abord, il y a le cas de ce vendeur de pianos, installé à côté de la Maison Carrée, qui a vu filer à toute allure par la rue adjacente six de ses pianos.

(1) Professeur de Géographie (Hydrologie-Climatologie) à l'Université de Montpellier III, Paul-Valéry, BP 5043, 34032 Montpellier Cedex.

Le deuxième témoignage est celui d'une de nos étudiantes qui, ayant dû renoncer à se rendre à son travail, s'est installée chez elle à 9 h 15 pour fumer une cigarette. A ce moment-là, il y avait dans la cour de son immeuble quelques flaques dues à la pluie qui tombait depuis la nuit. Lorsqu'elle s'est levée, la cigarette consumée, 60 cm d'eau recouvraient le sol. C'était 10 mn plus tard. Un des cadereaux de l'est de la ville, le Valat de Riquet était sorti. A 11 h 30, dans ce faubourg du Mas de Mingue, le niveau commençait déjà à baisser. Dès l'après-midi, dans les rues de la ville, la quasi-totalité de l'eau s'était écoulée.

Six heures de déluge venaient de faire 11 morts et 4 milliards de francs de dégâts (1).

1. UN ÉVÉNEMENT AUSSI EXCEPTIONNEL QU'IMPRÉVISIBLE

1.1. LE FILM DES ÉVÉNEMENTS

Il peut être retracé à partir de deux séries de documents : les données pluviométriques relevées par le réseau de pluviophones de la DDE et les images radar et satellites. La figure 1 représente la pluie tombée en 24 heures entre le 2 et le 3 à 1 h du matin aux stations gérées par la DDE. Elle montre qu'à ce moment 40 à 50 mm d'eau sont tombés sur les Cévennes et l'avant-pays. Pour la saison et pour cette région du midi méditerranéen, ce chiffre n'a rien d'exceptionnel.

Il faut noter cependant qu'il pleut à nouveau depuis minuit sur le bassin du Vidourle et cette pluie va en s'intensifiant au point que, à partir de 2 h, l'agent de la DDE chargé de la veille 24 h sur 24 recevait toutes les heures un appel Eurosignal. Il n'y a cependant encore rien d'alarmant car les seuils sont fixés très bas. Ils se déclenchent pour une pluie de 20 mm en 1 h ou de 60 mm en 24 h. Or le signal retentit, car ces seuils sont atteints sur le Vidourle et en quelques points du bassin des Gardons. A partir de ce moment la pluie s'intensifie sur le Vidourle, à tel point qu'à 5 h du matin, il est tombé 121 mm sur Vic-le-Fesc (fig. 2), et la rivière monte dangereusement.

Dans la crainte d'une « vidourlade », l'alerte est alors donnée dans la vallée, puis aux préfectures du Gard et de l'Hérault. Donc à 5 h du matin, c'est sur le Vidourle que l'on s'attend à avoir des problèmes. Pendant ce temps à Nîmes, rien ne se passe jusqu'à 4 h du matin. A 4 h, il commence tout juste à pleuvoir ; cependant l'orage gronde et l'on a même pu voir tomber quelques grêlons, signe incontestable d'une grande instabilité de l'air et d'une grande épaisseur des formations nuageuses.

A 6 h l'averse s'est déplacée (fig. 3). La pluie a pratiquement cessé sur l'ensemble du département. Il ne pleut plus que sur Nîmes où il est tombé 39 mm dans l'heure. La carte de 7 h (fig. 4) ressemble à celle de 6 h, 47 mm sont venus s'ajouter aux 39 mm de l'heure précédente, soit au total 100 mm depuis le début de l'averse. Ce chiffre est important certes mais il ne constitue pas un record pour notre région, même pour le bas-pays, de sorte que l'on ne pouvait se douter, même à ce moment, de la catastrophe qui était en train de fondre sur la ville.

Cependant la pluie continuait de tomber avec des intensités voisines de 40 mm/h pendant 6 h 30 consécutives. A 11 h 30, brusquement tout était fini. La pluie s'arrêtait sur Nîmes et se déplaçait sur Remoulins. La lecture des pluviomètres révélait alors les chiffres très élevés de 264 mm à Nîmes-Courbessac, 311 mm à la DDE (quartier W de Nîmes), 420 mm au Mas de Ponge (2), à l'amont du cadereau d'Alès.

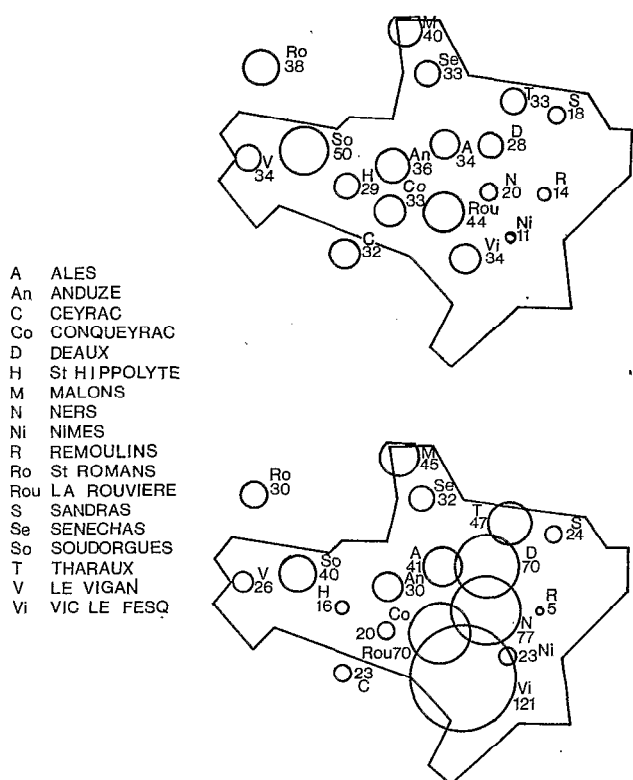
Le déplacement de l'averse montre, que contrairement à ce que l'on a pu lire dans les journaux, le système nuageux ne s'est pas formé sur Nîmes, mais plus à l'ouest, et a glissé ensuite vers la région nîmoise. C'est ce que confirme l'examen des images radar et satellite.

L'image de 1 h 45 TU (soit 2 h 45 heure légale) montre que la petite zone d'échos modérés qui était apparue à minuit au nord de Montpellier s'est étendue vers le nord en direction du bassin moyen du Vidourle, en se renforçant (photo 7). C'est donc à minuit et au nord de Montpellier que tout a commencé. A 2 h 45, il n'y a encore aucun écho sur la région nîmoise. A ce moment le radar de Marignane cesse momentanément de fonctionner, mais on peut suivre le phénomène grâce au satellite.

L'image de 5 h 30 TU montre un temps très perturbé sur tout l'est de la France. Une petite tache rose apparaît au nord de Nîmes. Elle correspond à des sommets de cumulo-nimbus, et matérialise bien l'emplacement de l'averse et son extension très limitée. Lorsque l'image radar réapparaît, il est 6 h 45. On constate alors que la zone d'échos qui avait une orientation subméridienne a basculé vers l'est. Elle est calée maintenant sur une ligne Sommières-Nîmes-Remoulins-Orange.

(1) Chiffres avancés par le « Midi libre ».

(2) Le Mas de Ponge est situé à l'amont du bassin de réception du cadereau d'Alès. Le pluviomètre ayant débordé, les 420 mm retenus constituent un minimum.



- A ALES
- An ANDUZE
- C CEYRAC
- Co CONQUEYRAC
- D DEAUX
- H St HIPPOLYTE
- M MALONS
- N NERS
- Ni NIMES
- R REMOULINS
- Ro St ROMANS
- Rou LA ROUVIERE
- S SANDRAS
- Se SENECHAS
- So SOUDORGUES
- T THARAUX
- V LE VIGAN
- Vi VIC LE FESQ

- A ALES
- D DEAUX
- H St HIPPOLYTE
- M MALONS
- N NERS
- Ni NIMES
- R REMOULINS
- S SANDRAS
- So SOUDORGUE
- T THARAUX
- Vi VIC LE FESC

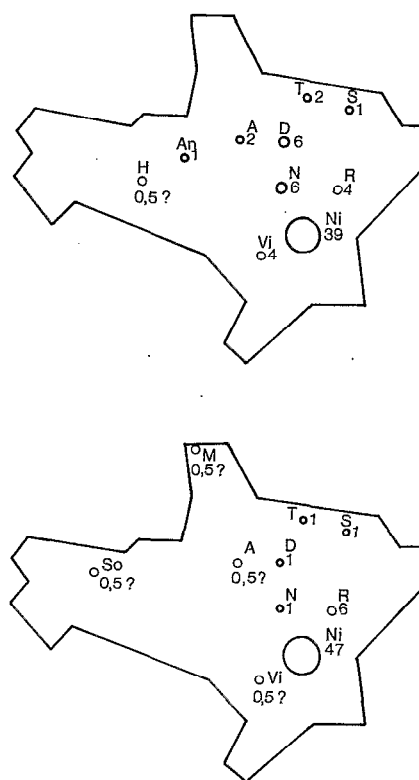


FIG. 1 (en haut). — Entre le 2/10/88 à 1 h et le 3/10/88 à 1 h.

FIG. 3 (en haut). — Le 3/10/88 entre 5 et 6 h.

FIG. 2. — Entre le 2/10/88 à 5 h et le 3/10/88 à 5 h.

FIG. 4. — Le 3/10/88 entre 6 et 7 h.

FIG. 1 à 4. — Pluies enregistrées aux stations de la DDE (d'après document DDE, Nîmes).

A 8 h 15 TU (photo 8), la zone d'échos s'atténue sur Sommières, tandis qu'elle se renforce de l'W de Nîmes à Remoulins. On sait qu'à cette heure, la pluie a cessé sur le Vidourle, et bat son plein sur Nîmes. Sur l'image de 11 h, la ligne d'échos est axée du sud de Nîmes à Villeneuve-les-Avignon et Orange. A ce moment — midi, heure légale — la pluie a cessé sur Nîmes et s'est décalée vers le NE.

Au total, l'épisode commencé vers minuit sur le Vidourle s'est poursuivi sur Nîmes entre 5 h et 11 h 30 avant de glisser en s'atténuant vers Remoulins (fig. 5). Mais cette translation s'est effectuée de façon quelque peu complexe puisque l'amas nuageux s'est d'abord étiré à partir du nord de Montpellier dans le sens SSW-NNE, puis a pivoté vers l'est, avant de s'évacuer au NE.

La caractéristique de l'averse a résidé non pas dans la valeur de la pluie horaire (il est vrai que nous avons des données bornées sur des heures fixes et non glissantes (1)), mais dans la persistance, tout au long de la matinée, d'intensités relativement fortes. C'est cette extraordinaire concentration de la pluie — 300 à 400 voire 450 mm en 6 h 30 seulement — qui en a fait la gravité en exaltant son pouvoir de ruissellement.

