

La sécheresse des années 1942-49 en France

Joseph Sanson, Maurice Pardé

Citer ce document / Cite this document :

Sanson Joseph, Pardé Maurice. La sécheresse des années 1942-49 en France. In: Revue de géographie alpine, tome 38, n°2, 1950. pp. 369-404;

doi : <https://doi.org/10.3406/rga.1950.4042>

https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_1950_num_38_2_4042

Fichier pdf généré le 20/04/2018

ACTUALITÉS

LA SÉCHERESSE DES ANNÉES 1942-49 EN FRANCE

INTRODUCTION

Depuis quelques dizaines d'années, jusqu'à 1941, la crainte des sécheresses, peut-on dire, n'a point obsédé les populations de l'Europe occidentale. Certes, on a bien constaté en certaines années ou en certaines saisons des indigences pluviales remarquables, par exemple en 1906, 1911, 1923, 1925, 1929, 1933, 1938 et surtout en 1921. Cette année a même été considérée comme ayant établi pour beaucoup de régions européennes jusqu'en Russie¹ inclusivement un record difficile à battre en matière de parcimonie pluvieuse. Mais il s'agissait de phénomènes peu prolongés, et qui cessaient au bout d'un an ou tout au plus de deux ans². Il semble encore que ces événements n'aient en général point eu pour conséquence de catastrophes agricoles, si l'on excepte la famine meurtrière qui affligea l'U.R.S.S. en 1921. En outre, les besoins d'électricité en Europe étaient bien moindres que depuis le début de la seconde guerre mondiale, en partie à cause de la crise économique dont notre continent a souffert à partir de 1930 ou de 1931 et qui ne s'est atténuée franchement qu'après 1935.

Aussi la faible hydraulicité³ des années ou des saisons indiquées plus haut n'a-t-elle point produit, sauf sur le moment, d'alarmes sérieuses.

¹ L'extension de cette pénurie à la majeure partie de notre continent a été peut-être plus frappante que la gravité cependant désastreuse de l'indigence pluviale. Notons par contraste qu'en 1910, la surabondance pluvieuse observée en France n'a eu aucun pendant en Europe orientale.

² Dans la France méditerranéenne et surtout en Italie, la sécheresse de 1921 s'est prolongée en 1922, tandis que cette dernière année procurait des chutes d'eau surabondantes dans toute la partie septentrionale de notre pays.

³ Nous appellerons, comme le fait A. Coutagne, « *hydraulicité* » le rapport des débits d'un temps donné avec les débits dits normaux (chiffres moyens d'une longue période pour le même temps); et nous emploierons le terme « *pluviosité* » avec une signification analogue.

Il n'en a plus été de même depuis la fin de 1941 et surtout depuis le printemps de 1942. Car, d'une part l'occupation de la France par les Allemands et la réduction ou la suppression des achats à l'extérieur nous rendaient plus sensibles au manque d'aliments et d'électricité. Et d'autre part, on a vu se succéder, sans trêve durable et avec une inquiétude croissante, des années dont la sécheresse a été, ou semblait exceptionnelle. Et à vrai dire cette impression n'était pas fausse, car des pénuries graves aux saisons critiques ont eu lieu, ainsi qu'on le verra, même lors des années pour lesquelles les chiffres totaux ont avoisiné, égalé, ou dépassé la normale.

En conséquence, l'ensemble de la période 1942-49 a apporté à l'Europe Occidentale un gros déficit en productions vivrières, même si l'on ne considère l'écart négatif que par rapport aux quantités dont l'on aurait pu disposer malgré l'arrêt des importations, si les pluies avaient été normales. En particulier, dans des régions étendues, la récolte de foin, si indispensable à l'approvisionnement en viande et en lait, a été coup sur coup déficitaire de 1942 à 1945, continuité dont en général on ne se rappelle pas d'exemple. Et cette récolte a encore été bien faible en d'autres occasions.

Souvent aussi, les productions de légumes ont été lamentables. Et si pour les céréales on a plusieurs fois bénéficié de pluies presque inespérées, alors que tout semblait perdu, ce fut en 1945 et en 1947 le désastre, aggravé pour la dernière année par des gelées d'hiver d'une nocivité sans précédent⁴. Il n'est pas impossible que ces deux années aient été, au point de vue agricole, les plus désastreuses de notre histoire contemporaine depuis le début du XIX^e siècle⁵. Il ne nous semble pas exagéré de dire que ces phénomènes climatiques répétés avec une insistance inattendue ont au moins autant contribué à nos malheurs alimentaires, durant cette époque terrible, que ne l'ont fait les prélèvements opérés par l'ennemi ou le blocus.

L'exemple de l'amélioration produite pour notre approvisionnement par les bonnes récoltes de 1946 semble prouver que dès cette année, si la précédente n'avait point été calamiteuse, la France aurait retrouvé, à peu de chose près, son alimentation d'avant-guerre, et qu'elle l'eût conservée si 1947 n'avait point apporté les déboires que l'on a vus. Et en même temps la vie politique eût été bien moins instable, dans notre pays, et dans les contrées voisines; car la raréfaction des denrées et les hauts prix corrélatifs de celles-ci ont causé un mécontentement voisin de la révolte contre les gouvernements accusés de la pénurie dont étaient en outre censés responsables, soit le capitalisme, soit le socialisme ou le communisme, selon les auteurs des critiques.

⁴ Cf. Sanson (J.), Les caractères exceptionnels de l'hiver 1946-47. *La Météorologie*, janvier-mars 1947, p. 24-32, 3 fig.

⁵ Et par un redoublement d'infortune, les années récentes, si sèches dans l'ensemble, ont comporté des excédents pluvieux très rares, mais funestes. Les pluies excessives de l'automne 1944, en gênant les emblavures, ont contribué à rendre très médiocre la récolte suivante en céréales d'hiver. Dans tout l'Est du pays les précipitations presque continues de l'été 1948 ont gâté partiellement la récolte des fruits et surtout abîmé une quantité appréciable de céréales. Et nous rappellerons plus loin quelques inondations particulièrement mal venues.

De même pour une foule de citoyens qui se croient des plus avisés et qui d'ailleurs, un quart d'heure avant d'émettre les plaintes que l'on va dire, se lamentaient sur la sécheresse et même en exagéraient les symptômes, le climat « avait bon dos », il était un prétexte (selon un journal des plus sérieux) aux coupures évidemment très désagréables du courant électrique. Mais pour ceux qui ont vu tomber la production d'électricité journalière d'origine hydraulique à une valeur infime (moins de 10 millions de Kwh par jour, contre plus de 35 normalement) et le coefficient de remplissage des réservoirs du Massif Central s'abaisser, à la fin de l'été 1949, à 2 %, la sécheresse qu'il faut accepter comme un fait, et qu'il aurait fallu reprocher au diable et non aux Pouvoirs publics a démontré toute son effrayante malfaisance, bien pire que celle des plus redoutables inondations⁶, si l'on excepte les cataclysmes qui dévastent certaines régions de la Chine.

On se propose d'étudier, dans les pages qui suivent, l'aspect purement climatologique de la pénurie pluvieuse qui a sévi en France depuis 1942; puis d'examiner quelles furent les conséquences hydrologiques de ces intempéries ou plutôt de ces trop « beaux temps ». Mais une analyse approfondie et détaillée de phénomènes aussi grandioses et aussi multiples dans leurs aspects exigerait un livre.

En outre, à divers points de vue, la documentation nous manque, ou n'est point aussi riche et précise que nous l'aurions souhaité. On se contentera de faire ressortir quelques faits principaux et de montrer les caractères plus ou moins exceptionnels desdits événements.

En ce qui concerne les pluies elles-mêmes, la base de cette étude est constituée par les observations de la *Météorologie Nationale*. Pour les comparaisons avec les valeurs normales des précipitations mensuelles et annuelles, nous avons utilisé les ouvrages bien connus d'A. ANGOT⁷ et de l'un d'entre nous⁸ sur les moyennes afférentes aux périodes 1851-1900 ou 1891-1930.

En outre, MM. les Présidents des Comités Météorologiques des départements alpestres ont eu l'obligeance de nous fournir quelques chiffres complémentaires.

Pour les débits annuels et mensuels normaux, nous avons eu recours aux précieux *Annuaire hydrologiques de la France* publiés par la So-

⁶ En effet, le mal produit par les crues exceptionnelles (à moins de défluviations comme celles du Hoang-Ho) présente un aspect très spectaculaire de violence destructive et même meurtrière. Mais ces phénomènes se concentrent dans certaines vallées tandis que la sécheresse peut ruiner de vastes contrées tout entières et causer en certains pays surpeuplés d'Extrême Orient, des millions de morts. En Russie, celle de 1921 a fait périr, semble-t-il, des centaines de milliers, sinon des millions de personnes. En outre, dans les 2 ou 3 ans qui ont suivi l'expulsion des occupants germaniques, la sécheresse semble avoir causé en Roumanie des morts très nombreuses et, en tout cas, une misère indicible.

⁷ Angot (A.), Etude sur le climat de la France. *Annales du Bureau Central Météorologique*, t. I, Mémoires, années 1912 à 1915 (chiffres relatifs à la période 1851-1900).

