Communication
présentée le 20 mars 1964 au Comité Technique
de la Société Hydrotechnique de France

LES TYPES DE TEMPS A L'ORIGINE DES CRUES DANS LE NORD-OUEST DU MASSIF CENTRAL (1953-1962)

PAR
J. PINARD *

Le nord-ouest du Massif central possède une position privilégiée par rapport à la circulation atmosphérique générale, car ces hautes terres semblent s'avancer comme la proue d'un navire à la rencontre des nuées océaniques, mais reçoivent aussi à tribord les descentes d'air arctique s'écoulant depuis la mer de Norvège, la mer du Nord et les plaines franco-belges et à babord les effluves chaudes de la Méditerranée qui se sont fourvoyées par le seuil du Lauragais jusque sur les plateaux septentrionaux du Bassin Aquitain.

De là les « trombes » d'eau qui s'y déversent périodiquement. Que plus de 100 mm viennent à tomber sur une superficie de plus de 1 000 km² en 24 h, ou en deux ou trois jours consécutifs, et ce sont de hautes eaux dans tout un bassin hydrographique, pouvant donner des inondations sur les principaux émissaires, sinon sur tous.

En raison de ces menaces dans la répartition des crues et dans les volumes précipités en différents endroits de la région, ainsi que nous le montre la forme des isohyètes de périodes pluvieuses ou d'averses construites pour une cinquantaine de cas, il a semblé intéressant d'étudier les types de temps à l'origine de ces phénomènes en recherchant à chaque fois les conditions synoptiques qui réglaient la formation des perturbations, les caractères géographiques du type de temps et les conséquences hydrographiques que les limnigraphes enregistraient (1).

C'est un résumé de ces recherches que nous allons exposer. Ce sont trois types de temps principaux, avec certes de nombreuses variantes, qu'une cinquantaine d'exemples de hautes eaux et de crues ont permis de découvrir. Nous les appellerons les temps d'ouest au sens large, les temps du nord au sens large également et les temps du sud et leurs dérivés.

LES TEMPS D'OUEST

Ce sont les plus fréquents dans les périodes pluvieuses qui affectent nos régions, puisque nous les

avons rencontrés 27 fois sur les 45 cas étudiés. Ils se rencontrent en toute saison, mais surtout en hiver.

1. LES CENTRES D'ACTION à l'origine de ces types de temps se situent sur l'océan Atlantique et sont constitués par un centre positif plus ou moins méridional :

1/ Carte de la situation en surface.

l'anticyclone des Açores ou ses prolongements, et un centre négatif nordique : la dépression d'Islande et ses dérivées. L'anticyclone des Açores peut recouvrir la Péninsule Ibérique et la Méditerranée occidentale constituant la zone d'émission des masses d'air chaud, tandis qu'au nord s'étend la zone des basses pressions atlantiques et nord-européennes, magnifique lit pour les perturbations qui circulent alors d'ouest en est, et surtout que des creux barométriques peuvent les attirer sur la mer du Nord, la Baltique, etc. (carte 1, 29 mars 1962, 06 h).

Les conditions semblent optima pour une cyclogénèse active et prolongée, surtout si en altitude une circulation rapide de l'onde planétaire limite relativement les échanges méridiens et, de ce fait, les avancées d'air froid tant sur l'Océan que sur le continent. La circulation zonale d'ouest est alors prépondérante en altitude comme au sol et donne alors les temps doux et pluvieux, les pertur-

* Agrégé Docteur.

(1) Nos remerciements doivent aller à MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, de l'E.D.F. et de la Météorologie Nationale pour le précieux concours qu'ils nous ont apporté.

bations se succèdent au rythme moyen d'une par 24 h.

2. LES TRAITS GÉOGRAPHIQUES caractéristiques de ces temps océaniques sont le radoucissement des températures, la forte humidité relative de l'air qui se traduit par une nébulosité souvent élevée.

C'est surtout par temps d'ouest qu'ont lieu les plus fortes précipitations, surtout si une masse d'air tropical a pu accroître son humidité par un séjour prolongé sur une mer chaude (Atlantique central ou Méditerranée).