1.2. LA CARTE DE L'averse (fig. 6)

Elle est tout à fait intéressante par sa forme. L'isohyète 100 mm dessine un noyau de 70 × 20 km, à l'intérieur duquel le cœur de l'averse (200 mm) couvre seulement 35 × 10 km, depuis le Vidourle jusqu'à l'est de Nîmes. Mais le plus remarquable, c'est la position du paroxysme au N de Nîmes, sur le plateau des garrigues où naissent les cadeaux et dans un secteur très ruisselant du fait de la pente et de l'urbanisation.

On notera aussi le resserrement des isolignes vers le sud — en 10 km, on passe de 300 à 30 mm —, et aussi leur tracé rectiligne et parallèle au versant des garrigues. Ce dessin semble bien souligner le rôle du relief, pourtant modeste, dans le déclenchement des ascendances.

(1) Le maximum horaire enregistré à Nîmes-Courbessac pour la période (1964-1988) a été de 70,3 mm le 26 août 1987.

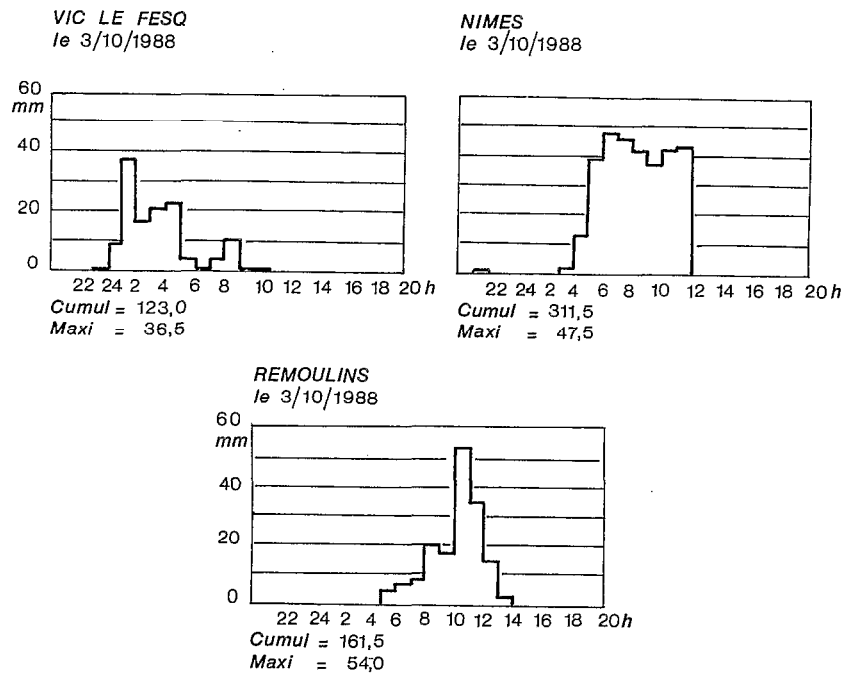


FIG. 5. — Hyétogrammes des pluies à Vis-le-Fresc, Nîmes et Remoulins.

1.3. LA SITUATION MÉTÉOROLOGIQUE

Lorsqu'on regarde les cartes de surface des 2 et 3 octobre (fig. 7), on constate une situation curieuse pour qui est habitué aux averses cévenoles.

— On est en situation anticyclonique — 1 020 à 1 025 hPa — et faible gradient barométrique.

— Aucun des centres d'action typiques des averses cévenoles n'est en place.

- Pas de dépression au large des Finistères européens ! C'est cette dépression qui, généralement aspire l'air froid sur son versant polaire, l'air chaud sur son versant méridional, provoque leur affrontement et la naissance d'un flux perturbé de SW. Ici, le pourvoyeur d'air froid semble avoir été le couple Anticyclone atlantique — Dépression d'Islande, relayée par de petits minima locaux dont le principal est situé à l'ouest du Massif Central.

- L'anticyclone balkanique ou centre européen, qui renforce le rôle directeur de la dépression dans la remontée des masses d'air chaud, est bien présent, mais nettement décalé vers le N. Malgré ce, il a dû jouer le principal rôle dans cette remontée de l'air méditerranéen, aidé en cela par la petite dépression signalée plus haut.

- Le troisième élément des situations cévenoles est la perturbation. On en repère une sur la carte. Mais rien à voir, ici encore avec ces perturbations de SW nées au contact des côtes espagnoles ou marocaines. Celle-ci représente ce qu'il reste d'un front froid ondulant depuis le 30 septembre de l'Espagne à la Russie, et qui s'est disloqué au contact de l'anticyclone après avoir progressé du NW au SE ! D'ailleurs, sous la poussée de l'air froid, ce qui subsiste de ce front a pris l'allure d'une ligne de grain, beaucoup plus que d'une perturbation classique.

Le phénomène est donc, dans sa genèse, sensiblement différent des phénomènes cévenols classiques. Cependant, si les acteurs sont différents, la masse d'air en cause est bien du même type que lors des averses génératrices de crues cévenoles. C'est dans les caractères thermiques et thermodynamiques de cette masse qu'il faut rechercher la cause de l'intensité de la pluie. Ce caractère résulte de la saison et du voyage au-dessus de la Méditerranée. On est en automne. La Méditerranée est chaude (19-20 °C dans le Golfe du Lion, 24 °C au niveau des Baléares) et de ce fait très évaporante. Elle va donc fortement réchauffer à la base la masse d'air, la charger d'humidité et lui fournir un potentiel énergétique énorme sous la forme de chaleur latente de condensation. En conséquence, le 3 à 0 h, la température au sol à Nîmes-Courbessac est de 16 °C, HR % : 89, et t-td : 1,8 °C.

Mais c'est en altitude que la situation doit être analysée. Le sondage de 0 h à Nîmes (fig. 8) fait apparaître deux niveaux sensibles : vers 3 200 m, un tout petit niveau très proche de l'instabilité absolue, et entre 1 700 et 2 400 m,

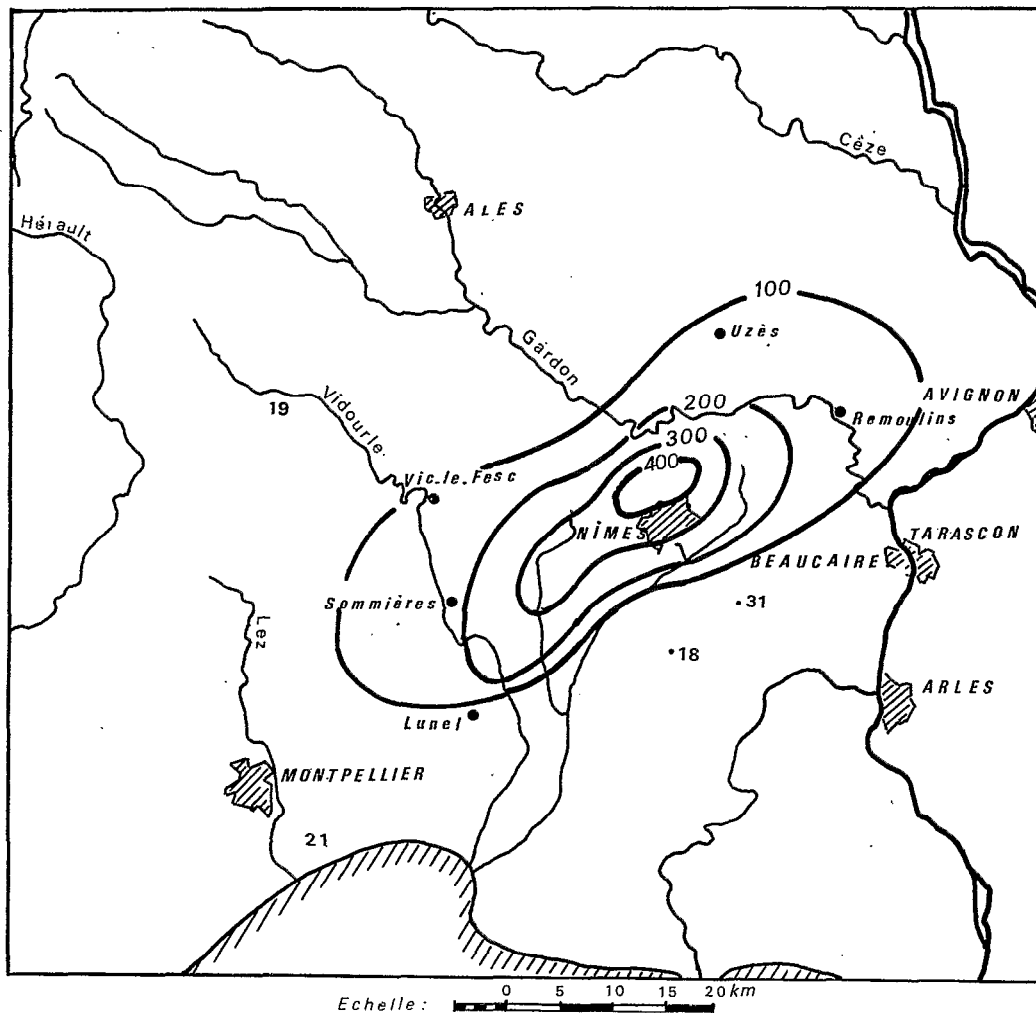


FIG. 6. — L'averse du 3/10/89.

un niveau plus important d'instabilité sélective qui est peut-être à l'origine de la formation du cumulo-nimbus. En effet on est ici très près du point de rosée : $t - t_d = 0,9 \text{ °C}$ dans une humidité relative de 95 %. Il suffisait donc d'une ascendance forcée modeste (une centaine de m) pour déclencher le processus. Or 100 m, c'est justement la valeur de la dénivellation des garrigues.