⁸ Sanson (Joseph), Recueil de données statistiques relatives à la climatologie de la France. *Mémorial de la Météorologie Nationale*, publié sous la direction de A. Viaut, Paris, Off. Nat. Mét., 196, rue de l'Université, 1945, 148 p., 1 carte (chiffres relatifs à la période 1891-1930).

ciété Hydrotechnique de France pour les années 1939 à 1947, puis à diverses monographies dont certaines de l'un de nous sur les Régimes du Rhône, de la Garonne, etc... Pour les chiffres détaillés de chaque année, jusqu'en 1947, nous avons employé les *Annuaire*s cités plus haut et nous les avons complétés jusqu'à octobre ou novembre 1949 grâce à l'obligeance de divers ingénieurs : M. R. Gibert, Ingénieur en chef de la Navigation de la Loire, à Nantes; M. R. Kirchner, son collègue pour le Service du Rhône à Lyon; M. Marc Henry, Ingénieur en chef des Etudes à la Compagnie Nationale du Rhône à Lyon; M. l'Ingénieur en chef du Groupe Méditerranée de l'Electricité de France; M. J. Duffaut (4^e Circonscription électrique à Limoges); M. G. Brousse (5^e Circonscription électrique à Toulouse); M. J. Magallon (Groupe Dauphiné de l'Electricité de France à Grenoble) et M. le chef du groupe Rhône, à Lyon. En outre, M. L. Serra, Chef de la Division Hydrologie à l'Electricité de France et principal auteur des *Annuaire*s hydrologiques, a bien voulu nous communiquer une riche documentation. Nous nous faisons un plaisir de remercier ces éminents et obligeants techniciens.

A. — LE DEFICIT PLUVIAL

1. Déficit général de 7 ou 8 ans.

Nous avons d'abord calculé les précipitations annuelles⁹ moyennes à une trentaine de stations françaises, pour la période 1942-48, puis pour les huit années qui s'étendent d'octobre 1941 à septembre 1949 et qui doivent donner à très peu de chose près des chiffres analogues à ceux de l'année astronomique moyenne janv.-déc. 1942-49.

Ces chiffres montrent d'abord que le déficit pluvial global, de 1942 à 1948, n'a été très impressionnant que dans des régions assez peu étendues. Il atteint 15,5 % à Lille, 18,5 % à St-Quentin, 19 % à La Guerche en Bretagne, 17 % à Nantes, 20 % à Saint-Nicolas-du-Port, non loin de Nancy, 15 % à Grenoble, moins de 15 % à St-Ferréol (extrémité occidentale de la Montagne Noire), 23 % au Vigan dans le bassin de l'Hérault supérieur, encore plus de 10 % à Mont-de-Marsan, Bordeaux, Vichy, Roanne. En beaucoup d'autres points, il est inférieur à 10 et même à 5 %. Et même pour certains postes, on est surpris de trouver des excédents par rapport à la normale. C'est le cas sans doute dans une grande partie du Sud-Est influencé par le climat méditerranéen, d'après Gap (—0,5 %) et Marseille (+1 %). On note des anomalies positives encore plus nettes à Boiscommun dans le Loiret (+5 %), au Parc Saint-Maur dans la banlieue de Paris (+7 %), au Mans (+5 %) et surtout

⁹ Pour plus de détail sur le déficit pluvial, cf. Sanson (J.), Une longue période de sécheresse en France (1941-49), *Bulletin technique du Ministère de l'Agriculture*, oct. 1949, avec de nombreux tableaux. Du même auteur, divers articles sur les sécheresses d'août 1940, de 1941-42, de 1942-44, de 1944, de 1945, du printemps et de l'été 1947, dans plusieurs numéros de *La Météorologie*.

Pour les effets de la sécheresse sur l'hydraulicité, lire les *Caractéristiques hydrologiques* des diverses années successives, jusqu'à 1947 incl., dans les *Annuaire*s hydrologiques de la France, par L. Serra ou Ch.-P. Péguy.

en maintes stations de Bretagne (3,3 % à Carnac, 8 % à Guerlédan), donc surtout dans le Nord-Ouest. A Dieppe l'excédent atteindrait 20 % mais ce chiffre nous étonne. On notera que le groupe d'années en question connaîtrait en général des déficits plus marqués, ou des excédents moindres, si l'on avait pris pour bases normales de comparaison les chiffres de 1891-1930 et non ceux de 1851-1900; car les premiers semblent indiquer un accroissement assez net de la pluviosité depuis le début du siècle jusque vers 1930 (et le phénomène se serait poursuivi jusque vers 1940, sans être d'ailleurs général).

Cependant il reste bien sensible que le déficit pluvial de 1942 à 1948, d'après les moyennes annuelles, ne paraît pas stupéfiant. Impression corroborée par des calculs faits par le Service Hydrométéorologique de l'Electricité de France, pour une quinzaine de stations-témoins (donc pour environ 45 au total) dans chacune des régions grosses productrices d'hydro-électricité, à savoir : Massif Central, Pyrénées, Alpes. Les déficits bruts, en *millimètres*, pour chaque année sont présentés dans le tableau suivant :

	Massif Central	Pyrénées	Alpes
1942	—136	—105	—245
1943	— 90	— 50	—126
1944	+ 97	— 70	+ 26
1945	—191	—212	—297
1946	—152	—152	+ 20
1947	— 91	— 50	— 67
1948	—162	—141	+ 52

De ces données, il résulte que la pluviosité de 1942-48 a été égale à 88,5 % de la normale dans le Massif Central, à 89 % dans les Pyrénées, à 91,4 % dans les Alpes, chiffres de valeur seulement indicative, car des moyennes pondérées d'après les surfaces partielles, et tenant compte des précipitations reçues dans la haute montagne, eussent fourni des pourcentages différents d'écart avec les normales

Si l'on cherche dans le passé des valeurs comparatives de déficits pluviaux exprimés en pourcentages, on constate que, à la grande majorité des stations par nous utilisées, les écarts signalés en 1942-48 ont été en France, depuis l'origine des observations, à peu près égalés, d'ailleurs très rarement, mais point ou guère dépassés. Par exemple, dans l'ensemble du bassin de la Seine le déficit pluvial a été de l'ordre de 8 % en 1861-70, de 10 à 12 % (anomalie remarquable, vu la longueur de la période) de 1858 à 1870, de 12 à 13 % pour 9 ans (1857-1865). Or il s'agit d'une époque où, dans l'ensemble, la sécheresse a été des plus remarquées dans le bassin en question.

Puis, si l'on détermine les groupes de 8 ou 10 années¹⁰ les plus secs à Roanne, en un siècle (1846-1945), on ne trouve pas un écart négatif supérieur à 10 %. Pour Marseille, 8 ans, de 1877 à 1884, donnent un

¹⁰ On trouve les totaux pluviométriques annuels de 1846 à 1945 à Roanne, Marseille, Paris, dans l'article suivant : Sanson (J.), La sécheresse des années 1941 à 1945, *La Nature*, 15 mars 1946, n° 93-94, 1 fig.

déficit de 7 % par rapport aux chiffres d'Angot, de 17 % par rapport à ceux de J. Sanson. Et 10 ans englobant ces 8 années (1875-84) indiqueraient une anomalie légèrement plus marquée (469 mm. en moyenne contre 474 et 542 ou 511 pour la valeur normale.

A Toulouse¹¹, on ne remarque dans les derniers trois quarts de siècle aucune période remarquablement sèche. Par contre, les chiffres de 18 ans (1847-1864), indiqueraient 545 mm., soit un déficit très considérable pour un aussi long groupe d'années, de 17 % par rapport à la moyenne de 100 ans. Mais nous doutons que les chiffres en question pour ces années anciennes méritent une entière confiance. Des indices très sérieux nous font soupçonner une insuffisance de ces relevés pourtant faits à l'Observatoire. En effet, pour la période 1849-1860, on aurait relevé à celui-ci 549 mm. contre 642 au Service du Canal du Midi. Lors de l'année très pluvieuse 1856, pluviosité traduite par une quantité de crues, l'Observatoire indique 634 mm., donc moins que la normale de 656 mm. et l'autre poste 811, chiffre bien plus vraisemblable¹². En outre, des listes de débits moyens annuels calculés pour la basse Garonne par les ingénieurs Fargue et Couturier ou par certains de leurs collègues révèlent, pour 1847-1859, une hydraulité inférieure à la normale de 5 à 10 %, soit un déficit sensiblement moindre pour les pluies¹³, et il nous étonnerait que la pluviosité de Toulouse ait discordé de façon éclatante avec celle de l'ensemble du bassin.

Donc d'après diverses comparaisons, bien que notre impression résulte d'une étude quelque peu sommaire, le déficit pluvial de 1942 à 1948 a été, dans une notable partie de la France, plus grave qu'il ne le paraît au premier examen des chiffres.