Nous avons calculé approximativement les volumes minimaux précipités (par planimétrie d'une surface inscrite à l'intérieur d'une isohyète fermée et typique). Nous obtenons, par ordre décroissant, les valeurs données par ce tableau :

DATES	VOLUME MINIMAL PRÉCITÉ en millions de m³	MAXIMUM (en mm)	MINIMUM (en mm)
2- 4 oct. 1960.	600	Montagne 220	Chabanais 26
25-28 mars 1962 (carte 1 bis)	412	Cantal 220	Brive 40
10-13 janv. 1952.	343	Cantal 250	Saint-Germain-les-Belles 32
20-23 oct. 1960.	192	Montagne 100	Saint-Yrieix-la-Perche 25
12-15 févr. 1957.	187	Cantal 225	Saint-Junien 27
9-10 janv. 1958.	156	Cantal 85	Limoges 24
20-22 nov. 1952.	150	Cantal 150	Lussac-les-Châteaux 18
8-10 déc. 1962.	150	Cantal 155	Nexon 25
21-23 févr. 1957.	150	Cantal 150	Saint-Junien 23
8-10 oct. 1960.	112	Montagne 90	Availles-Limousine 13
3- 5 déc. 1960.	105	Montagne 80	Saint-Junien 31
1- 3 janv. 1952.	100	Cantal 70	Brive 12

1 bis/ Carte d'isohyètes.

3. LES CONSÉQUENCES HYDROLOGIQUES.

De telles quantités d'eau précipitées sur de vastes étendues provoquent en général de fortes crues si les sols sont saturés et au moins des crues moyennes s'ils ne le sont pas.

Si l'on étudie le rôle de ces crues à partir du volume précipité, on peut noter pour le Cher, la Vienne, la Creuse, la Vézère, l'Isle et la Dronne aux stations de jaugeages respectives de Saint-Amand-Montrond, Aixe-sur-Vienne, Argenton-sur-Creuse, Montignac, Périgueux et Coutras-sur-Dronne et en fonction de ce que l'on est convenu d'appeler crues fortes et moyennes (1), les hautes eaux suivantes pour les principales averses de régime d'ouest.

	2-4 octobre 1960	27-28 mars 1962	9-12 janvier 1962
Cher			3,28
Vienne	4,00	3,90	3,55
Creuse	7,00	3,25	4,85
Vézère	8,90	4,65	6,40
Isle	2,83	2,62	3,70
Dronne	3,64	3,91	5,13

	12-15 et 21-23 février 1957	20-22 nov. 1952	8-10 déc. 1961
Cher	3,70	3,30	0,49
Vienne	2,80	2,70	2,60
Creuse	3,85	2,95	2,50
Vézère	6,08	6,40	5,35
Isle	2,45		2,43
Dronne	4,49	5,08	4,07

Par contre, après un trimestre et à plus forte raison après un semestre sec, comme le fut la fin de 1957, les fortes averses ne suffisent pas à provoquer de grandes eaux.

EXEMPLE APRÈS LES AVERSES DES 9-12 janvier 1958 (156 Mm³) et 19-22 janvier 1958 (81 Mm³)	
Cher.	2,15 (le 21)
Vienne.	1,45 (le 7)
Creuse.	2,10 (le 21)
Vézère.	3,90 (le 11)
Isle.	1,53 (le 11)
Dronne.	2,68 (le 13)

(1) Cotes des :	CRUES FORTES (2 traits)	CRUES MOYENNES (1 trait)
Cher.....	3,50	1,50
Vienne.....	3,00	1,50
Creuse.....	4,00	2,00
Vézère.....	5,00	3,00
Isle.....	2,50	1,00
Dronne.....	4,00	1,50

Elles ne font grossir que quelques émissaires de bassins bien alimentés parce qu'ils ont été le centre d'une zone plus pluvieuse comme ce fut le cas de la période pluvieuse du 26-30 mars 1962, où la zone des monts de Châlus a reçu au moins 27 millions de m³ avec plus de 110 mm sur une superficie de 2 500 km² environ, ce qui explique les très hautes eaux de la Vienne, grâce à la Briance (3,90 m à Aix-sur-Vienne après la confluence) et les 2,62 m sur l'Isle à Périgueux, principaux exutoires de ces monts du sud du Limousin, alors que par ailleurs la Creuse, la Vézère et la Dronne ne connaissent qu'une crue très moyenne.