Trois phénomènes ont pu alors à des degrés divers jouer un rôle :

a. au sol, le relief. Dans les conditions de très faible gradient, donc d'air très calme qui prévalait alors, les 100 à 150 m de dénivellation que représente le versant des garrigues, ont pu jouer le rôle d'un tremplin, obligeant la masse d'air venue du S, à amorcer ici son ascension verticale. On peut donc penser que le relief a localisé l'événement. Il a pu être aidé en cela par la présence d'une ville relativement importante. On sait en effet que les nombreux foyers de combustion (les moteurs de voitures en particulier) contribuent à développer au-dessus des agglomérations modernes, une véritable cloche thermique capable d'accélérer les ascendances ;

b. mais le rôle essentiel revient à la situation en altitude (fig. 9). Ici, nous retrouvons le schéma classique des situations cévenoles, caractérisé par la présence en altitude d'une goutte froide détachée du courant général. La goutte que l'on aperçoit sur la carte à 500 hPa du 2 octobre est apparue dès le 1^{er} en avant d'une profonde vallée planétaire descendue de Scandinavie. Elle est venue se localiser dans un secteur compris entre Bordeaux (température à Bordeaux le 3 à 0 h : -21 °C à 500 hPa) et le Val-de-Loire, où elle a stationné du 1^{er} au 3 contribuant à aspirer sur son flanc oriental, l'air méditerranéen, ce qui explique l'épaisseur et la

Dimanche 12 h TU

ANALYSE EN SURFACE

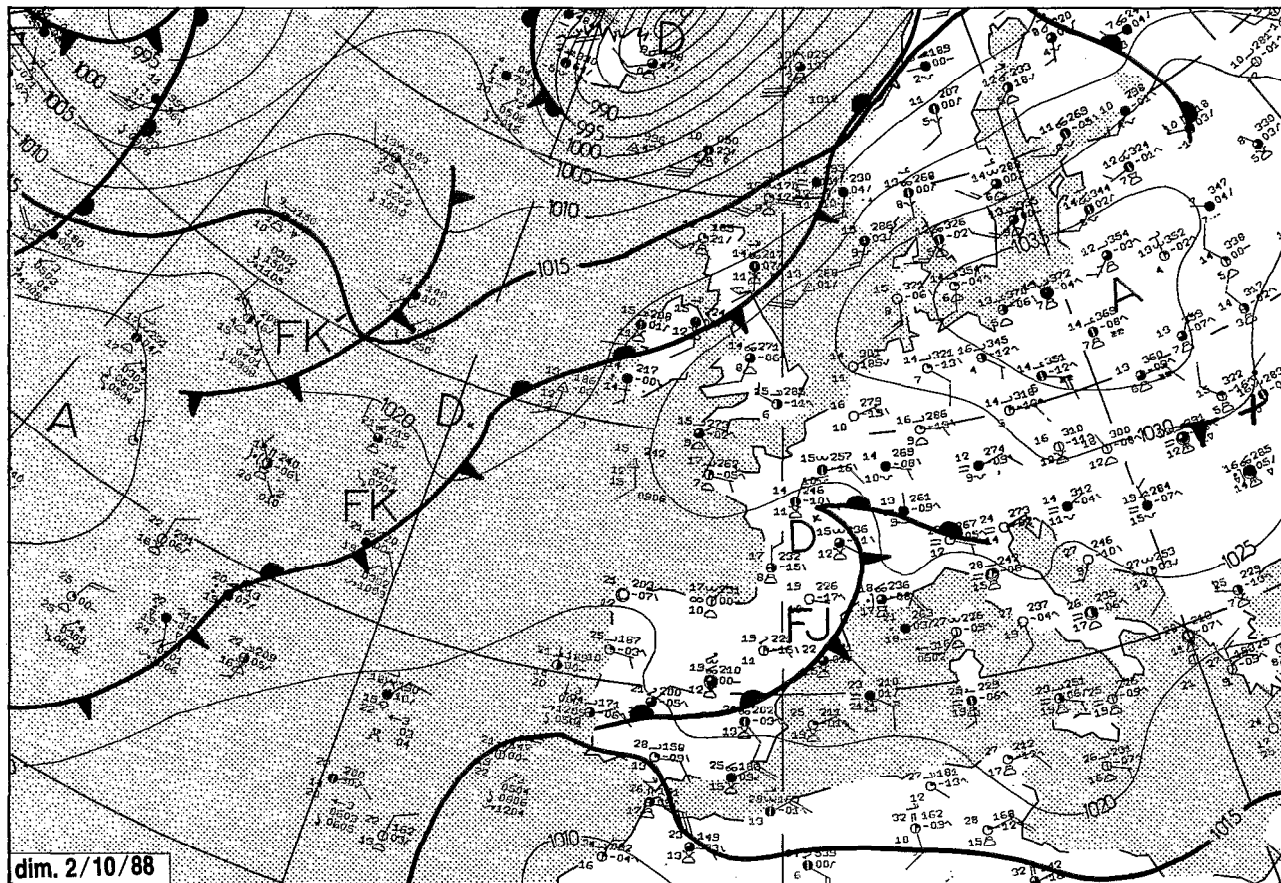


FIG. 7. — Situation isobarique en surface le 2/10/89 à 12 h TU.

puissance de l'advection chaude, en dépit du faible gradient de surface. Ensuite, dans la matinée du 3, elle s'est déplacée vers la vallée du Rhône, provoquant un fort refroidissement en altitude ($-17,5^{\circ}\text{C}$ à 500 hPa). Cette bulle d'air froid arrivant au-dessus de l'air méditerranéen, a déterminé un fort gradient thermique vertical, générateur d'une forte instabilité. L'épaisseur de la couche instable, était à minuit, de 8 km, sans doute une dizaine de km une paire d'heures plus tard. Or, une fois déclenchée la condensation, un troisième phénomène entre en jeu ;

c. la libération de chaleur latente de condensation. Ce nouvel apport de calories, s'ajoutant à l'avantage thermique lors du passage au-dessus de la Méditerranée, va retarder le refroidissement adiabatique et permettre à l'air de s'élever encore, jusqu'au voisinage de la tropopause (que l'on repère sur le sondage vers 11 km) expliquant ainsi l'énorme développement vertical des cumulo-nimbus.

Cependant tout n'est pas absolument satisfaisant ni surtout très explicatif dans les documents que nous possédons. En particulier on est étonné de ne trouver dans le sondage qu'un très mince niveau d'instabilité absolue, alors qu'apparaissent plusieurs niveaux d'affaîssement. Ce phénomène peut s'expliquer par l'heure (Oh) et le lieu de sondage, non au cœur de la colonne ascendante — qui devait être à ce moment à quelques km à l'ouest, et moins active que dans la matinée —, mais sur la bordure où se produisaient des courants descendants. Dans un événement aussi localisé, un léger décalage dans l'espace et dans le temps peut avoir fait rater le phénomène.

En conclusion, nous pouvons dire que l'exceptionnelle violence de l'averse est à mettre au compte de la mise en valeur, par les conditions dynamiques, de l'énorme potentiel pluviogène de l'air méditerranéen, et que les deux acteurs principaux de cet événement ont été la Méditerranée et la goutte froide d'altitude.

Des facteurs secondaires ont pu ensuite jouer un rôle dans l'aggravation du phénomène et sa localisation. Ces facteurs ce sont : le faible gradient de surface qui a permis la stagnation, ou plutôt la régénération sur place pendant

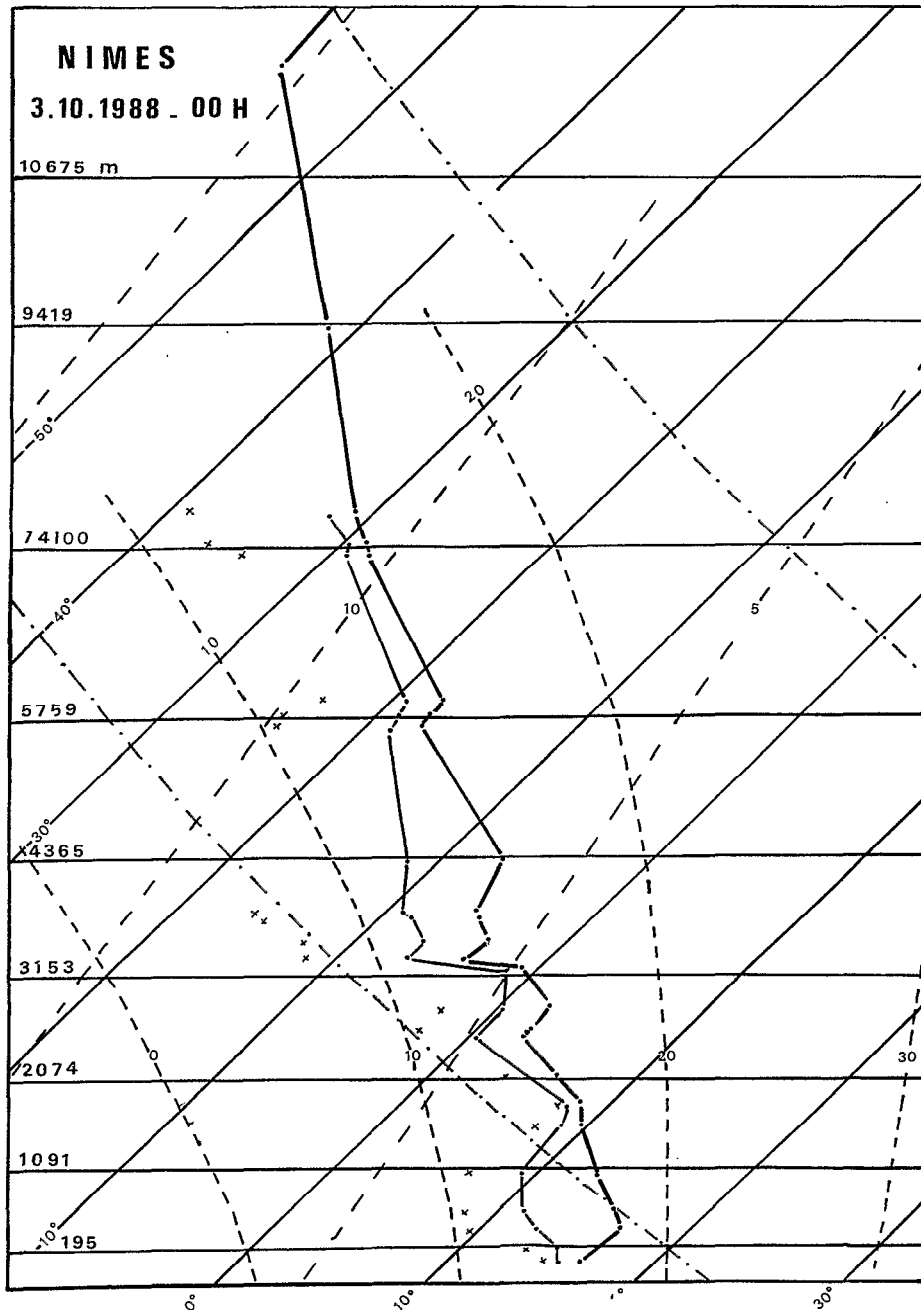


FIG. 8. — Sondage aérologique de Nîmes-Courbessac le 3/10/88 à 0 h TU.

plusieurs heures des cumulo-nimbus, le relief et la présence d'une ville coiffée de sa cloche thermique, qui ont contribué à localiser le phénomène. Enfin on peut se demander si la forme en hémicycle du site nîmois n'a pas joué un rôle à une échelle plus fine, dans la localisation et l'exaspération des ascendances. La question peut se poser lorsqu'on compare l'événement nîmois à des phénomènes semblables qui se produisent parfois sur la côte SE de l'Espagne, en particulier à Alicante, où la topographie se présente de façon comparable (1).

(1) cf: AG OLCINA et al. : *Lluviats torrencials e inundacions en Alicante*. Publication de l'Université d'Alicante.

AG OLCINA et al. : *Inundaciones en la ciudad y termino de Alicante*. Publication de l'Université et de l'Ayuntamiento d'Alicante.