Et l'anomalie devient bien plus frappante encore si l'on introduit dans la période les 9 premiers mois de 1949, année particulièrement catastrophique, ainsi qu'on le verra et si l'on considère les 8 ans compris entre octobre 1941 et septembre 1949. On trouve alors les anomalies négatives suivantes en pourcentages, par rapport aux chiffres d'Angot :

Saint-Quentin	— 21,5 %	Roanne	— 17 %
La Guerche de Bretagne	— 22,7 %	Ramonchamp (Vosges)	— 23 %
Nantes	— 20 %	St-Nicolas-du-Port ...	— 12 %
Bordeaux	— 14 %	Montceau-les-Mines ..	— 10 %
Mont-de-Marsan et		Lyon	— 12 %
Saint-Ferréol	— 15 %	La Tronche (Grenoble) ..	— 18 %
Vichy	— 14,5 %	Brezins (Isère)	— 11,3 %
Le Puy	— 12,5 %	Le Vigan	— 21 %

¹¹ Paloque (F.), La sécheresse à Toulouse pendant ces dernières années, *Revue géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. XX, 1949, fasc. 1-2, p. 85-105.

¹² D'après le très précieux ouvrage de Victor Raulin, *Observations pluviométriques faites dans la France méridionale de 1704 à 1870*. Bordeaux, Chaumas, et Paris, Savy, 1876, in-8°, 1061 p. avec des dépliant. (Autre tome de 810 p. pour la France du Nord.)

¹³ Déficits peut-être plus accentués, mais pas de beaucoup semble-t-il, pour toute la période 1847-1864.

Certains de ces chiffres représentent des déficits probablement inconnus presque partout en France, depuis un siècle ou plus, dans un groupe de 8 ans. Les écarts seraient encore plus sensibles pour la majorité des cas, si on avait fait la comparaison avec les chiffres normaux de 1891-1930.

Et ce phénomène rend secondaire le fait que dans certaines régions le déficit d'octobre 1941 à septembre 1949 a été compris seulement entre quelques centièmes et 10 % : à savoir, à Caen (-10 %), à La Chapelle-sur-Loire, à l'Isle-sur-Serein, à Bourges (-8,7 %), à Limoges (-9,7 %); à Angoulême, à Montélimar (-6 %), à Gap (-4 %); et même le fait plus étonnant que certains postes révèlent une pluviosité à peu près normale ou même légèrement excédentaire pour les 8 années (Le Mans, Paris, Dieppe, Carnac, Guerlédan, Marseille, Chambéry).

Il s'agit surtout ici de diverses parties de la Bretagne et de quelques stations éparses où, semble-t-il, des orages ont pu relever les totaux sans contredire le caractère général d'indigence pluviale durant la plus grande partie de la période. De toutes façons, d'ailleurs, la Provence et les Alpes du Sud et même dans l'ensemble le Sud-Est n'ont pas exagérément souffert pendant ces huit ans.

2. Années ou groupes de mois particulièrement secs, en dehors de 1949.

Une étude détaillée des chiffres de chaque année aux diverses stations montre d'abord que, durant l'époque en question, il y a eu des années excédentaires, même là où la moyenne de 7 ou de 8 ans accusait un notable déficit. Par exemple, d'après un choix fait un peu au hasard, on trouve un excédent pluvial à Angoulême en 1944 et un à Grenoble en 1946 (+58 millimètres), au Vigan en 1943, au Puy en 1948 seulement, à Lille en 1942 et 1946, à Nantes en 1946 (+5 mm.), au Mans en plusieurs années, à Paris en 1942 (excédent très considérable de plus de 200 mm. dû à une grosse fréquence localisée des orages), puis en 1944 et 1947, même en 1946 et 1947 par rapport aux chiffres d'Angot, à Ramonchamp en 1944, etc. A Chambéry où les 8 ans ont donné dans l'ensemble une valeur presque normale, l'excédent a atteint 25 % en 1944, encore 10 % en 1946, 20 % en 1948.

Par contre, si l'on prend en bloc chacune des trois principales régions productrices d'hydroélectricité, on ne trouve qu'une seule année excédentaire dans le Massif Central (+97 mm., soit +11 % en 1944), deux dans les Alpes (1944 et 1946) mais avec des écarts positifs de 2,5 % seulement et pas une seule dans les Pyrénées. Mais dans cette région, les années 1943, 1944 et 1947 ne sont en déficit que de 5 à 7 %.

Ces faits suggèrent que par compensation, même si l'on met à l'écart la fin de 1948 et 1949, certaines années depuis 1942 offrent un déficit considérable. C'est ce que l'on constate en examinant le tableau des totaux annuels aux diverses stations. Pour les régions montagneuses, étudiées en bloc, certains chiffres révèlent une indigence pluviale profonde, à savoir :

Massif Central	Pyrénées	Alpes
1942 — 16 %	1945 — 21 %	1942 — 24 %
1945 — 22 %	1946 — 15 %	1943 — 12 %
1946 — 17,5 %	1948 — 14 %	1945 — 29 %
1948 — 19,5 %		

En outre, au hasard, nous citerons à des stations isolées des déficits annuels plus sensibles, par rapport aux valeurs de 1851-1900 (et l'on verrait en général pire, en faisant des comparaisons avec 1891-1930) :

à Ramonchamp en 1942	— 30 %	
à Saint-Nicolas-du-Port en 1943	— 29 %	
à Marseille en 1945	— 29,5 %	
à Montélimar en 1945	— 39 %	
à Vichy en 1945	— 25 %	
— en 1946	— 26 %	
à Grenoble en 1945	— 27 %	et presque autant en 1942, 1943 et 1947.
à Roanne en 1948	— 39 %	
à Ronne en 1946	— 34 %	
au Vigan en 1945	— 39 %	
au Puy en 1945	— 27,5 %	
à Caen en 1948	— 26,5 %	
à Nantes en 1944	— 30,5 %	

A d'autres postes, aucune année n'a connu dans le total un déficit très grave. Et on retiendra encore que si, dans l'ensemble du pays, de 1942 à 1948, c'est 1945 qui a été l'année la plus indigente, surtout dans le Sud-Est, chacune des autres années, en certains secteurs, a éprouvé le minimum de la période, ce qui montre à quel point la tendance était orientée vers la sécheresse, depuis l'automne de 1941. Chose particulièrement digne d'attention, l'année 1944 qui a connu des pluies surabondantes à l'automne a subi le maximum d'indigence en certains points; de même pour l'année 1948, malgré l'été trop pluvieux qui a caractérisé cette année dans l'Est, y compris les Alpes.

Nous avons eu aussi l'idée de grouper les chiffres d'une autre manière en considérant pour 8 régions agricoles françaises, et non plus seulement pour 3 zones montagneuses, les écarts des pluies calculées pour plusieurs postes par région avec les valeurs normales (tableau I).

TABLEAU I.

Écarts annuels avec les valeurs normales des hauteurs de pluie dans les diverses régions agricoles françaises (1942-1948).

Régions	Normale	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948
Nord - Ouest	776	— 49	— 78	+ 74	—144	+ 4	—166	— 25
Nord - Est	800	—134	—160	+ 34	—165	—103	—131	— 4
Bassin Parisien	654	+ 84	— 63	+ 3	—137	— 59	— 52	— 11
Centre Ouest	736	— 26	— 93	— 32	—204	—112	— 84	— 80
Centre Est	993	—190	—144	+132	—234	—142	—119	+ 19
Massif Central	828	—104	+ 10	+134	—153	—179	—125	—119
Sud - Ouest	861	—146	— 32	+ 21	—161	—135	— 34	—136
Sud - Est	890	— 80	+ 63	—154	—239	—172	+ 19	— 22

On voit d'après le tableau que d'après ce classement encore, 1945 est l'année la plus sèche pour 6 régions sur 8. Le Massif Central a été moins arrosé en 1946 et le Nord-Ouest en 1947. Ces deux dernières années et 1942 se disputent le second rang dans la pénurie. Et 1944 a connu un excédent pluvial dans 6 régions sur 8. Cependant la sécheresse a été fort marquée durant ces 12 mois dans le Sud-Est.

Mais ce commentaire serait incomplet si nous ne faisons point ressortir que même en 1944, et aussi en 1948, dans les régions où le déficit total a été très faible (à savoir dans le Nord-Ouest, le Nord-Est, le Bassin parisien et le Sud-Est) il y a eu des suites de mois extrêmement déficitaires et souvent catastrophiques pour les récoltes, comme pour les débits. Par exemple, l'année 1944, si pluvieuse en général dans ses derniers mois, a éprouvé un déficit de 162 mm., soit de 49 % dans le Massif Central entre mars et juin; 1947, sans pâtir d'un déficit total considérable, grâce à des pluies passables ou abondantes à la fin de l'automne, a souffert de sécheresses prolongées en certains mois, et les pluies presque normales pour l'ensemble de l'été ont été alors neutralisées en raison de chaleurs tout à fait excessives, et parce que le début du printemps avait été très défavorisé en eau atmosphérique. En 1944, Chambéry, qui a reçu presque des déluges de septembre à décembre, a subi l'anomalie inverse de mars à mai.

En 1948, février, mars et le début d'avril ont connu pour la plupart des régions une sécheresse qui faisait tout craindre avant que, dans la seconde quinzaine du mois, ait débuté la surabondance pluvieuse dont nous avons fait mention et qui, dans l'ensemble, eut pour suite d'excellentes récoltes.