Donc ces types de temps d'ouest sont à l'origine des plus fortes crues sur le nord-ouest du Massif central.

LES TEMPS DU NORD

Dans cette catégorie, on classe les types de temps dont les perturbations sont constituées par des masses d'air originaires du nord-ouest et du nord, ce qui se produit une quinzaine de fois dans les exemples étudiés.

1. LES CONDITIONS BAROMÉTRIQUES sont les suivantes :

Un anticyclone ou une dorsale s'allonge sur l'Atlantique depuis les Açores, jusqu'à la latitude de l'Irlande et dirige sur son flanc est un flux de nord-ouest ou du nord : selon la position de l'axe de ce centre de hautes pressions, le courant perturbé aura une trajectoire NO-SE ou franchement méridienne. Une dépression s'étend de la Scandinavie à la France, crée un lit de perturbations attirant l'air arctique et constitue un centre de convergence pour les masses d'air s'échappant de l'anticyclone atlantique ou d'anticyclones plus septentrionaux, comme celui du Groenland souvent associé au précédent.

Un anticyclone sur l'Europe centrale et orientale peut constituer l'autre versant de la dépression méridienne, qui peut rejoindre un creux centré sur le bassin occidental de la Méditerranée, où les descentes d'air arctique provoquent une cyclogenèse très active (carte 2, 24 mai 1958, 06 h).

C'est donc un grand couloir pour la circulation méridienne qui s'établit et qui est très stable, surtout quand il est surmonté en altitude par une

vallée de l'onde planétaire correspondant à une circulation moyenne ou lente de celle-ci.

2. LES EFFETS CLIMATIQUES s'expliquent par les caractères de masses d'air. Les expulsions d'air polaire, parfois sous forme de gouttes d'air froid venant d'altitude, entraînent un rafraîchissement des températures été comme hiver et une humidité relative de l'air moins forte que dans le cas précédent, avec une succession de ciels de nuages cumuliformes et d'éclaircies. La valeur des précipitations est beaucoup plus irrégulière et leur forme varie selon les saisons : en hiver, ce sont de la neige en montagne, du grésil et en été des averses à caractère orageux ; au printemps, les giboulées ont en partie cette origine. Les quantités d'eau tombées sont très variables, rarement très abondantes. Par ordre décroissant des volumes précipités, on trouve :

DATES	VOLUME MINIMAL PRÉCITÉ (en millions de m ³)	MAXIMUM (en mm)	MINIMUM (en mm)
24-27 mai 1958 (carte 2 bis) ..	450	Montagne 175	Saint-Yrieix-la-Perche 19
2- 5 janv. 1961.	262	Montagne 110	Confolens 30
14-16 juill. 1958.	230	Montagne 110	?
20-29 avr. 1959.	140	Cantal 125	Chabonais 40
26-28 janv. 1960.	94	Montagne 50	Triouzoune 13
19-22 janv. 1958	81	Cantal 90	Lussac-les-Châteaux 15
7- 8 nov. 1958.	60	Mont Blond 85	?
13-15 janv. 1959.	25	Cantal 75	Pierre-Buffière 15
3- 5 oct. 1958.	12	Seuil du Poitou 50	Brive 9
2- 3 juin 1958.	6	Mont Ambazac 35	L'Isle-Jourdain 6

2/ Carte de la situation en surface.

2 bis/ Carte d'isohyètes.

Le rapport entre maximum et minimum, dans la mesure où il présente encore une signification pour ces faibles quantités, reste toujours plus faible que dans le cas précédent.

3. LES CONSÉQUENCES HYDROLOGIQUES.

Les crues engendrées par de telles averses dépendent des temps pluvieux qui ont pu les précéder, plus encore que dans le cas précédent, où les précipitations très fortes pouvaient se suffire à elles-mêmes pour occasionner de très hautes eaux.