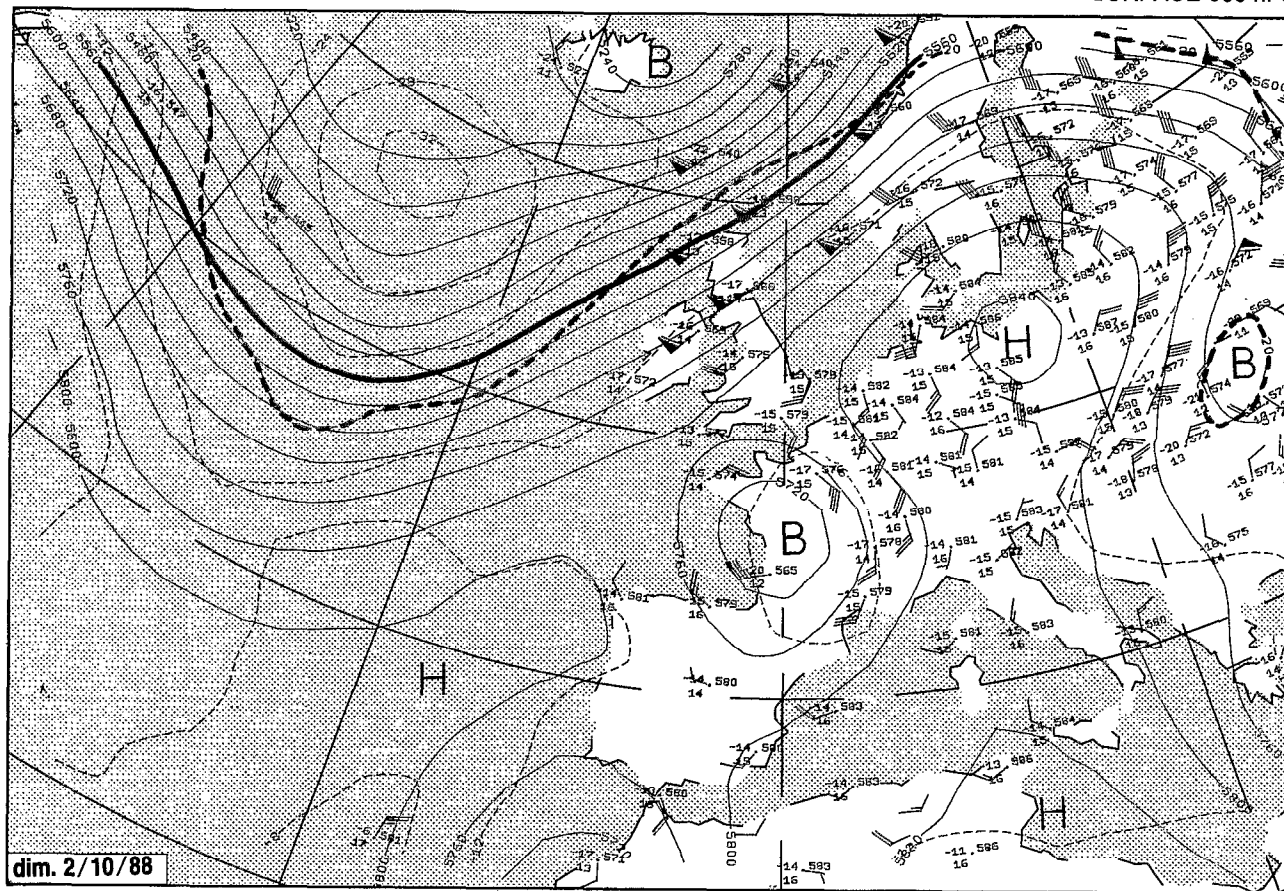


FIG. 9. — Situation isobarique à 500 hPa le 2/10/88 à 12 h TU.

2. LE SITE DE NÎMES ET LES CADEREAUX

2.1. LE SITE DE NÎMES. IL S'ÉTALE SUR TROIS MILIEUX AU COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DIFFÉRENT (fig. 10)

2.1.1. Les garrigues. Il s'agit d'un plateau calcaire créacé culminant à 200 m d'altitude, mais dont l'essentiel de la surface, dans la partie qui nous occupe, se situe entre 120 et 130 m. Vu de la plaine, il apparaît disposé en amphithéâtre ouvert au sud, au creux duquel jaillit la Fontaine de Nîmes et où s'est logée la ville. On a vu que cette topographie avait peut-être joué un rôle sur le plan météorologique. Sur le plan hydrologique, elle a contribué à faire converger les eaux vers la ville.

La nature lithologique du plateau constitue dans cette perspective hydrologique, un autre caractère de grande importance. Il s'agit en effet d'un calcaire très fissuré, où les circulations d'eau sont rapides, de sorte que le régime de la Fontaine, comme celui des sources épisodiques qui rafraîchissent quelques fonds de vallon, est de type torrentiel. De plus, dès l'amont des bassins versants, celui du cadereau d'Alès en particulier, l'épikarst se met rapidement en charge lors des pluies, et crache le trop-plein au niveau d'orifices d'où l'eau jaillit en bouillonnant, ce qui leur a valu le nom de « bouldous ». (Les karstologues emploient le terme d'estavelles).

En surface, il convient de mettre l'accent sur 2 facteurs capables de favoriser le rassemblement des eaux et leur écoulement : d'abord l'existence, en amont des cadereaux, de dépressions marneuses, largement ouvertes, de 1 à 2 km² de superficie, qui constituent le bassin de réception. Ces dépressions sont d'autant plus ruisselantes qu'elles sont

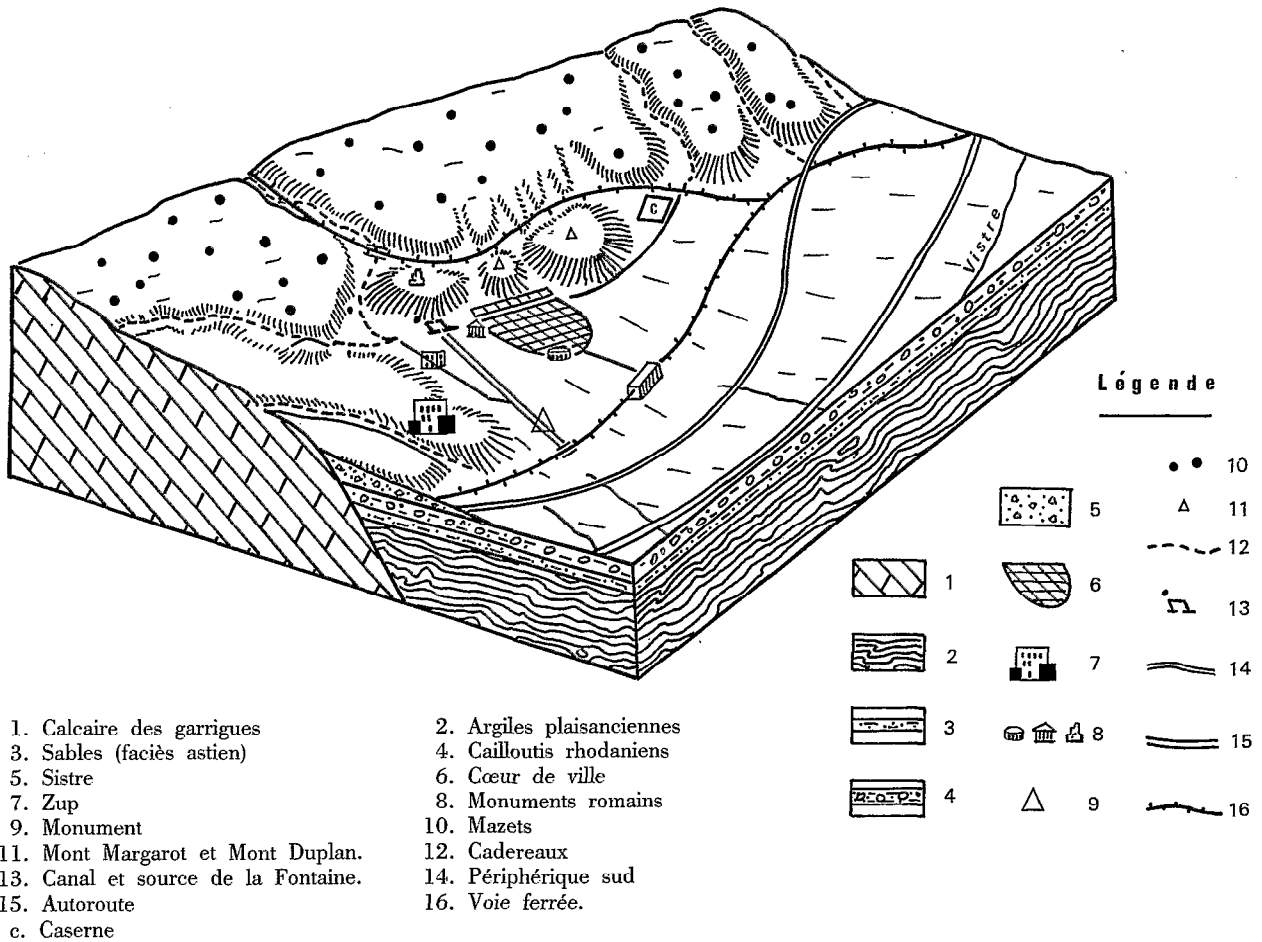


FIG.10. — Le site de Nîmes.

largement débarrassées de leur couverture végétale primitive, soit par la mise en culture, soit par suite de leur utilisation comme terrain militaire ou terrain de golf.

Or, dès leur sortie de ces bassins, alors même que la pente s'accroît, les eaux vont trouver un milieu imperméabilisé par une urbanisation qui touche aujourd'hui la plus grande partie de ces bassins versants des cadereaux. En effet, toutes ces garrigues, proches de la ville se sont, depuis les années 50, profondément transformées. Les mazets sont devenus de grandes villas, souvent précédées de vastes terrasses, desservies par des allées pavées, dallées ou cimentées ; les chemins empierrés d'autrefois sont aujourd'hui soigneusement goudronnés ; tout ceci, la pente aidant, constitue de magnifiques plans de ruissellement.

Ce plateau calcaire se termine dans la ville elle-même, au niveau des quartiers N et W, par un versant assez raide qu'escaladent des rues très pentues : 5,6 et jusqu'à 8 % localement. Cependant lors de l'averse du 3 octobre, ce versant a joué inégalement. En effet, entre les routes d'Alès et d'Uzès, à la limite N de la zone urbaine, il est interrompu par une rainure qu'emprunte la voie ferrée d'Alès. Cet accident topographique qui isole, en avant, les trois collines de la Tour Magne, du Mont Margarot et du Mont Duplan, a contribué à rejeter soit vers le cadereau d'Alès, soit surtout vers celui d'Uzès, les eaux venues du versant N des garrigues. Ainsi se sont trouvés relativement protégés les quartiers N de la ville.

2.1.2. Le deuxième élément du site est le *glacis de piedmont* développé en avant des garrigues, qui masque la faille de Nîmes et constitue le soubassement de la ville. Il se termine à peu près au niveau de l'autoroute dont le tracé arqué en souligne approximativement l'extrémité. Il s'agit d'un cône de matériaux détritiques mis en place sous les climats froids quaternaires, constitué de cailloutis anguleux de calcaires, cimentés par un ciment calcaire pour donner une formation bréchiqque dure appelée ici « sistre ». Ce « sistre » alterne avec des passées argileuses qui expliquent la présence, à faible profondeur dans le sous-sol de la ville, de nombreux niveaux d'eau. Ces eaux souterraines ont certai-

nement joué un rôle dans l'inondation des caves lors de la crue du 3 octobre, et pendant les jours qui ont suivi, au cours desquels elles ont alimenté des suintements qui ont duré parfois jusqu'à une dizaine de jours.