Et dès la deuxième quinzaine de septembre, on retombera presque partout dans la sécheresse impitoyable qui devait atteindre son comble en 1949.

3. L'année 1948-49. Comparaison avec 1920-21.

Et nous arrivons à cette année extraordinaire, bien plus sèche même que 1945.

Au moment où nous écrivons ce texte, nous ignorons pour la majorité des postes les chutes d'eau de novembre et décembre 1949. Nous savons seulement qu'elles ont un peu atténué (c'est vrai tout au moins pour celles de novembre) les déficits de l'année astronomique. Mais nous connaissons les valeurs applicables à l'« année agricole » septembre-août. Les voici pour 10 villes : (H, pluie de septembre 1948-août 1949; N, pluie normale d'après J. Sanson en 1891-1930; R, rapport des deux valeurs, et chiffres des mêmes mois pour 1920-21 :

	H	N	R	1920-1921
Nancy	407	737	0,55	553
Dijon	389	696	0,56	490
Lille	381	770	0,49	390
Paris	339	602	0,56	348
Rennes	409	668	0,61	430
Bordeaux	477	833	0,57	647
Toulouse	384	684	0,56	711
Clermont-Ferrand	348	662	0,53	683
Lyon	595	827	0,72	644
Marseille	457	542	0,84	793

Pour Grenoble, Gap et Chambéry, les déficits respectifs en août 1948-1949 ont été de 58 % et de 32 %.

Et les rapports des pluies de septembre-août (ou pour certaines stations, d'octobre-septembre, ou de novembre-octobre), ont été, en d'autres lieux, les suivants, sur les moyennes de 1851 à 1900 :

Saint-Quentin : 0,51, Dieppe : 0,70, Caen : 0,55, Guerlédan : 0,65, Carnac : 0,73, La Guerche : 0,58, Nantes : 0,634, Le Mans : 0,66, Chartres : 0,65, Ramonchamp : 0,45, Besançon : 0,58, Montceau-les-Mines : 0,58, Bois-Commun (Loiret) : 0,64, Bourges : 0,63, Limoges : 0,67, Angoulême : 0,56, Mont-de-Marsan : 0,54, Saint-Ferréol : 0,59, Le Puy : 0,64, Vichy : 0,51, Roanne : 0,47, Brézins (Isère) : 0,55, Montélimar : 0,59, Marseille : 0,80, Monaco : 0,72.

Enfin, nous indiquerons les rapports à la normale des chiffres de la célèbre année décembre 1920-nov. 1921, pour quelques stations¹⁴ : Orléans : 0,48, Vesoul : 0,55, Les Settons (Morvan) : environ 0,50, Pontarlier : 0,58, Grenoble : 0,54, Roanne : 0,70, Lyon : 0,54, Nantes : 0,53, Le Mans : 0,58, Bourges : 0,62, Paris : 0,46, Gap : 0,46, Bayonne : 0,55, Embrun : 0,31, Nice : 0,284, Marseille : 0,41.

La comparaison de ces chiffres, bien qu'elle porte sur des stations en partie différentes, selon les années, donne l'impression générale que 1921 (ou plus précisément décembre 1920-novembre 1921), a éprouvé une pénurie plus grave que les 12 mois successifs les plus secs de 1948-49.

Le fait est le plus frappant pour l'extrême Sud-Est de la France, ainsi qu'on le voit par les chiffres presque incroyablement faibles de 1921 pour Embrun, Gap, Nice, Marseille; plus au Nord, dans la zone de climat océanique les Alpes, malgré le cas de Grenoble, paraissent avoir été moins sèches en 1948-49 qu'en 1921. Et un déficit particulièrement extraordinaire se manifeste à Paris en 1921, avec le chiffre misérable de 278 millimètres.

Par contre, d'après les chiffres de Toulouse et les débits des rivières, le Sud-Ouest aurait été sensiblement plus arrosé en 1921 qu'en 1948-49.

4. Les mauvaises années agricoles.

L'impression change, ou tout au moins elle peut devenir contestable, si l'on compare les chiffres de l'année agricole septembre-août pour toutes les années, y compris 1920-21. Pour Paris en tout cas on a relevé les valeurs suivantes, lors des années agricoles les plus sèches depuis 80 ans : 1948-49 : 339 mm, 1920-21 : 348 mm, 1879-80 : 384 mm, 1873-74 : 391 mm, 1928-29 : 433 mm, 1881-82 : 461 mm, 1910-11 : 483 mm, 1894-95 : 486 mm.

Ainsi, selon ce cadre adopté pour l'année, 1848-49 présente la pénurie maxima depuis 1870, et probablement aussi depuis 1750, sous réserve de chiffres plus faibles qui ont pu caractériser par hasard certaines années

¹⁴ D'après Tarrade (N.), La sécheresse des années 1920-21 dans la région des Alpes et le Sud-Est de la France, *Annuaire de la Société Météorologique de France*, t. LXV, 1921, 2^e fasc., p. 33-125, 4 pl. dépliantes hors texte. — Cf. Blanchard (R.), La sécheresse en Dauphiné (1920-21), *Revue de Géographie alpine*, t. X, 1922, p. 181-199.

pour lesquelles les relevés manquent. En effet, toutes les années comprises dans cette période ont reçu, de septembre à août, plus de 350 mm. (352 au minimum en 1752-53).

Dans l'un de ses articles cités plus haut, l'un de nous ¹⁵ analyse d'après les chiffres observés en 10 villes les caractères des années agricoles les plus défavorisées pour les pluies depuis 1890. Ce sont dans la moitié Nord et le Centre de la France : 1948-49, 1928-29, 1920-21, 1894-1895.

En outre, l'année agricole 1941-42 paraît avoir été très désastreuse dans certaines régions de la France. Mais à cause de l'occupation allemande, les chiffres nous manquent sur cette année pour des comparaisons exactes.

Les chiffres indiqués plus haut pour septembre 1920-août 1921 indiquent en certaines régions, surtout dans le Sud et le Sud-Est, à cause des pluies surabondantes du début de l'automne 1920, une pluviosité soit voisine de la moyenne, soit excédentaire, et donc des faits qui contrastent avec la sécheresse redoutable qui eut lieu de décembre à novembre suivant ou de janvier à décembre 1921. Cela nous rappelle qu'une série de mois peut fort bien présenter des totaux pluviaux honorables ou copieux et cependant avoir été médiocre pour l'agriculture s'il n'a pas plu assez à certains moments décisifs pour la végétation, et en particulier de mars à mai, puis en juillet-août pour les regains, la pomme de terre, la betterave. Et de très fortes pluies d'octobre à février suivant peuvent fort bien être suivies par une récolte désastreuse. De toutes façons, de 1942 à 1947, en maintes régions, les pluies de mars, d'avril et en maints cas celles de mai (moins souvent celles de l'été) ont été très réduites, et cela a causé beaucoup de mal. Le fait s'était déjà produit, avec des conséquences néfastes en mars-avril 1893 et en février-avril 1938, et les mêmes totaux annuels auraient engendré des récoltes bien meilleures si la pluie s'était répartie autrement dans les saisons; si, par exemple, dans les Pyrénées, les 136 mm. d'excédents tombés en janvier 1942 se fussent répartis sur mai et juin, ou si l'excédent pluvieux de l'automne 1944, dans la plupart des régions, avait été reporté sur le printemps. Et de fait, la terrible sécheresse de 1949 n'a pas empêché une très bonne récolte de céréales, ni la poussée d'une herbe luxuriante juste avant le début de l'automne, à cause des pluies suffisantes arrivées comme par miracle en mai, puis en septembre, et sans lesquelles cette année eût été pour notre ravitaillement une catastrophe peut-être fantastique. Par contre, l'année 1947, sensiblement moins déficitaire, a été bien plus défavorable (compte tenu des gelées d'hiver funestes signalées plus haut) parce que les pluies ont manqué dans les mois où elles eussent été absolument nécessaires ¹⁶.

En somme il serait bon pour l'examen des pluies qui influencent les récoltes de comparer, plutôt que les totaux annuels de septembre-août, les chiffres du semestre mars-août, ou mieux ceux des 7 mois qui s'étendent de mars à septembre. Et encore les mêmes totaux pour ces périodes

¹⁵ *Bulletin technique du Ministère de l'Agriculture.* (Cf. plus haut le titre exact.)

¹⁶ Une analyse plus approfondie considérerait non seulement les totaux mensuels et saisonniers des chutes d'eau, mais encore leurs intensités journalières, leurs groupements ou leurs dispersions et les températures ambiantes, puis les vents postérieurs à ces pluies.

comporteraient-ils des résultats différents suivant les répartitions mensuelles.