Donc, quand les averses de ces types de temps surviennent après des périodes de fortes pluies, on a de fortes crues, étant admis que la fonte des neiges qui peut être consécutive à ces averses est loin de fournir l'essentiel de l'eau de ruissellement, mais n'intervient que pour une part minime :

	EXEMPLE APRÈS LES AVERSES DES	
	2-4 janvier 1961	26-28 janvier 1960
Cher.	2,94	2,02
Vienne.	3,30	2,15
Creuse.	3,10	2,10
Vézère.	6,30	4,60
Isle.	3,17	1,70
Dronne.	5,06	3,67

Mais lorsque ces précipitations ont lieu sans que le sol ait été préalablement imprégné, ce sont des crues moyennes, au plus fortes sur un ou deux émissaires, qui affectent les cours d'eau.

	EXEMPLE APRÈS LES AVERSES DES		
	24-27 mai 1958	15-16 juillet 1958	26-30 avril 1959
Cher.		1,65	1,90
Vienne.	1,25	2,70	1,80
Creuse.	4,00	3,85	2,10
Vézère.	4,62	4,50	4,75
Isle.		1,52	2,36
Dronne.			2,78

De ce fait, ce ne sont pas les masses d'air nordiques qui sont à l'origine de grandes crues limousines; elles provoquent surtout des débordements localisés.

LES TEMPS DU SUD

En fait, ce sont les types de temps anticycloniques et les types de temps cycloniques du secteur NE à SE que nous avons réunis sous cette rubrique, ce qui se justifie quand on envisage les centres d'action et les processus de la cyclogénèse.

1. LES CENTRES D'ACTION.

Ces types de temps sont avant tout caractérisés par la présence de hautes pressions sur l'Europe

occidentale, centrale ou orientale, anticyclone qui diffuse sur son pourtour une mince pellicule d'air froid l'hiver, interdisant l'accès du continent aux masses d'air océaniques d'ouest ou du nord mais qui peut se laisser surmonter par des masses d'air venant du sud.

Une dépression est installée sur l'Europe méridionale ou sur le bassin de la Méditerranée et constitue un lit des perturbations qui circulent au sud de l'anticyclone septentrional et qui soumettent la France, au sud de la Loire, au flux de direction est-ouest. Les masses d'air tièdes et humides venant de la Méditerranée sont obligées de s'élever en remontant vers le nord et vont donner alors d'abondantes chutes de neige sur régions montagneuses et des pluies irrégulières sur les régions plus basses (carte 3, 3 février 1959, 18 h).

3/ Carte de la situation en surface.

Une dépression centrée fréquemment sur l'Irlande peut attirer ces masses d'air méditerranéennes qui arrivent à remonter à travers les sillons du relief convergeant vers la Méditerranée (sillon rhodanien, seuil du Lauraguais).

2. LES EFFETS GÉOGRAPHIQUES.

Les masses d'air d'origine continentale qui recouvrent l'Europe occidentale ont pour effet d'abaisser les températures tandis que celles qui viennent de la Méditerranée ont pour effet de les relever. Le contact des deux masses aux caractères thermiques opposés entraîne des perturbations. Ces temps sont très stables et peuvent durer de plusieurs jours à plusieurs semaines pendant lesquelles les vents oscillent du NE au SE.

Les quantités d'eau tombées peuvent atteindre des valeurs assez fortes si le contraste est grand entre l'air tropical venant du sud, comme par exemple de l'air saharien humidifié, et l'air polaire ou arctique exerçant un effet de « blocking » pour les masses d'air océaniques qui sont obligées de le contourner.

C'est une des origines des crues cévenoles (1) particulièrement fortes aux saisons intermédiaires comme celles de septembre 1958 et peut-être de certaines crues limousines.

Les cas rencontrés ne sont pas parmi les plus

(1) M. PARDÉ : *Le régime du Rhône*. Etude hydrologique, 2^e partie : *La genèse des crues*, 440 pages. Lyon, 1925, p. 96.

pluvieux puisque l'on rencontre lors des averses :

DATES	VOLUME MINIMAL PRÉCITÉ (en millions de m ³)	MAXIMUM (en mm)	MINIMUM (en mm)
14-16 juill. 1958	230	Vienne supérieure 110	Poitiers 17
29-30 sept. 1958.	218	Montagne 95	Le Bugue 15,4
3- 4 févr. 1959	0,6	Ambazac 17,5	Poitiers 9
(carte 3 bis) ..		Châlus 12,5	
5- 7 janv. 1953	neige

3 bis/ Carte d'isohyètes.