2.1.3. *La plaine du Vistre ou Vistrenque* constitue le troisième élément du site ; cette dépression d'origine tectonique correspond à une ancienne vallée pliocène du Rhône, drainée aujourd'hui par le Vistre. Le Vistre est une petite rivière venue du NE de Nîmes, qui recueille au passage les eaux de tous les cadereaux, de la Fontaine de Nîmes, et des égouts de la ville. Ici, la pente est très faible et l'inondation toujours menaçante, tant du fait des débordements que de la remontée des nappes. En effet, le substrat de ce secteur est particulièrement favorable à la multiplication des niveaux d'eau. Au-dessus d'une épaisse couche d'argiles plaisanciennes s'accumulent 5 à 10 m de sables de faciès astien surmontés par 10 à 20 m de cailloutis rhodaniens. Le tout est recouvert de limons gris argilo-calcaires, à faciès hydromorphe. Les sondages, tout comme l'expérience des jardiniers de ce secteur ont précisé l'emplacement des nappes qui sont exploitées ici à des fins d'irrigation, en particulier les plus accessibles, qui, au voisinage du petit Vistre (1), se situent respectivement à 1,5 m, 8 m et 15 m de profondeur. Divers travaux de drainage ont été nécessaires pour contenir ces nappes qui affleuraient localement tous les hivers. Mais leur maîtrise reste difficile en période paroxysmale.

2.2. QUE SONT LES CADEREAUX ?

Ce sont les héritiers d'organismes quaternaires qui ont dû être beaucoup plus actifs qu'aujourd'hui, si on en juge par l'épaisseur des matériaux qu'ils ont accumulés à leur débouché. Aujourd'hui, ce ne sont plus que de simples ravins, sans source pérenne à l'amont, donc à fonctionnement spasmodique étroitement lié aux fortes averses. Ils sont six à déverser leurs eaux sur l'agglomération nîmoise dont trois débouchent directement sur la ville elle-même, les trois autres traversant les faubourgs est et ouest (fig. 11).

Ces torrents sont de petits organismes longs de 3 à 7 km, au bassin versant étalé sur 3 à 12 km². Cependant, étant donné l'intensité de la pluie du 3 octobre, ces surfaces ont pu recevoir des quantités d'eau considérables, que nous avons évaluées à 1 à 5 10⁶ m³ selon l'importance du bassin.

Ces cadereaux prennent naissance à quelques kilomètres au nord de Nîmes, dans les dépressions marneuses ou argileuses décrites ci-dessus, et sous la forme d'un faisceau de fossés de drainage qui se réunissent à la sortie de la plaine pour donner un drain unique dont la pente s'accroît aussitôt. D'un cadereau à l'autre ces pentes varient de 12 % à 23 %. Mais la caractéristique essentielle de ces torrents est leur anthropisation. Nous prendrons l'exemple du plus important d'entre eux, le cadereau d'Alès.

Dès sa sortie de la plaine de Granon qui constitue son bassin de réception, il n'est plus qu'un étroit fossé au bord de la route ou entre les propriétés. Mais le plus souvent, il n'a plus de lit à lui. Il est devenu route lui-même, ou rue, souvent d'ailleurs sous la pression des riverains pour lesquels le passage par un lit presque toujours à sec évitait parfois de longs détours par la route. Ailleurs, il est réduit à l'état de simples buses. C'est le cas à l'amont, au passage des nombreux remblais de chemin de fer ou de routes qui barrent sa vallée. C'est le cas à l'aval du cours moyen, entre les deux derniers tronçons à ciel ouvert, puis à la traversée de la ville. Ce n'est que dans la partie moyenne que les aménagements ont été un peu mieux adaptés. Chaque passage sous la route se fait au moyen d'un jeu de trois arches dont la surface d'ouverture devait au départ se situer entre 15 et 20 m².

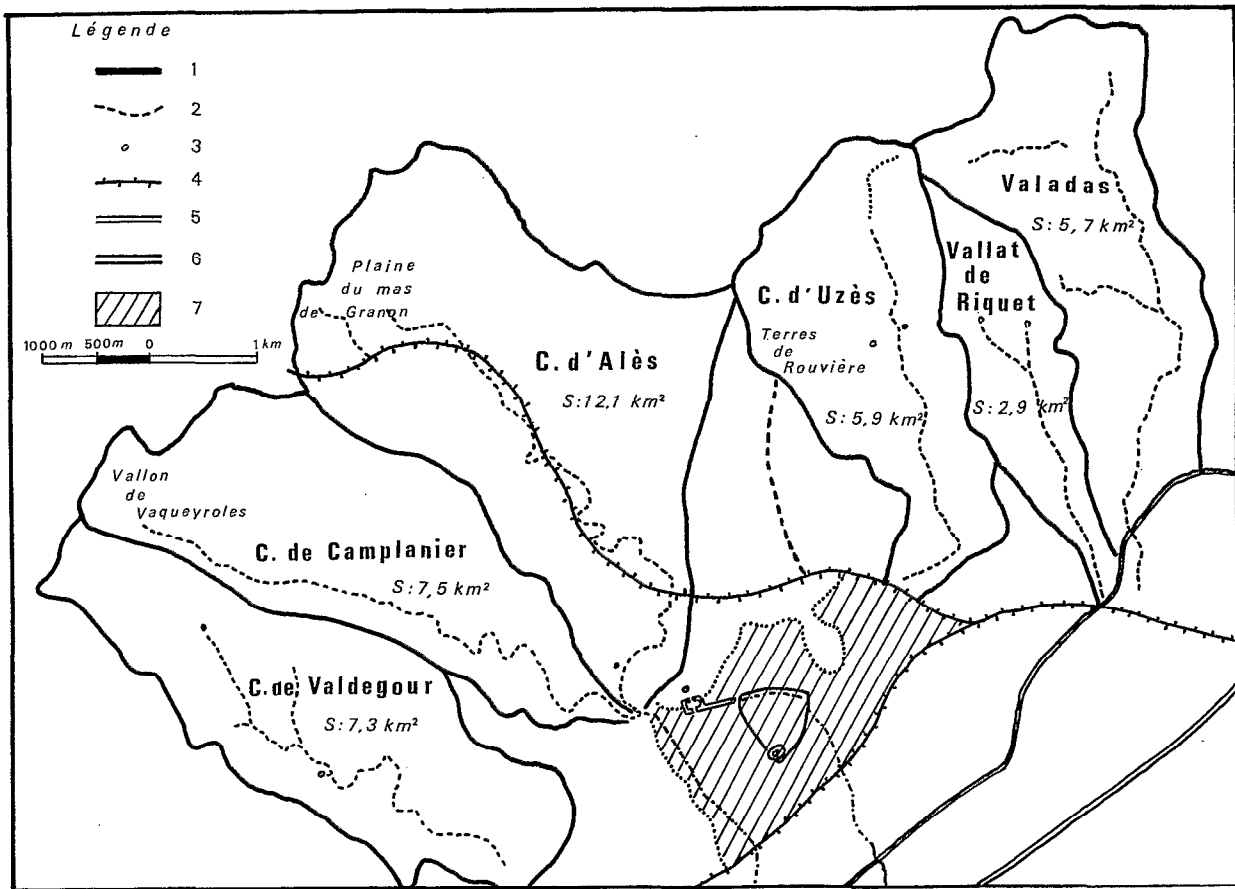
Mais ces ouvertures se sont trouvées progressivement rétrécies par suite d'aménagements divers réalisés sous la voûte elle-même : exhaussement du sol lors du goudronnage du lit, construction de poutres pour renforcer la route... nous avons pu constater qu'il ne restait plus par endroit que 40 cm de hauteur sous voûte pour permettre l'écoulement des eaux.

Ces aménagements ont, sur cet écoulement, un rôle contradictoire. Les différents obstacles, au moins tant qu'ils résistent à la poussée des eaux, sont autant de freins capables de retarder la crue. Cependant ils élèvent artificiellement le niveau, aggravant localement l'inondation et, lorsqu'ils cèdent, ils sont susceptibles de provoquer des débâcles catastrophiques. Arrivés en ville, les cadereaux sont pris en charge par des buses qui les conduisent jusqu'à la sortie de l'agglomération où ils retrouvent, sur quelques kilomètres, un cours à ciel ouvert, avant d'aller se jeter dans le Vistre.

3. L'INONDATION D'UNE VILLE SANS RIVIÈRE

Il a été possible d'en esquisser l'histoire à partir des observations faites *a posteriori* au long du cadereau d'Alès et en ville, et des nombreux témoignages des habitants.

(1) *Le petit Vistre est constitué par la réapparition, au sud de la ville, des eaux du canal de la Fontaine.*



- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 1. Limite de bassin | 2. Cadereaux |
| 3. Sources | 4. Voies ferrées |
| 5. Périphérique sud | 6. Autoroute. |
| 7. Zone densément urbanisée | |

FIG. 11. — Les cadereaux nîmois.

Les fortes pluies ayant débutées vers 5 h, c'est sans doute vers 7 h que les eaux ont commencé à se rassembler à l'amont. A ce moment 100 mm d'eau étaient déjà tombés sur un sol saturé par les pluies de la veille. Un véritable écoulement en nappe a dû se constituer si l'on en juge par les observations qui pouvaient être faites, quelques jours après dans un petit bosquet en bordure de la plaine du Mas de Granon. Là, au pied de chaque arbre, se trouvait un petit tas de paille dont la place, la forme en croissant de lune, et l'orientation des brindilles indiquaient nettement le sens de l'écoulement.