5. Groupes de mois ou de jours particulièrement secs.

Enfin, certaines suites de mois méritent d'être distinguées, en septembre 1948-août 1949, pour leur sécheresse presque effarante. Ainsi 4 mois à Lyon, 5 à Dijon, Paris et Rennes, 6 à Bordeaux et Marseille, 7 à Nancy et Toulouse, 8 à Lille et à Clermont-Ferrand n'ont pas reçu la moitié de leur contingent normal de pluie. Puis les séries de 15 jours consécutifs sans pluies autres que des traces ont été anormalement fréquentes, à savoir : du 13 septembre au 13 octobre 1948; du 21 janvier au 7 février 1949, avec prolongation jusqu'au 28 février dans la moitié Sud; du 19 mars au 5 avril 1949; et enfin du 10 juin au 15 juillet 1949, avec prolongation jusqu'au début d'août dans l'Est et le Massif Central. Il semble même qu'en une quantité de régions, cette sécheresse absolue du début de l'été batte tous les records connus. En particulier, à Paris on a eu 35 jours (du 10 juin au 14 juillet) sans une goutte d'eau, contre un record de 28 jours précédemment (2-29 avril 1893). Et du 10 juin au 10 août, on a relevé 15 mm. contre une valeur normale de 109. Or, le plus faible chiffre précédemment observé entre les mêmes jours était de 28 mm. en 1921 (242, au maximum, en 1936). Le lecteur comprendra mieux maintenant pourquoi les herbages ont offert en juillet et en août, sur une grande partie du pays, un aspect terrifiant et qui faisait songer à des steppes semi-désertiques; et l'on ne doit point s'hypnotiser sur cette année remarquable au point d'oublier que fort souvent, depuis 1942, on a observé en Europe occidentale, y compris l'Italie et l'Espagne, de longues séries de jours point ou très peu pluvieux et que, durant plusieurs étés de cette période ou dans les débuts des automnes (ainsi en 1947) les prairies ont adopté une teinte grise qui les faisait ressembler à des chaumes; spectacle très anormal dans notre pays, et surtout dans l'Ouest et en Normandie, où l'on a pu le contempler à diverses reprises dans les années en question.

6. Causes.

Si l'on examine les causes immédiates de ces déficits pluvieux, l'on peut affirmer (il fallait d'ailleurs s'y attendre) que les périodes sèches ici déplorées ont été marquées par une prédominance exceptionnelle du régime anticyclonique pur, ou par la substitution de perturbations atténuées, de « marges affaiblies de systèmes nuageux » aux perturbations franches, douées d'un fort potentiel énergétique, dans un grand nombre de cas où la pluie est tombée, ou simplement a menacé. Et, en effet, pour tout observateur attentif, ce fut un scénario peu banal et à vrai dire navrant, que cet échec perpétuel des tendances pluvieuses. Combien de fois durant 8 années n'avons nous pas vu le baromètre baisser, la flanc-garde ou même l'avant-garde d'un système nuageux apparaître, s'épaissir avec peine et soudain la pression remonter, le vent tourner du Sud-Est et du Sud-Ouest au Nord-Ouest sans qu'une goutte d'eau fût tombée; ou bien

assez souvent à peine la pluie commencée, il s'imposait à l'esprit qu'elle ne durerait pas, que c'était encore « un coup manqué » parce que déjà le ciel s'éclaircissait, que les nuages se déchiraient au-dessus de l'horizon, du côté par où venait l'invasion. Et quelle exaspération que de voir quatre fois sur cinq, ou même neuf fois sur dix, même lors d'une foule de jours à situation atmosphérique perturbée, le baromètre remonter chaque soir suivant le jeu de la marée barométrique, caractéristique des temps calmes.

Et d'ailleurs, ces périodes d'agitation avec tendance pluvieuse ont été rares. L'étude minutieuse des cartes synoptiques du temps a permis à l'un de nous de reconnaître le règne des mêmes types atmosphériques lors de toutes les périodes sèches. Ainsi, pendant 254 jours de 1948-49, et 265 de 1920-21, l'établissement de hautes pressions sur l'Europe occidentale a maintenu la France presque entièrement à l'abri des perturbations atlantiques, dont les trajectoires étaient très nettement décalées vers les latitudes septentrionales. En somme, les longues suites de mois ou d'années sèches correspondent à un déplacement anormal, par sa fréquence, de l'anticyclone des Açores vers le Nord et le Nord-Est de l'Europe Centrale, ou peut-être aussi à l'empîement anormalement fréquent (cela surtout en hiver) de l'anticyclone asiatique et soviétique, peut-on dire, sur l'Europe Centrale et Occidentale.

Quant aux causes fondamentales de ces facteurs particuliers journaliers, nous nous bornerons à avouer sur elles notre ignorance complète. Et ceux qui veulent à tout prix les connaître, parce qu'il est flatteur et rassurant de savoir, n'auront point peine à trouver en nombre d'écrits ou de conférences les explications les plus variées et les plus ingénieuses, voire les plus fantaisistes.

B. — PENURIES DES RIVIERES FRANÇAISES EN 1942-49

1. Le déficit dans l'ensemble des années en question.

Dans le petit manuel d'hydrologie fluviale qu'a composé l'un d'entre nous¹⁷, *Fleuves et rivières*, et dans le cours d'Hydrologie fluviale¹⁸, publié à l'Institut Polytechnique de Grenoble par le même auteur, celui-ci a défini à peu près en ces termes la variabilité des débits moyens annuels pour des groupes successifs d'années, en Europe Occidentale :

« Pour les rivières européennes occidentales non glaciaires, ni méditerranéennes et bien alimentées, l'écart avec la normale, en 5 ans, doit pouvoir atteindre fréquemment de 20 à 25 % ; l'anomalie moyenne maxima se réduirait à 10 ou 15 % pour des périodes de 10 années, à 3 ou 4 % pour des périodes de 50 ans. On verra des chiffres plus forts pour les rivières moins bien alimentées ou soumises à un climat plus fantasque,

¹⁷ Pardé (Maurice), *Fleuves et Rivières*, Paris, A. Colin, édit., collection A. Colin, Deuxième édition revue et corrigée, 1947, 224 p., 18 fig.

¹⁸ *Potamologie*. Première partie : *Hydrologie fluviale*, Deuxième édition revue, corrigée et très augmentée. Université de Grenoble, Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique et d'Hydraulique, 1949, 2 volumes dactylographiés, provisoirement sans figures, p. 1-158 et 159-336, équivalant à 500 p. in-8°.

par exemple, sur la Loire inférieure, une anomalie positive de 30 % (il faudrait plutôt dire 20 à 25 %) de 1910 à 1919, et, un écart négatif de 34 % (ou plutôt 30 %), en 1942-48. » Et l'on indiquait que le régime nival comportait des anomalies moindres pour les groupes d'années d'une longueur donnée.

Or, de 1942 à 1949, soit en 8 ans, les écarts négatifs avec la normale ont été sur toutes les rivières françaises peut-on dire, bien plus grands que les chiffres extrêmes jugés par nous possibles sans changement fondamental de climat. En effet, les déficits des modules globaux de ces 8 ans ¹⁹ par rapport aux valeurs normales ont été les suivants :

Rhin à Bâle	— 13 %
Rhône alpestre à la Porte du Scex	— 2 à 3 %
Rhône à Génissiat	— 9,5 %
Arve à Carouge	— 17 %
Ain à Bolozon	— 20 %
Fier à Val-de-Fier	— 28 à 32 %
Drac au Sautet	— 22 %
Romanche au Chambon	— 11 %
Isère à Beaumont-Montoux	— 22 à 25 %
Rhône à Serrières	— 22 %
Rhône au Teil	— 25 %
Doubs à Ocourt	— 18,5 %
Durance à Mirabeau	— 21 %
Creuse à Eguzon	— 41,5 %
Dore à Giroux	— 35,5 %
Neste de Charabide à Lassoula	— 22,3 %
Garonne à Valentine	— 30 %
Ariège à Foix	— 20 %
Garonne à Mas d'Agenais	— 39 à 43 %
Gave d'Oloron à Oloron	— 28 %
Tarn au Pinet	— 35 %
Agout à Clos	— 45,5 %
Truyère à Sarrans	— 33,5 %
Blavet à Guerlédan	— 27,5 %
Aude à Belvianes	— 19 %
Dordogne à Argentat	— 35 %
Dordogne à Domme	— 35 %
Luzège à Lapleau	— 31,5 %
Vézère à Uzerche	— 32 %
Loire à Bas Embasset	— 30,5 %
Allier à Vielle Brioude	— 30,5 %
Loire à Montjean ²⁰	— 41 %

¹⁹ Pour la plupart des stations nous ne possédons pas les chiffres relatifs à novembre ou à décembre 1949. Nous avons évalué les modules de cette année en admettant des valeurs quelque peu supérieures à celles d'oct. 1948, sept. 49. L'erreur ne peut être qu'insignifiante pour l'ensemble des huit ans.

²⁰ Pour ce fleuve nous avons, par approximation grossière, réduit de 1032 à 900 mc, d'après certains indices, la valeur que nous possédions pour le module de 1904 à 1948.

ves pénuries : plus de 40 % pour les bassins presque totaux de la Loire et de la Garonne, ce qui paraît en bonne logique impliquer, d'après ce qui va suivre, pour les éléments totalement pluviaux, uniquement situés en plaine, de ces bassins, des déficits supérieurs à 45 et peut-être à 50 %, c'est-à-dire qui nous eussent paru tout récemment presque incroyables.