Mises à part les précipitations orageuses, les contrastes sont peu accusés et ce sont des pluies généralisées.

3. CONSÉQUENCES HYDROLOGIQUES.

Les hautes eaux en rapport avec les averses sont rarement importantes et sont très localisées sur quelque émissaire.

	EXEMPLE APRÈS LES AVERSES DES		
	15-16 juillet 1958	3-4 février 1959	29-30 sept. 1958.
Cher.	1,65	0,58	0,48
Vienne.	2,70	1,17	1,02
Creuse.	3,85	1,60	1,55
Vézère.	4,50	1,20	0,90
Isle.	1,52	0,54	0,50
Dronne.		0,84	0,50

Ces types de temps ne constituent donc pas à proprement parler des occasions de crues, mais des situations qui peuvent amener des masses d'air chaud et humide à déverser de grandes quantités

d'eau en quelques heures, eau qui pourra grossir les cours d'eau si le sol a été préalablement imperméabilisé.

Ce sont donc les types de temps d'ouest qui peuvent amener les plus fortes crues, même si ce sont des masses d'air d'une autre origine qui apportent les plus forts déluges d'eau à l'origine des débordements.

Les temps du nord ont surtout pour rôle de faire intervenir des masses d'air fraîches ou froides qui vont donner des pluies modérées par opposition aux précédentes et donc des crues dépendant de la saturation des sols, surtout pour les périodes de saison chaude.

Enfin les masses d'air d'origine méridionale peuvent donner des trombes d'eau très localisées en diverses parties du Massif central ou de ses bordures, qui grossissent alors violemment les rivières comme c'est fréquemment le cas pour les cours d'eau cévenols et heureusement plus rarement pour les rivières limousines.

La connaissance des types de temps et de leurs conséquences hydrologiques est donc du plus grand intérêt pour la prévision des crues.

Discussion.

Président : M. CHAPOUTHIER

M. le Président remercie M. PINARD de son exposé auquel le Professeur PARDÉ, empêché, a vivement regretté de ne pouvoir assister. Il demande à M. PINARD, au sujet des « prévisions », dont il apprécie la solidité, s'il a pu établir un début de bilan hydraulique pour les différents bassins.

M. PINARD indique qu'il n'a pas calculé de bilan car, les débits n'étant pas toujours bien connus, il n'a pas osé calculer le volume écoulé et s'est contenté d'envisager le volume général précipité, sans étudier non plus la quantité d'eau qui avait pu s'infiltrer dans les sols.

M. de ROUVILLE a remarqué que M. PINARD a parlé à diverses reprises des couloirs de contournement des hauteurs du sud du Massif Central qu'utiliseraient les corps atmosphériques pour se propager.

On peut se demander si ces faibles barrières, en regard de l'épaisseur des gros systèmes nuageux, constituent vraiment un obstacle qu'ils essaient de contourner, déviant ainsi leur trajectoire.

Autant une chaîne de montagne agit orographiquement pour augmenter localement, et surtout en deçà d'elle-même, les précipitations, autant on la voit fonctionnant pour limiter les pluies moyennes au côté d'où soufflent les vents, autant on hésite à attribuer à des reliefs de moins de 1 200 m un rôle dans la propagation des corps cylindriques importants.

Il serait d'ailleurs intéressant d'étudier ce rôle dans la réalité. Mais en a-t-on d'ores et déjà les moyens ?

M. PINARD a l'impression que les systèmes nuageux sont très attachés aux incidences du relief et que même un relief de quelques centaines de mètres tend à être contourné par les systèmes nuageux. On a remarqué très souvent (Montagne Noire, Massif Central, vallées du Lot, de la Dordogne et dans la Limagne) l'importance de faibles dénivellations ou dépressions dans la direction prise par les masses d'air et les systèmes nuageux comme sur les littoraux ou au-dessus de grandes vallées fluviales (vallées de la Loire, de la Dordogne, ... dans les Limagnes).