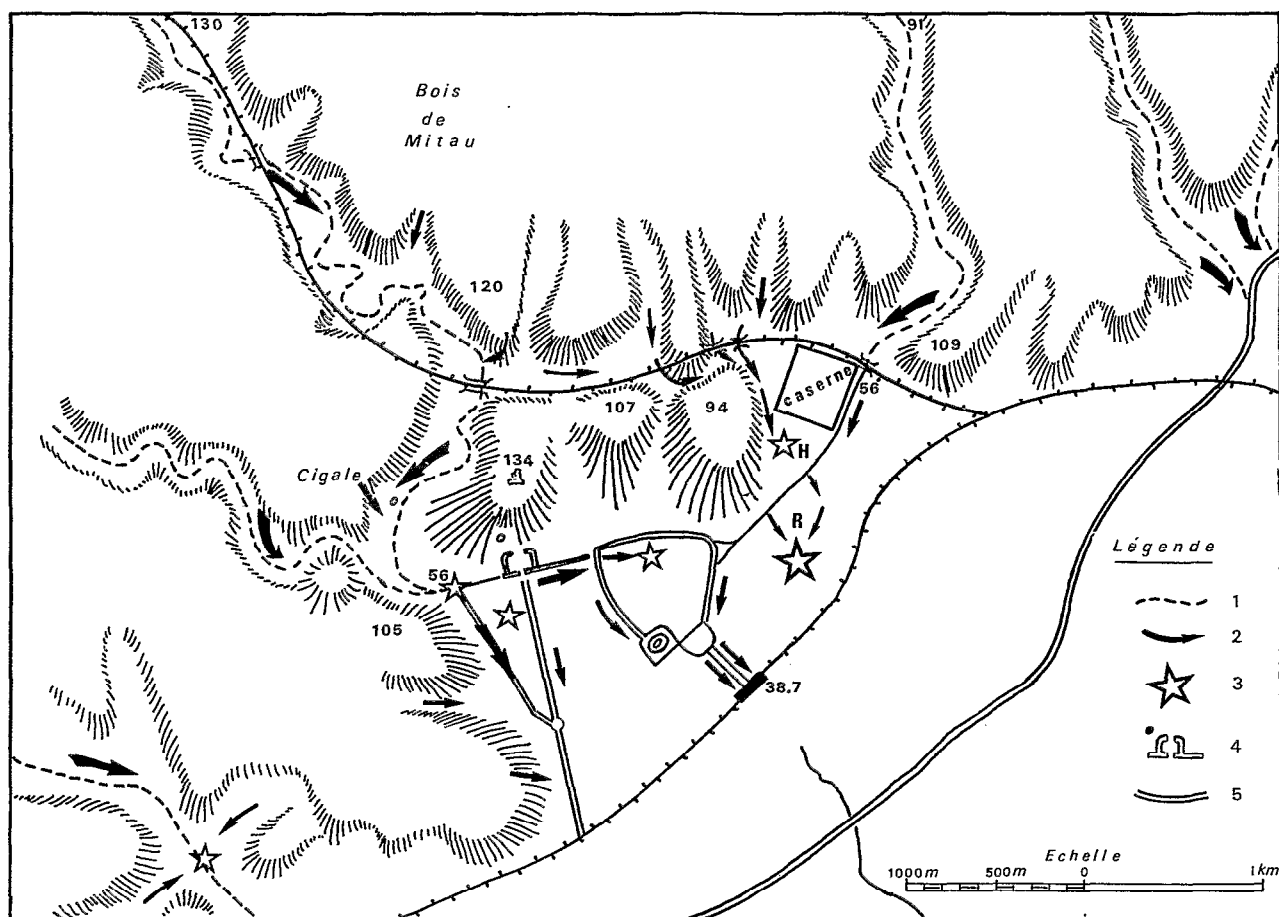
Très vite, à ce ruissellement de surface, sont venues s'ajouter les eaux souterraines, crachées par les bouldous (50 à 60 mm de pluie étaient tombés les jours précédents de sorte que l'épikarst a dû se mettre très rapidement en charge). Or, dès sa sortie du bassin de réception, le cadereau d'Alès s'est trouvé bloqué par un premier obstacle : le remblai de chemin de fer, haut ici de 3 m. Pour le franchir, le pont par où passe la route, construit en biais par rapport au fil de l'eau. Aussi les eaux se sont-elles accumulées en arrière jusqu'au moment, vers 8 h, où ce premier obstacle a craqué. Le remblai a été emporté en deux endroits et les voies sont restées suspendues dans le vide, tandis que les premières villas, en aval du pont, étaient brusquement inondées.

Des phénomènes semblables ont dû se produire sur les autres cadereaux. Sur celui de Camplanier c'est un barrage collinaire qui a cédé. Un peu partout, les murs des propriétés sont tombés les uns après les autres. Ainsi la crue s'est propagée par vagues successives, au gré des ruptures d'obstacles, ce qui a contribué à accroître sa puissance érosive.

Tout au long de son cours moyen, le cadereau d'Alès a ensuite reçu de nouveaux apports dont les plus importants sont venus du bois de Mitau à gauche, du bois des Espeisses et du quartier de La Cigale à droite. De sorte que lors du maximum, la vallée s'est trouvée inondée d'un bord à l'autre sous 1 à 4 m d'eau selon le secteur. Evaluer le débit qui a circulé alors est une entreprise quelque peu hasardeuse. Cependant nous avons tenté une approche de ces débits à partir du dernier tronçon à ciel ouvert du cadereau d'Alès (1). Cette section se présente en effet sous la forme d'une tranchée bien calibrée, de 11,30 m de large, située entre les deux parties du cimetière protestant, et limitée par des murs continus et élevés. Là le niveau s'est élevé à 4 m. L'application de la formule de « Manning » nous permet d'avancer le chiffre de 180 à 200 m³/s devant lesquels s'ouvriraient quatre petites buses de 60 cm de diamètre chacune.

Or, à ce niveau sont venus s'ajouter 200 à 220 m³/s apportés par le cadereau de Camplanier, débit évalué par les ingénieurs de la Compagnie d'Aménagement du bas-Rhône-Languedoc, à partir de 150 points de mesure pris sur 3 km du cours aval du cadereau. Au total, cela fait 380 à 400 m³/s qui se sont trouvés face à deux buses de 3,5 m² d'ouverture chacune, qui, de plus, ont dû être rapidement neutralisées par la formation d'embâcles.

Si l'on ajoute à ce débit, ce qui est descendu par les routes d'Alès et de Sauve, c'est un chiffre de 500 m³/s environ qu'il faut avancer. Voilà le débit qui est entré en ville par son extrémité nord-ouest (fig. 12).



- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Cadereaux | 2. Principales entrées d'eau |
| 3. Dégâts importants | 4. Source de la Fontaine et de la Gaffone. |
| 5. Périphérique sud | H. Hôpital |
| R. Quartier Richelieu | |

FIG. 12. — Principales entrées d'eau dans la ville.

(1) Les chiffres de débit avancés ici correspondent bien aux ordres de grandeur fournis par tous les experts hydrologues.

Le flot s'est alors partagé en deux courants à peu près égaux. Une partie, environ $250 \text{ m}^3/\text{s}$ a retrouvé son ancien cours, droit vers le sud. L'autre partie, d'un débit équivalent est descendue vers l'est pour aller se précipiter dans le canal de la Fontaine, après en avoir emporté le parapet. Or, la Fontaine était en crue et débitait environ $35 \text{ m}^3/\text{s}$ (1), soit un chiffre voisin de la capacité du canal qui est de $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais là encore la masse des voitures et matériaux divers tombés dans le canal et qui sont allés s'accumuler contre les grilles placées à l'aval, à l'endroit où les eaux passent sous la ville, a considérablement diminué cette capacité. La quasi-totalité du flot est donc ressortie à l'aval pour se partager à nouveau entre le boulevard Victor-Hugo qui mène aux Arènes, et les rues commerçantes de la vieille ville qui ont été balayées d'ouest en est. A l'autre extrémité de la ville, d'autres drames se jouaient alors. Venu du nord-est des garrigues par une rue très pentue, le cadereau d'Uzès déversait 100 à $130 \text{ m}^3/\text{s}$ supplémentaires auxquels se sont ajoutés les écoulements de tout le versant nord du plateau, écoulements canalisés entre la retombée du Mont Duplan et le mur des casernes. Deux secteurs ont eu ici particulièrement à souffrir, l'hôpital et les quartiers populaires de la rue Richelieu et des rues avoisinantes.

Après avoir été momentanément retenus au sud de la ville par le viaduc du chemin de fer, tous ces flots se sont retrouvés dans la plaine où ils ont été rejoints par les apports des autres cadereaux. En comparant les apports pluviométriques sur les divers bassins, on peut estimer que le cadereau de Valdegour a débité $150 \text{ m}^3/\text{s}$, le Valladas une centaine, et le Valat de Riquet au bassin plus réduit, une cinquantaine de m^3/s .

Dans la plaine du Vistre, l'absence de pente, la saturation des sols, ont alors favorisé la formation d'une immense nappe d'inondation qui a atteint $1,20$ à $1,50 \text{ m}$ de haut au-delà de la gare, mais s'est élevée jusqu'à 2 m et plus au sud de la ville.

4. CONCLUSION

Les problèmes soulevés par cet événement.

Ils sont nombreux, variés et délicats. On se contentera ici de les évoquer rapidement.

4.1. CE PHÉNOMÈNE EST-IL VRAIMENT UNIQUE ?

Dans les jours qui ont suivi immédiatement la catastrophe, les journaux ont écrit qu'il s'agissait d'un phénomène d'une période de retour de 500 ans. De fait, les premiers calculs basés sur les 43 ans de données dont disposait la station météorologique de Nîmes-Courbessac donnaient un résultat de 450 ans. Très vite cependant, ces chiffres se sont trouvés contredits par les données de l'histoire. Les archives gardoises gardent en effet le souvenir d'événements semblables survenus en 1399 - 1557 - 1859 - 1868 (2) soit en tenant compte de l'épisode du 3 octobre 1988 , cinq fois en 600 ans.

De nouvelles investigations ont alors permis de trouver 100 ans de données pluviométriques à Nîmes-Courbessac. L'application de la loi de Gumbel aux pluies de 6 heures pour la période 1889 - 1988 a donné pour une pluie de 228 mm une durée de retour de 150 - 180 ans. D'autre part, quatre averses supérieures à 200 mm en 6 heures ont été enregistrées pendant cette période, le record (230 mm) appartenant à un orage survenu le 30 août 1904 (fig. 13).

Enfin, il convient de souligner que si, en un point précis, une averse de cette importance est un phénomène relativement rare, par contre, sur l'ensemble du Languedoc-Roussillon, il devient presque banal. Seules les conséquences diffèrent en fonction de sa localisation. Selon M. DESBORDES (3) des précipitations capables de produire de sérieux dégâts à une ville comme Nîmes se produisent en moyenne une fois tous les quatre ans. Le problème n'est d'ailleurs pas particulier à notre région. On le retrouve sur toute la côte du Levant espagnol où la période de retour d'une pluie de 340 mm en 24 h calculée sur la période de 1914 à 1982 est de 10 ans seulement (4).

4.2. QUELLES SONT LES RESPONSABILITÉS HUMAINES ?

Et tout d'abord au niveau de l'alerte. Au lendemain de la catastrophe, une question était sur toutes les lèvres : n'était-il pas possible de prévoir et par conséquent d'alerter ? En fait la station de Marignane a lancé la veille à 12 heures,

(1) Evaluation faite par G. FABRE.

(2) Ch. LIGER : Nîmes sans visa Ed. Romsay, Paris, 1988.

(3) Communication orale.

(4) A PEINADO SERNA. Estudios Geograficos, Madrid, 1983, n° 170-171.