En effet, on a plutôt —25 à —35 % pour les tronçons supérieurs situés dans le Massif Central (comme dans les Préalpes), et environ —20 à —25 % pour les émissaires non glaciaires des hautes Pyrénées (de même pour ceux des grandes Alpes) pas trop loin des sources. Or, ce sont ces tronçons qui fournissent les plus gros débits à la Loire et à la Garonne.

Et, enfin, l'impression que l'enneigement et l'englacement atténuent les anomalies dans les deux sens est confirmée par la modicité relative des déficits sur le Rhône à Génissiat, l'Arve à Carouge, le Rhin à Bâle, la Romanche au Chambon. Mais à quoi tient cette résistance si satisfaisante des cours d'eau de haute montagne aux pénuries pluviales ?

D'abord au fait qu'ils reçoivent en général des précipitations supérieures à celles qui alimentent les autres rivières. En valeur absolue, les lames d'eau annuelles relativement médiocres pour eux offrent encore des totaux point méprisables; en général, le rapport du déficit à la chute d'eau annuelle diminue (donc la part de l'écoulement augmente) lorsque les précipitations s'accroissent, car ce déficit ne dépasse point un certain plafond régional. Puis en haute montagne, l'évaporation des précipitations liquides ou des eaux de fusion de saison chaude est moins grande qu'en plaine, grâce à l'amointrissement des températures par l'altitude. En outre, le régime nival permet chaque année l'alimentation de sources auxquelles les cours d'eau empruntent tout leur débit lors des pénuries de l'alimentation directe.

En effet, en régime non nival, 20 ou 30 petites pluies liquides peuvent être trop faibles pour qu'aucune aboutisse à un ruissellement ou même à une infiltration appréciable dont profiteraient les rivières. Par exemple, si elles fournissent 200 millimètres au total, 20 ou 30 seulement s'écouleront par voie superficielle ou souterraine. Mais, en montagne assez haute, ces précipitations tombant en neige formeront une réserve qui s'accroîtra peu à peu, et qui, fondant en bloc lors du réchauffement annuel, subira une évaporation réduite, soit par exemple de 70 millimètres sur 200. Et si cette couverture occupait de par l'effet de l'altitude la moitié du bassin, elle alimenterait le ruissellement ou renforcerait les eaux souterraines, donc les sources jusqu'à concurrence de $200 - 70 : 2 = 65$ millimètres, selon des évaluations qui nous semblent modérées pour de nombreux cas²¹. Donc, même lors des années les plus sèches, il y aura dans les bassins montagneux en question une tranche nivale assez abondante en valeur absolue pour créer du ruissellement et pour alimenter les nappes souterraines, donc pour soutenir au cours des mois qui suivront la fonte le débit des sources, alors que pour les rivières pluviales ou pluvio-nivales, auxquelles la neige durable ne fournit qu'un maigre tribut (5 à 15 % en volume liquide annuel pour ces dernières)

²¹ D'autant plus que, nous le répétons, tandis que la plaine recevra 200 millimètres, il en tombera 300 à 400 sur la montagne.

cet appoint régulier d'alimentation pourra presque totalement faire défaut lors d'une année très peu pluvieuse.

Dans les bassins glaciaires, non seulement il y a fonte de neiges tous les ans, mais prélèvement souvent très abondant sur les glaciers, lors des années sèches qui sont généralement des étés chauds (ce qui fut le cas presque chaque fois en 1942-49). Voilà pourquoi le module du Rhône alpestre avant le Léman, à la Porte du Scex, n'a souffert que d'un déficit insignifiant de 2,3 à 3 %, et pourquoi 1945 avec 214 mc. contre 185 pour 35 ans, a battu le record des modules, malgré une pluviosité apparemment faible (même genre de phénomène pour la Massa, émissaire du glacier d'Aletsch, en 1947); et voilà pourquoi aussi, le Rhin à Bâle, le Rhône à Génissiat, et la Romanche au Chambon n'ont point exagérément souffert de la pénurie, car dans leurs bassins respectifs l'englacement est respectable.

Enfin, on ne doit pas s'étonner que les rivières les plus appauvries en 1942-49 accusent un déficit plus que double de celui des précipitations : en gros 30 à 45 % contre 10 à 20 %, car l'exagération²² des pénuries pluvieuses par les débits des rivières est un phénomène bien connu; il tient aussi au fait que la part du déficit par rapport à l'écoulement décroît moins que les pluies lors des années maigres. Et d'habitude on ne se trompe pas de façon excessive en admettant que le rapport du module d'un groupe d'années au débit moyen normal avoisine le carré du rapport correspondant des chutes d'eau.

Par exemple, si le second est 0,90, le premier sera de 0,81, soit un déficit hydraulique de 19 %; si la pluviosité est 80 %, l'hydraulicité sera 64 %. Comme on l'a vu, pour les rivières non ou peu nivales, les débits ont été nettement plus faibles dans l'ensemble que ne l'indiquerait cette règle. Cela doit tenir, au moins en partie, au fait que, durant la période en question, la saison la plus défavorisée pour les pluies a été la saison froide, celle durant laquelle l'évaporation est la moindre.

En effet, si l'on considère par exemple le Bassin parisien, on y a observé les précipitations suivantes :

	Saison chaude	Saison froide	Année
Valeurs normales	313	341	654
P. 1933-40	336	360	696
P. 1941-48	333	295	628

On voit que de 1941 à 1948 les chutes d'eau de la saison chaude ont été excédentaires (et sans doute au moins normales en 1942-48); mais celles de l'automne et de l'hiver ont marqué un déficit de 16 %, très dommageable au ruissellement comme à l'approvisionnement des sources.

²² Sauf pour les rivières où le sous-sol possède un pouvoir de rétention considérable et prolongée. Ceci s'applique d'ailleurs au bilan d'une année isolée bien plus qu'à celui d'un groupe d'années.

2. Le déficit de l'année 1948-49.

Il faut maintenant insister sur le fait essentiel que les moyennes de nos 8 années s'écarteraient sensiblement moins des normales, et donc contrediraient moins les prévisions antérieures, s'il n'y avait pas eu pour accentuer leur dépression l'indigence réellement extravagante de 1949, ou plutôt des 12 mois qui vont d'octobre 1948 à septembre 1949, ou de novembre à octobre ²³ suivants.

Quelques rapports de ces modules à la normale indiqueront ce que fut la misère hydrologique durant ces 12 mois lamentables. Et nous citerons en regard de ces nombres les rapports analogues les plus faibles connus de nous avant 1942 :

Rhône à Génissiat	0,72	0,62	en 1921
Ain à Bolozon	0,50	0,40	(?) »
Rhône à Serrières	0,47	0,40	»
Rhône au Teil	0,50 à 0,52	0,49	à 0,51 »
Isère à Beaumont-Monteux	0,51	0,47	»
Drac au Sautet	0,49	0,36	à 0,39 »
Bonne à Pont-Haut	0,44	?	
Romanche au Chambon	0,67	0,65	»
Bourne aux Jarrands	0,40	?	
Durance à Ventavon	0,49	0,44	
Tinée à Bancairon	0,55	0,33	
Loire à Bas-Embasset	0,29	0,56	»
Allier à Vieille-Brioude	0,25	0,58	»
Dore à Giroux	0,27	0,57	
Sioule à Pont-du-Bouchet	0,22	0,45	»
Creuse à Eguzon	0,16	0,565	»
Taurion à Pontarion	0,20	0,41	»
Vienne à Châtellerault	0,30	0,37	? »
Loire à Montjean	0,20	0,30	»
Dordogne à Bort	0,29	0,49	»
Dordogne à Domme	0,24	0,51	»
Ariège à Foix	0,46		?
Tarn au Pinet	0,21	0,565	en 1925
Tarn et Lot (bassins totaux combinés)	0,10 à 0,12	0,35 à 0,40	en 1832
Lot à Cajarc	0,144	0,61	en 1925
Aveyron à Loubéjac	0,07	0,50 à 0,55	en 1926
Truyère à Sarrans	0,16	0,44	en 1921
Agout à Clot	0,26	0,61	en 1925
Garonne à Toulouse	0,42	0,75 à 0,77	en 1925
		0,55 à 0,60	en 1832
Garonne à Mas-d'Agenais	0,21	0,42 à 0,45	en 1832
		0,44 à 0,47	en 1946
Garonne à Valentine	0,40 à 0,42		?
Gave de Paria à Pont-de-Berenx ..	0,49		?
Gave d'Oloron à Oloron	0,43	0,70	en 1921

²³ Et malgré une assez forte pluviosité en novembre 1949, l'année astronomique janvier-décembre n'a sans doute presque nulle part offert des débits sensiblement supérieurs à ceux dont on vient de définir les cadres dans le temps.

Ces chiffres, malgré l'incertitude de certains d'entre eux, nous permettent des conclusions fort nettes.