Les reliefs de 700 à 800 m et, à plus forte raison, de 1 000 à 1 500 m, ont un rôle sur la répartition des systèmes et sur la répartition des pluies.

M. le Professeur CHARTIER s'exprime en ces mots :

« Le géographe potamologue que je suis a entendu avec une satisfaction certaine la communication de M. PINARD. Pour étudier ces types de temps générateurs de crues,

M. PINARD n'a pas adopté les méthodes classiques de la climatologie (moyennes des éléments du climat) qui auraient oblitéré les caractéristiques particulières aux fortes averses; il a préféré opter pour la climatologie dynamique, l'analyse des types de temps; c'était infiniment plus délicat, étant données la complexité des phénomènes naturels, les perturbations apparemment capricieuses qui affectent le jeu des masses d'air, leur circulation, leur évolution. M. PINARD a eu le grand mérite de préciser la description des situations météorologiques fournies par les documents de la Météo (B.Q.R. et B.Q.E.) et de les interpréter. Après une analyse cyclogénétique bien menée, il en a étudié les conséquences géographiques et il a traduit les données pluviométriques par des cartes d'averses qu'il a commentées. Cette méthode de travail paraît valable et efficace: il a déterminé des *périodes pluvieuses* avec effet hydrologique; il les a spatialement délimitées et il a cherché les causes du phénomène. M. PINARD a reconnu 3 types d'averses dans le nord-ouest du Massif Central: c'est un apport de qualité, peut-être trop synthétique. Et il a établi de nombreuses cartes d'averses; c'est aussi un apport de qualité. Au cours de l'examen météoro-hydrologique minutieux auquel il a procédé, il est probable que M. PINARD a pu noter des cas pleins d'intérêt qu'il n'a pu nous livrer. Certes, il ne s'agit point d'averses comparables à celles que le professeur PARDÉ rangerait dans « l'espèce cévenole virulente », encore moins à ces trombes d'eau que M. PARDÉ évoquerait s'il était parmi nous et qui ont chu sur Formose, en septembre 1963, lors du cyclone Gloria: 1 348 mm en 64 h, dont 300 à 350 mm en 4 h, de précipitations tombées sur un bassin versant de 764 km², d'où un débit de pointe de 10 300 m³/s (soit plus de 13 000 l/s.km²). Mais chacun sait qu'un fait capital a été établi par l'ingénieur DELEMER, au début du siècle, à savoir la réponse plus immédiate et plus impressionnante des bassins montagneux de petites et moyennes dimensions, petites surtout, aux averses très intenses et très concentrées qu'aux précipitations continues pouvant tomber pendant plusieurs jours; un paroxysme pluvieux affectant une surface accidentée, dont les éléments de drainage convergent, provoque une pointe de crue parfois énorme et l'arrosage qui lui succède, même s'il est digne de considération par ses effets probables dans des conditions normales, n'empêchera pas la décrue. Il me serait agréable de savoir si, dans son domaine, M. PINARD a pu constater des phénomènes semblables »?

M. PINARD indique que, bien que le nord-ouest du Massif Central soit la plus pluvieuse région océanique française, on est loin d'atteindre les chiffres relevés à Formose.

D'autre part, il ne semble pas évident que, dans cette région, les pluies courtes concentrées et très intenses soient plus efficaces que les pluies prolongées. Cela dépend de nombreux facteurs (saturation du sol, forme du bassin). Dans le Massif Central, les sols sont constitués d'une profonde arène granitique, les pentes sont en général faibles, la végétation est abondante. En fonction de ces conditions morphologiques et géologiques, il semble difficile que des averses très intenses puissent, à elles seules, gonfler suffisamment les rivières pour donner des hautes eaux et encore moins des crues. Il faut qu'il y ait saturation du sol, due en général à des périodes pluvieuses assez longues dans les jours ou semaines qui ont précédé.

Dans les cas étudiés, il a été nécessaire de dessiner des cartes d'isohyètes de 24 ou 48 heures, pour préciser le rôle des averses qui sont tombées sur la région car les diagrammes donnés par les pluviographes d'averses de 2, 4 ou 6 heures ne suffisent pas à expliquer, par exemple, la montée d'eau d'un émissaire d'une région donnée.