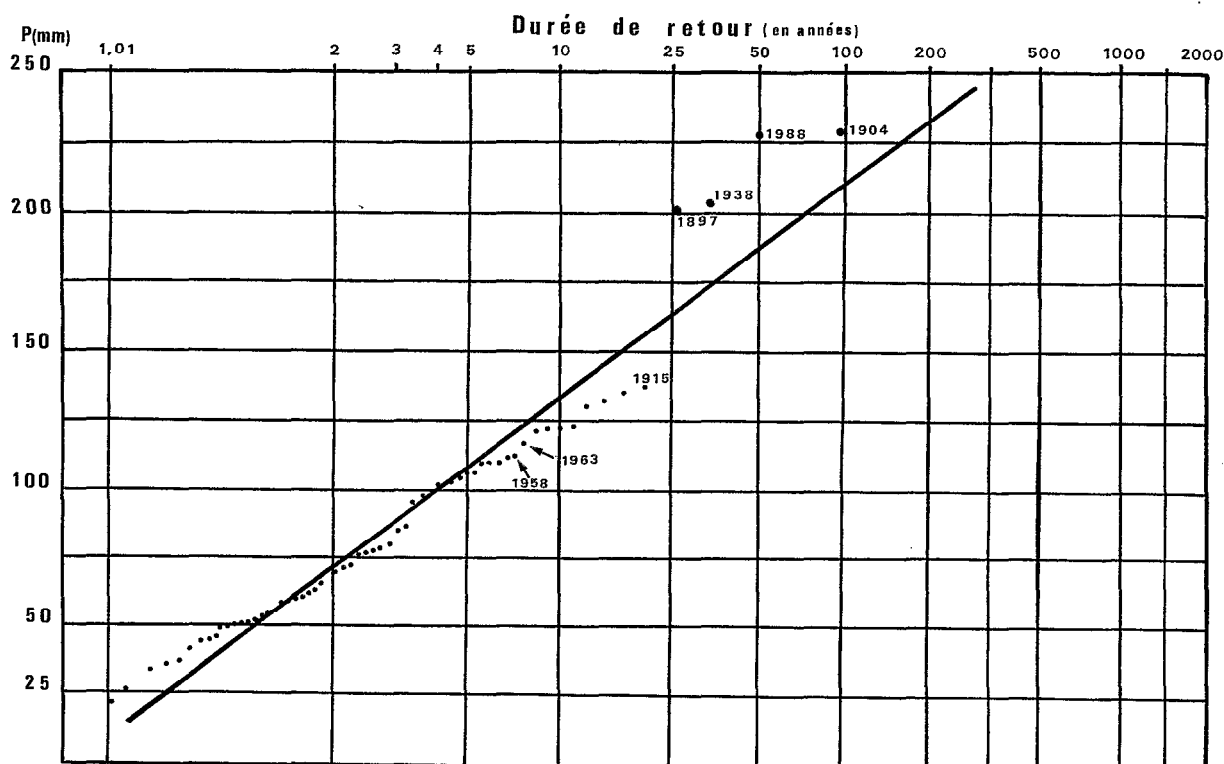


FIG. 13. — Précipitations maximales sur 6 h à Nîmes-Courbessac (période de 1889-1988).

un BMS valable pour les 36 heures à venir. Qu'il ne soit pas arrivé n'a guère d'importance, il prévoyait des pluies de 80 mm... quelque part sur le midi méditerranéen. De plus, l'étude *a posteriori* des différents documents météorologiques a montré qu'il était difficile, jusqu'au dernier moment, d'imaginer un phénomène d'une pareille intensité et surtout de prévoir sa localisation.

Au niveau des aménagements hydrauliques, on a vu qu'un certain nombre d'erreurs avaient été commises. Le cadereau d'Alès a été progressivement transformé en voie de passage sur la plus grande partie de son cours, des maisons ont été construites dans le lit même du torrent ou ses abords immédiats, parfois sans permis de construire ; les buses qui permettent à l'amont le passage des différents remblais sont largement sous-dimensionnées, les ponts à l'aval ont été progressivement rétrécis, et que dire de la couverture des cadereaux à la traversée de la ville !

Cette attitude suppose, de la part de la population, une singulière perte de conscience du danger que présente en pays méditerranéen le voisinage de tout chenal, même en apparence non fonctionnel. Certes, leur mise en charge constitue un événement très rare, mais un phénomène tel que celui du 3 octobre n'est pas unique. Des aménagements s'imposent donc.

4.3. LA PRÉVENTION

Consciente d'un certain danger, la municipalité de Nîmes avait fait mettre à l'étude, par l'entreprise Merlin, un projet de barrages collinaires. 15 avaient été prévus, d'une contenance totale de $600\,000\text{ m}^3$. Or le calcul du volume d'eau tombé sur les six bassins des cadereaux, a donné $16,5 \cdot 10^6\text{ m}^3$. Si l'on ajoute à ce chiffre la pluie sur la ville, on atteint $18 \cdot 10^6\text{ m}^3$. Cela représente 30 fois plus ! Alors doit-on rouvrir les cadereaux ? En supposant des ouvrages de 2,5 de profondeur, et des vitesses d'écoulement de 3 m/s, il faudrait ouvrir à travers la ville quatre chenaux de 7 à 20 m de large, et un cinquième de 70 m !

Il est donc des phénomènes exceptionnels difficiles à maîtriser, sauf à y investir des sommes phénoménales pour des événements de probabilité relativement rare. Au moins peut-on envisager à défaut d'une éradication totale, une atténuation de la nuisance que représentent les cadereaux. Et ceci de différentes façons. D'abord il convient d'être beaucoup plus vigilant dans la définition des zones inondables. Quant aux aménagements, ils doivent se baser sur deux principes : retenir au maximum les eaux à l'amont par le biais de barrages collinaires de dimensions appropriées, ensuite

assurer l'écoulement des surplus vers l'exutoire, au niveau de la plaine du Vistre qu'il conviendra de débloquer. Là sans doute, étant donné la faiblesse des pentes et la nature du substrat, réside le principal problème que les aménageurs nîmois auront à résoudre.

REMERCIEMENTS : Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, par leurs conseils, par les documents qu'ils nous ont procurés, nous ont aidé à réaliser cette étude. En particulier, MM. MARTIN et LORBLANCHER, ingénieurs à la Météorologie Nationale, M. LEOUSOF, ingénieur en chef à la DDE de Nîmes, M. J. ASTIER, ingénieur à la Compagnie d'Aménagement du Bas-Rhône-Languedoc (CNABRL), M. FERRAS qui nous a aidé à concevoir certaines figures, et tous les Nîmois qui ont bien voulu nous apporter leur témoignage sur l'événement qu'ils venaient de vivre.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 25 juillet 1989



PHOTO 1. — Le cadereau d'Alès près de son origine. La décrue est déjà avancée.

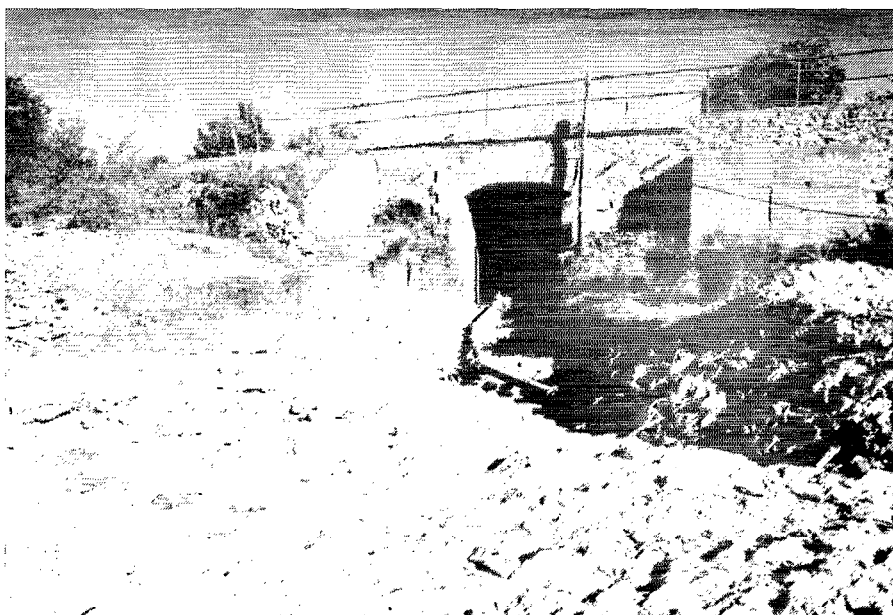


PHOTO 2. — Même lieu après la crue. La route a été emportée sur plusieurs décimètres d'épaisseur et de près d'un mètre sous le pont.

Clichés : G. MOREL.

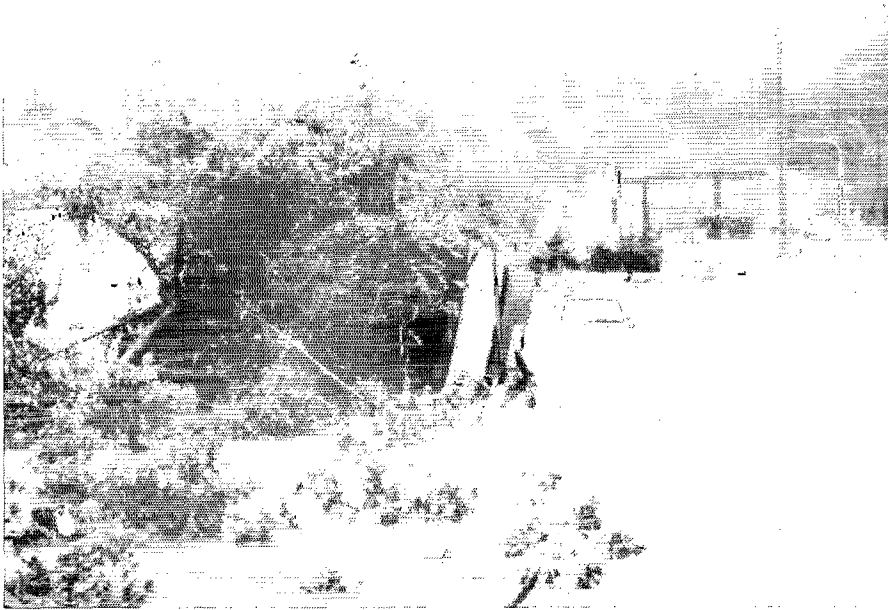


PHOTO 3. — La route d'Alès en amont du pont des 9 arcades sur lequel passe la voie de chemin de fer.

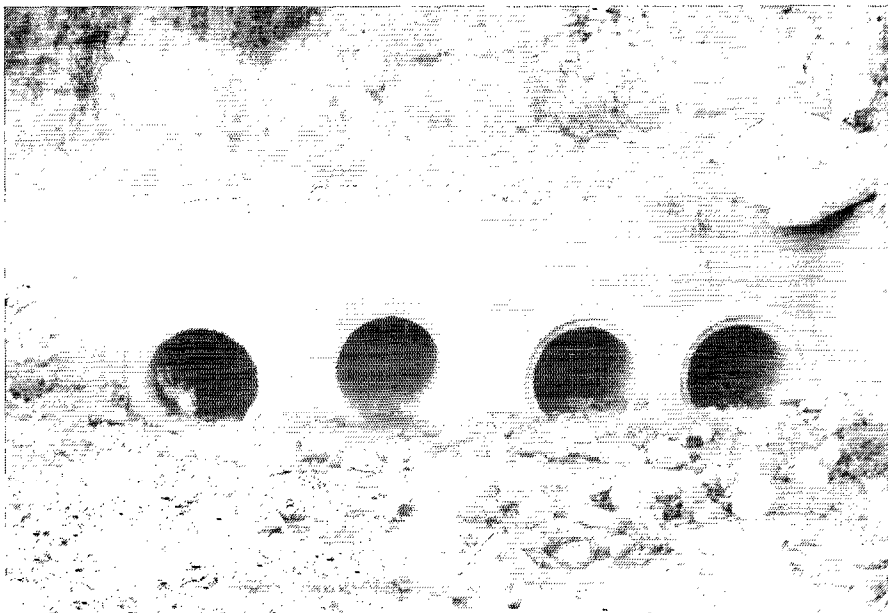


PHOTO 4. — Les buses à l'aval du cadereau d'Alès.