Tout d'abord dans la région alpestre, les modules de 1948-49 paraissent être restés supérieurs à ceux de 1921, en raison d'un déficit pluvial moins catastrophique, ainsi qu'on l'a vu plus haut, dans la région considérée. C'est surtout dans les Alpes du Sud que 1921 a établi des records de sécheresse difficilement franchissables. Et la Durance, le Var et leurs tributaires ont été beaucoup moins affaiblis en 1948-49 qu'en 1921 (en cette année, le rapport du module à la normale pour la Durance à Mirabeau tomba à 0,465. En 1948-49 la proportion a dû être supérieure à 50 et peut-être à 52 %).

Les rivières nivales alpestres septentrionales n'auraient point exagérément souffert — nous voulons dire que leur déficit, pour celles de régime pur, n'a guère dû dépasser 25 à 35 %. — Il aurait atteint peut-être 0,45 à 0,50 pour les rivières nivales de transition, c'est-à-dire déjà assez nettement influencés par les pluies d'automne et même d'hiver, comme le Drac au Sautet, la Bonne à Pont-Haut, et l'Isère inférieure, dont le module a pu dépasser 50 % de la normale, contre 47 % en 1921.

Nous avons exposé précédemment pourquoi les rivières nivales souffrent moins des sécheresses que ne le font les cours d'eau avant tout alimentés par les pluies. Cependant les Pyrénées en 1948-49 ayant été plus rationnées en chutes d'eau que dans les cas extrêmes précédents²⁴, le déficit de l'hydraulicité y a été plus fâcheux que dans les Alpes. Même pour les artères nivales de transition, il semble avoir atteint 0,50 à 0,60. A vrai dire pour les tronçons supérieurs il a été certainement bien plus réduit, surtout dans les zones où les sommets dépassent 3000 mètres et où peuvent subsister quelques glaciers susceptibles d'une influence hydrologique.

Nous ne pouvons citer aucun chiffre pour des éléments glaciaires; mais on peut avoir la certitude que sur les cours d'eau de cette espèce, dans les Alpes, le déficit a été faible si même il a eu lieu, car l'été de 1949 a été chaud, quoique moins brûlant que celui de 1947. En tout cas, l'insuffisance à Génissiat ne dépasse pas 28 % alors que dans les secteurs non alpestres de la surface réceptrice à l'amont, elle a dû excéder 50 %. Et c'est encore en grande partie grâce au facteur nival et glaciaire que le Rhône moyen et inférieur n'a pas été aussi maigre en 1948-49 qu'en 1921.

Il n'est pas certain que la Saône ait été plus maigre en 1948-49 qu'en 1921. Son déficit a dû, dans ces deux cas, dépasser 60 %.

De même que pour les moyennes de 8 ans, ce sont les rivières du Centre, de l'Ouest et du Sud-Ouest qui ont le plus souffert de la pénurie en 12 mois. Nous excluons, par malheur, de nos comparaisons fermes la Seine, faute de données précises sur son comportement. Nous savons pourtant qu'elle avait extraordinairement pâti en 1921, et connu alors un déficit probable de l'ordre de 75 à 80 %, sinon plus. Et nous soupçonnons qu'en 1948-49, elle a pu être plus misérable encore. Mais nous

²⁴ Nous ne disons pas : qu'en 1921, car cette année, dans le demi-siècle récent et avant 1946, n'a point éprouvé le maximum de la sécheresse en Aquitaine. 1925 et en certains secteurs 1924 ou 1929 ont connu des débits moindres et ceux de 1832 ont dû être très faibles quoique supérieurs à ceux de 1949.

avons la certitude que les rivières pluvio-nivales du Massif Central²⁵, en général, n'ont même pas atteint la moitié du module cependant pitoyable de 1921, et que leur déficit par rapport à la normale dans les parties supérieures a été en général compris entre 70 et 80 % pour les 12 mois. Nous ne supposons guère une pareille indigence possible. Et en tout cas, nous n'avions point l'idée que les modules des cours d'eau à peine influencés par les neiges de l'Ouest et du Sud-Ouest pouvaient tomber à moins de 15 et même de 10 % de la normale.

Mais il faut nous rendre à l'évidence. Une lettre très solidement documentée et motivée de M. l'Ingénieur en chef G. Brousse, auquel nous avons demandé un examen critique des débits les plus impressionnants par leur faiblesse, inspire la conviction qu'on doit les admettre à peu de chose près. Certains d'entre eux, en particulier ceux de l'Aveyron, à Loubéjac, les plus prodigieusement minimales, semblent même avoir été calculés avec une pointe d'optimisme.

Or, ces calculs indiquent pour le débit moyen annuel en question 4,65 mc. dans le cours inférieur, contre 65 à 70 d'après une longue période. Aussi bien cette pénurie stupéfiante paraît confirmée par le fait que de Toulouse à Mas-d'Agenais, le module de la Garonne n'aurait gagné que 49 mc. dont, selon nos conjectures, 47 au plus pour le Tarn et le Lot réunis, au lieu de 410 à peu près en valeur normale, soit une proportion guère supérieure à 11 %. Comme les tronçons supérieurs de ces cours d'eau ont moins souffert à cause de l'altitude, il n'est pas invraisemblable que nos rivières de plaine occidentales, dans les zones où la rétention par le sous-sol est médiocre, soient tombées çà et là à des modules voisins de 5 % ou même de 3 % de la normale. C'était en somme presque l'assèchement et c'est à cause de cette faiblesse inouïe, encore plus qu'à cause de la déficience pyrénéenne, que la Garonne à Mas-d'Agenais a éprouvé une insuffisance de 0,78 à 0,80 %, contre à peu près 60 % vers Toulouse, et que pour la Loire à Montjean, le pourcentage du déficit a pu être analogue. Pour ce fleuve, il n'avait pas dépassé 70 %, chiffre énorme, en 1921. Et pour la Garonne, depuis 1832, les modules les plus faibles avaient été plus que doubles de celui de 1948-49. (265 mc. en 1832 et 276 mc. en 1945 contre 130).

²⁵ Certaines d'entre elles avaient déjà connu des modules inférieurs à ceux de 1921 dans la période 1942-1945. Par exemple la Loire à Bas-Enbasset a débité 20,3 mc. en 1945 contre 24,8 en 1921 (25,2 en 1947); et dans ces dernières années on a eu 14,1 et 14,7 sur l'Allier à Vieille-Brioude contre 20,1 en 1921, 19,5 en 1938; sur la Dore, à Giroux, 6,62 en 1947 contre 6,80 en 1921, 6,90 en 1934; la Dordogne à Argentat a fait 55,4 mc. en 1946 et 63,5 en 1945, contre 56,2 en 1921. La Luzège à Lappleau a donné 5,7 en 1942, soit à peine plus que le module de 1921 : 5,4. Le Tarn à Pinet a roulé 31,07 mc. en 1947, contre 35,25 en 1925, l'Agout à Clot, moins de 12 ou de 11 de 1945 à 48, contre 13,6 en 1925.

Dans les Pyrénées, l'année 1946 tout particulièrement a été catastrophique. Elle a battu tous les records connus de faiblesse sur l'Ariège à Esquirollet, sur le Gave d'Oloron à Oloron et sans doute à d'autres endroits. Sur la basse Loire, le plus faible module de 1942 à 48, a été presque le double de celui de 1921. Et la décroissance presque régulière de ces modules pour ce fleuve, de 1944 à 1948, avant le drame de 1949, semble fort bien traduire l'épuisement progressif des réserves souterraines.

Les 12 mois de 1948 et 1949 considérés ici ont donc bien éprouvé dans une très grande partie de la France, et peut-être partout en dehors des Grandes Alpes et du Sud-Est méditerranéen, une pénurie hydrologique sans précédent connu; et 2 ou même 3 fois plus grave que lors des années antérieures les plus défavorisées depuis 118 ans, au moins dans une moitié, sinon plus du pays.

Cependant, avant de cataloguer, d'entériner les chiffres commentés ci-dessus pour les déficits les plus saisissants de 1948-49, il faudrait pouvoir tirer au clair un problème épineux, celui de l'écoulement invisible qui pourrait, même en étiage, circuler dans les graviers et les sables du lit. Supposons que le débit de ce genre à Loubéjac, sous l'Aveyron, ait été en moyenne égal à 5 mc. (mais rien ne nous permet de dire avec certitude qu'il n'ait pas été de 200 ou de 500 litres, ou de 10 mc.), le module virtuel de l'année devrait être porté à 9,65 et non être 4,65. Mais le module normal ne devrait probablement pas être accru d'un chiffre très supérieur au débit souterrain de 1948-49. Par exemple, il faudrait l'accroître de 10 mc. au plus, et non faire plus que le doubler. Il deviendrait donc 77 mc. au lieu de 67 et non 140. Du coup, le rapport du module le plus faible à la normale passerait ici de 0,07 à plus de 0,12. Et de même rien ne prouve que les débits virtuels combinés du Tarn et du Lot ne passeraient pas ainsi de 47 à 60, 70 ou même 80 mc.; ceux de la Garonne à Mas-d'Agenais, de 130 à 150 ou 180 mc. Mais encore une fois nous n'avons à notre grand regret aucune connaissance, à plusieurs centaines pour cent près, sur les grandeurs des débits susceptibles de circuler à travers les graviers et les sables. Et nous proposons là un captivant et utile sujet d'études aux ingénieurs et aux géologues.