M. de BEAUREGARD croit que la zone d'extension des deux régimes évoqués par M. PINARD, mériterait d'être précisée dans un tableau et même, si possible, sur une carte, pour voir dans quelle mesure, éventuellement, il y aurait des zones élaboussées à la fois par l'un et l'autre régime et, au contraire, dans quelle mesure tel régime n'affecterait qu'une région particulière.

D'autre part, peut-on déceler, selon les saisons et les mois, des périodes où ces régimes apportent en effet des averses et des crues et d'autres où, au contraire, les crues ne sont pas très efficaces, comme l'a fait M. PARDÉ à propos des crues cévenoles qui se situent assez précisément du 10 septembre au 20 octobre, pour avoir le maximum d'efficacité et de grandeur si l'on considère les moyennes des situations d'une longue période.

M. PINARD indique :

1° qu'il est très difficile de déterminer le chevauchement

dans l'espace des différents régimes météorologiques sur une région aussi étroite. Dans la mesure où une masse d'air ne peut pas être délimitée, on ne peut pas retrouver sur la carte des limites autres que les limites topographiques;

2° qu'il est évident que lorsqu'on étudie un assez grand nombre de cas, il y a des périodes qui reviennent plus volontiers avec certains régimes. Dans les cas étudiés par lui, on rencontre plusieurs fois des crues du début d'octobre, ou du début janvier après les pluies de la période solsticielle de la fin décembre. Par contre, on ne rencontrera pas, en février, de crues très violentes, mais l'on peut en trouver en mars avec le rétablissement progressif d'une circulation lente de l'onde planétaire, des échanges massifs méridiens de haute altitude, surtout après un hiver assez pluvieux où la circulation de l'onde planétaire a été rapide et de ce fait les échanges méridiens limités. Ce phénomène de crues serait dû alors à des types de temps du nord où les descentes d'air arctiques sont nombreuses et ceci jusqu'en mai-juin.

En automne, deux phénomènes différents pourraient être la cause de l'accroissement des précipitations :

— le maintien des situations orageuses de l'été dues à une circulation méridienne;

— l'installation de la circulation zonale d'ouest, surtout à l'origine des précipitations de saison froide.

M. PINARD n'a pu jusqu'à présent étudier que 50 cas et ne les a pas classés statistiquement dans la mesure où cette méthode ne serait pas valable sur un aussi petit nombre de cas.

M. FONTAINE a beaucoup apprécié la communication de M. PINARD qui voudra bien accepter quelques remarques représentant le point de vue du météorologiste.

Retenir seulement trois types de temps à l'origine des crues dans le nord-ouest du Massif Central constitue à son avis une simplification trop poussée. Personnellement pour des études similaires, relatives aux crues des rivières issues du plateau de Millevaches et aux crues de la haute Durance, il ne lui a jamais été possible de retenir moins de 6 ou 7 situations types. M. CAROFF, de la Division d'Hydrologie-E.D.F. à Chatou, dans une étude portant sur les crues de l'Isle, de la Vézère et de la Corrèze, en a retenu également six. D'ailleurs, M. FONTAINE pense que M. PINARD a lui-même éprouvé quelques difficultés pour classer les situations étudiées dans le cadre un peu étroit qu'il s'est initialement fixé. C'est ainsi que la présence, parmi les types de temps d'ouest, de la situation météorologique à l'origine des grandes crues du début d'octobre 1960 dans le nord-ouest du Massif Central n'est pas entièrement satisfaisante, car cette situation, presque de type « cévenol », est essentiellement caractérisée par une circulation « méridienne », de secteur sud, des masses d'air les plus humides.

Certes, presque toutes les situations météorologiques qui sont à l'origine d'importantes précipitations comportent initialement une impulsion de secteur ouest, c'est-à-dire dirigée de l'océan Atlantique vers le continent européen ou vers la Méditerranée. Mais les modifications ultérieures sont telles qu'il devient évidemment nécessaire de faire des distinctions assez nombreuses.