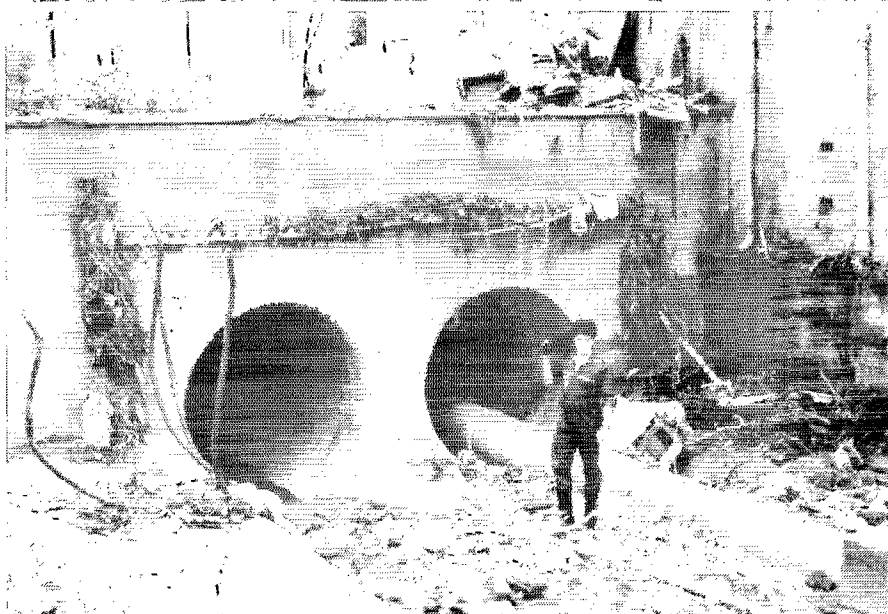


PHOTO 5. — Les buses par lesquelles les cadereaux d'Alès et Camplanier réunis passent sous la ville. Le diamètre des buses est d'environ 2 mètres.

Clichés : L. DAVY.

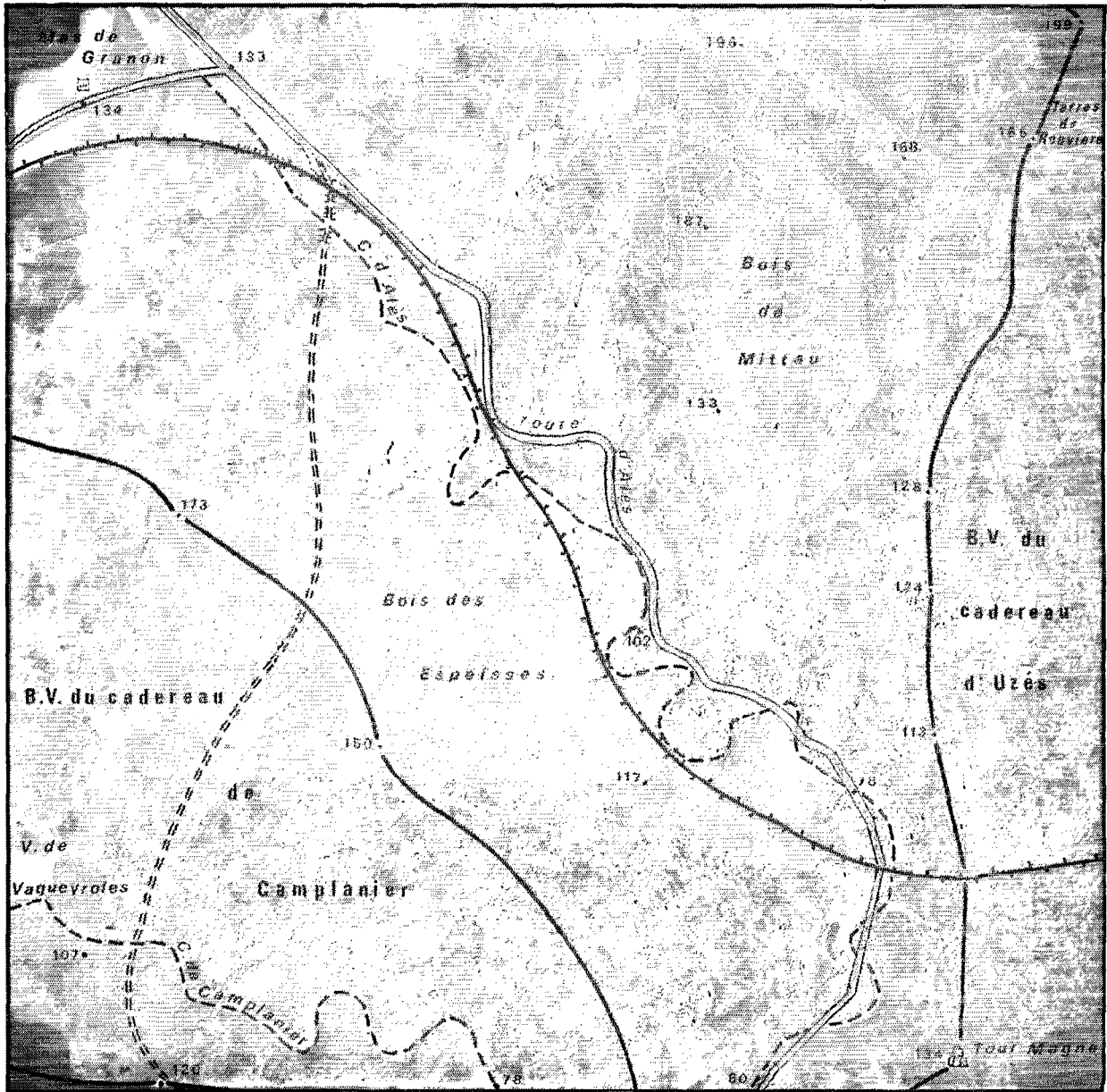
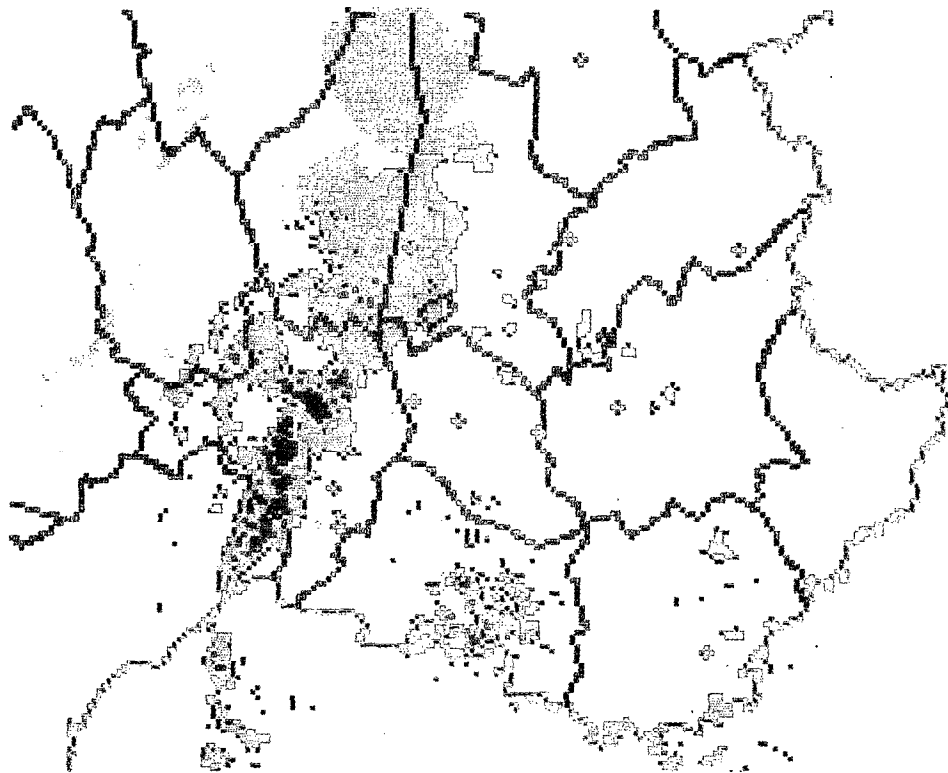


PHOTO 6. — Photo aérienne du bassin versant du cadereau de la route d'Alès. © IGN, Paris, 1970.

PHOTO 7. —
03/10/88, 01 : 45 : 00



COULEUR	INTENSITÉ (mm/h)	
Bleu foncé	< 0,3	
Bleu moyen	0,5 à 1,0	
Bleu clair	1,5 à 3	
Vert foncé	5 à 10	
Vert clair	15 à 30	
Jaune	50 à 100	Fortes
Orange	150 à 300	précipitations
Rouge	> 600	

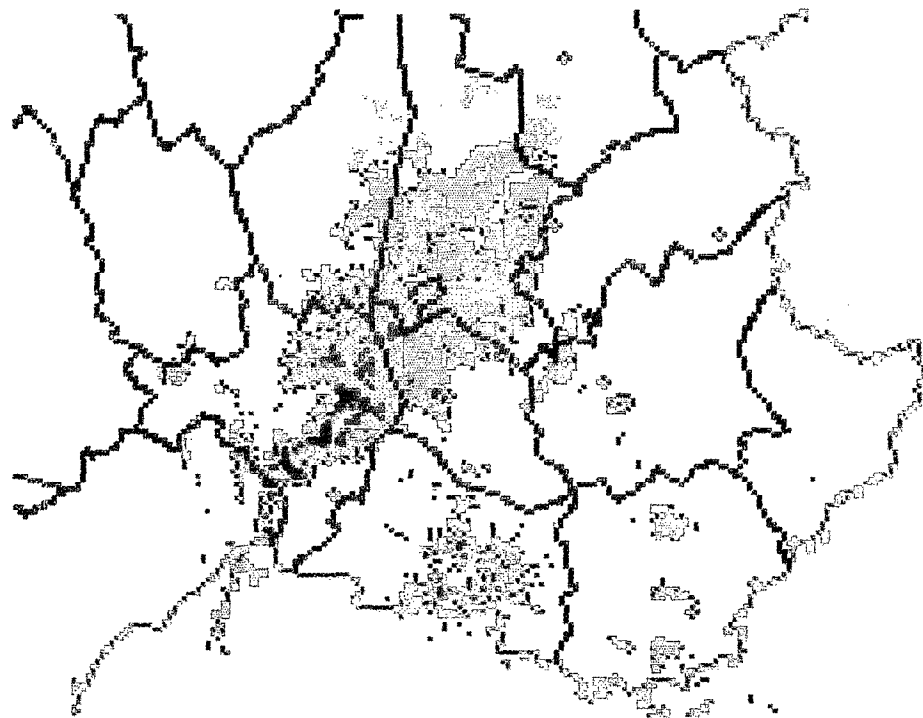


PHOTO 8. —
03/10/88, 08 : 15 : 00