Il n'en reste pas moins que lors des grandes « averses » réputées « méditerranéennes », l'apport océanique est toujours prépondérant, surtout lorsque les masses d'air en cause sont d'origine tropicale. L'apport méditerranéen n'est que complémentaire, ce qui, d'ailleurs, n'exclut pas qu'il ait un rôle important dans le déroulement de la crue correspondante. M. le professeur PARDÉ, sans adopter totalement ce point de vue, a bien voulu, néanmoins, le prendre en considération.

M. PINARD dit que dans la mesure où nous sommes dans des pays tempérés avec une circulation zonale d'ouest, tout vient de l'ouest et tout pourrait être classé ainsi.

Dans l'obligation d'être bref, M. PINARD a résumé énormément les nombreuses variantes qui intervenaient dans l'étude de tous ces types de temps, car les centres d'action se retrouvent toujours, à l'échelle planétaire, à quelques milliers de kilomètres près. Les cas sont extrêmement nombreux et, en particulier, la crue d'octobre 1960 peut être classée dans les circulations méridiennes à partir du moment où l'on envisage la présence d'un anticyclone, sur toute l'Europe orientale, qui a pour effet de bloquer cette circulation d'ouest pendant quelque temps. Mais la question de savoir si les crues engendrées sur le nord-ouest

du Massif Central en octobre 1960 l'ont été par des masses d'air venant de la Méditerranée ou de l'océan a été très controversée dans la mesure où l'anticyclone oriental a bloqué toutes les masses d'air provenant de l'océan et que ce sont surtout des masses d'air méridionales qui sont retombées à la latitude du 45° ou 50° parallèle.

M. PINARD pense en définitive que, au nord-ouest du Massif Central, ce sont les masses d'air océanique, quand elles entrent en conflit avec d'autres masses d'air, qui

apportent les plus grandes quantités de pluie : c'est tout à fait différent sur la bordure orientale du Massif Central.

M. le Président est obligé, par l'horaire, d'interrompre cette discussion, et conclut que, d'une manière générale, toute représentation scientifique est forcément toujours un peu schématique, et qu'à certains égards, cette schématisation n'est pas pour déplaire aux hydrauliciens si, naturellement, elle correspond suffisamment à la réalité. M. le Président remercie à nouveau M. PINARD.

Abstract

Types of weather behind the floods in the North-West of the Central Massif (France)

by J. Pinard *

The north-western part of the Central Massif enjoys a special position in the general atmospheric circulation pattern, as it is affected by moist oceanic air from the west, by polar air from Scandinavia and by warm air from the Mediterranean. Flood conditions due to rainfall associated with these circulations vary in extent and development. It is interesting to study the formation of these various types of weather and to relate them to the isohyetal charts for the showers and to some of the flood water levels in the distributaries in the Limousin region.

The "western" type of weather centres about an anticyclone over the Azores or Southern Europe and a depression extending from Ireland to the Baltic. It brings abundant rainfall, with contrasting peak and minimum values (see Table 1). The flood conditions it causes normally occur in autumn and winter and are usually pronounced everywhere (see Table 2).

The "northern" type of weather is caused by a ridge of high pressure extending from north to south over the Atlantic and a depression extending from Scandinavia to the Western Mediterranean and forming a centre of disturbances and southerly polar air streams. A further anticyclone sometimes also extends over Central Europe. Rainfall is of a more unpredictable type (sharp showers, thunderstorms, etc.) and may occur at any time of the year, though less abundantly than in the previous case. Floods are more local in extent and depend more on the state of soil saturation than in the previous case (see Tables 3 and 4).

The "southern" type of weather results from inflows of moist warm air masses from the Western Mediterranean which, in meeting the cooler or cold air masses centred over Northern Europe, cause heavy rainfall and major floods over the whole Central Massif. A typical case of this occurred in the Limousin region in October 1960 (see Tables 5 and 6).

A knowledge of the meteorological origins of these types of weather is extremely valuable. Isohyetal charts can be of considerable use in this connection by enabling the recurrence of disastrous conditions to be predicted and appropriate counter-measures taken in good time.

* Agrégé de l'Université.

PARIS |

LA CRUE DE 1910

**Affouillements
causés par la Seine
place de l'Opéra**

(Photo Boyer-Viollet)