Nous nous hâtons d'ajouter que d'après M. l'Ingénieur en chef Brousse, les débits souterrains susceptibles de couler à Loubéjac ont toutes chances d'être trop modiques pour fausser gravement les conclusions fondées sur l'examen des débits visibles. Et cet écoulement caché n'a pu être qu'insignifiant aux stations très minutieusement suivies de Cajarc sur le Lot, de Sarrans sur la Truyère, de Pinet sur le Tarn. En ces trois points des barrages d'usine interdisent les fuites.

De toutes façons, il ressort que les débits visibles des rivières de plaine, ou même des émissaires pluvio-niveaux du Massif Central, dans les régions les plus affectées par la sécheresse, ont souffert presque d'assèchement, selon les moyennes de nombreux mois²⁶. Il faut insister ici sur un fait primordial encore plus manifeste pour une année particulière que pour un groupe d'années sèches. *Les rivières les moins abondantes par leurs débits spécifiques sont celles qui souffrent le plus des pénuries en pourcentage*, et qui risquent le plus de disparaître pour ainsi dire. Quelques chiffres théoriques montreront comment cela peut se faire.

Soit une rivière débitant normalement 1.000 millimètres de pluie, avec un déficit de 500 millimètres, ce qui signifie 1.500 millimètres de précipitations. Si la chute annuelle tombe à 900 millimètres, même en

²⁶ Et l'on verra plus loin que cet assèchement a été effectif à certaines stations lors des minima.

admettant un déficit plus que normal de 600 millimètres²⁷, il s'écoulera encore 300 millimètres (rapport de 0,30 avec la normale). Soit maintenant une rivière débitant, d'après les moyennes d'une longue période, 300 millimètres avec un déficit d'écoulement normal de 450 millimètres sur une lame d'eau atmosphérique de 750 mm. Et admettons pour une année une insuffisance pluviale identique en pourcentage à celle qui frappe l'autre cours d'eau mieux alimenté. La pluie égalera donc 750

900
millimètres $\times \frac{\quad}{1500}$, soit 450 millimètres. Et si le déficit, pour des causes

particulières, garde sa valeur normale, il n'y aura plus d'écoulement; s'il se réduit à 425 millimètres, l'écoulement sera de 25 millimètres, soit 8,35 % de la normale, et non 30 % comme dans le cas précédent, alors que la pénurie pluviale aura comporté le même pourcentage dans les deux bassins²⁸. Et ces raisonnements donnent à croire que maintes rivières françaises débitant moins de 12 ou de 10 lit./sec. par km² (13,5 à 14 pour l'Aveyron) doivent pouvoir tomber à un module visible voisin de 0 s'il se produit une sécheresse de 10 à 20 % plus marquée que celle de 1948-49; or, cette hypothèse nous semble très plausible et le calcul des probabilités ne l'infirmerait évidemment point.

D'après les indications qui précèdent, on ne s'étonnera pas que nous abandonnions l'hypothèse par nous émise, jusqu'à ces années dernières, et selon laquelle les rapports des modules extrêmes pour les rivières pluviales ou pluvio-nivales non méditerranéennes de l'Europe Occidentale ne pouvaient guère dépasser en un siècle 4 à 5. L'expérience de 1948-49 nous force à porter ces chiffres à des valeurs que nous jugions naguère applicables aux rivières espagnoles ou du Centre Nord-américain, mais pas aux cours d'eau français. Voici probablement 11 à 12 pour la Loire à Montjean, sans doute 7 à 8 sinon bien plus pour la Seine à Melun et à Paris, 7 à 10 pour la Vézère, le Taurion, l'Agout, la Creuse, l'Allier, la Truyère dans leurs cours supérieurs, et donc pour une foule de rivières voisines, un peu moins (5,5 à 7) pour la haute Dordogne plus richement alimentée, et plus à l'aval 15 sinon 17 pour les débits additionnés du Tarn et du Lot, 25 à 30, chiffre hallucinant, pour l'Aveyron à Loubéjac. Pour les rivières nivales et glaciaires, nos chiffres anciens relatifs aux rapports des modules extrêmes restent valables jusqu'à nouvel ordre (1,5 à 1,75 pour la seconde de ces espèces).

²⁷ En principe, le déficit devient moins fort quand la pluie diminue. Mais ce fait, vrai pour un groupe d'années assez long, peut être démenti dans une année particulière si, par exemple, l'été très chaud exerce un pouvoir évaporateur très considérable, ou si une fraction notable des précipitations tombant à la fin de l'année en question s'infiltré et ne s'écoule en majeure partie qu'é durant l'année suivante.

²⁸ On pourrait montrer de même et aussi en ajoutant l'argument capital de la stagnation du déficit d'écoulement annuel malgré l'accroissement des pluies, au delà d'un certain plafond, que, lors des années très pluvieuses les rivières normalement peu abondantes pour leur module spécifique s'accroissent beaucoup plus en pourcentage que ne le font les rivières normalement nourries avec richesse. Le rapport à la normale serait de 2,07 pour la Seine à Melun, de 2,44 pour la basse Loire, de 2,00 pour l'Aveyron, de 2,86 pour le Tage, de 2,36 pour le Douro inférieur; il ne dépasse que 1,50 à 1,75 pour une foule de rivières pluvionivales bien alimentées.

Enfin, en beaucoup de régions où les hydraulicités de 1948-49 ont été bien pires que celles de 1921, les pluviosités s'étaient montrées, on l'a vu, plutôt moins misérables durant l'année récente. Mais cette discordance n'a rien qui doive surprendre. 1921 a suivi 11 années dans l'ensemble excédentaires; par conséquent beaucoup de rivières ont pu, durant la sécheresse de ce millésime, lutter contre l'indigence grâce à des réserves souterraines bien garnies. Tout au moins ce renfort a joué pendant trois, six ou neuf mois par exemple, et cela a suffi pour empêcher un effondrement total des modules. Mais 1949 suivait 7 années sèches. Et quand les pluies sont devenues tout à fait lamentables, à partir d'octobre 1948, l'alimentation souterraine n'a pas joué, ou n'a exercé que d'une façon dès le début très imparfaite son rôle de soutien.

Déjà nous avons pu reconnaître, grâce aux observations publiées par Raulin, que la faiblesse célèbre²⁹ de la Garonne en 1832 a eu pour cause, outre la sécheresse prononcée de l'année en question jusqu'à septembre exclusivement, des déficits pluviaux très sensibles, en 1830 et en 1831, et une médiocrité déjà très grave en 1828 et mal compensée par la surabondance passagère de 1829.

3. Les minima minimorum.

Seule une étude approfondie pourrait préciser et commenter pour de nombreuses stations les débits minima minimorum observés lors des huit années sèches en question et notamment en 1948-49. Nous ne pouvons donner aucun chiffre pour la Seine.

Le Rhône n'a nulle part, semble-t-il, battu ses records d'indigence extrême observés en 1921 (il est d'ailleurs tombé au moins aussi bas à l'amont de la Saône en quelques autres années). Au confluent des deux rivières, on n'aurait pas eu moins de 270 mc. (moyenne journalière) en octobre 1949, contre 220 au plus, semble-t-il, en 1921. Au Teil le minimum correspondant, à savoir 428 mc., resterait très au-dessus de celui de 1921, qui a pu ne pas atteindre 350 mc. Les minima relativement effarants observés sur la basse Isère et la Durance inférieure, en 1921 ou en janvier 1922, à savoir 55 mc. à Beaumont-Montoux et 26 mc. à Mirabeau, contre jamais moins de 80 et de 43 mc. précédemment connus, n'ont pas été atteints ces années dernières. Il ne semble pas qu'on ait eu moins de 90 ou de 85 mc. sur la basse Isère. La Durance à Mirabeau serait tombée à 34 mc. en 1942 et à 32 en septembre de l'année suivante, soit à des valeurs exceptionnellement basses. Mais nous nous demandons si elles sont très sûres, tellement les calculs sont exposés à l'erreur en cet emplacement, par suite de la mobilité extrême du fond.

Par contre, nous sommes très heureusement fixés sur le minimum éprouvé par la basse Loire à Montjean, en août 1949, grâce à des jaugeages prescrits par M. l'Ingénieur en chef Gibert. Le débit est tombé à 45 mc., soit 0,415 lit./sec. par km², contre 67 mc. en 1921, 103 en 1929, 74 lors de la canicule de 1911. Donc, étiage historique. Et les jaugeages

²⁹ Mais nous rappelons qu'on a eu sur ce fleuve deux fois pire en octobre 1948 — sept. 49; et la même indigence moyenne en 1946.

faits en amont du confluent de la Maine semblent avoir révélé que cette rivière ne fournissait plus aucun débit superficiel, ce qui fait soupçonner que la Seine a peut-être été aussi appauvrie ou même annihilée qu'en 1921; et encore que certaines de nos grandes rivières de plaine, considérées par beaucoup comme honorablement résistantes aux sécheresses, peuvent à peu près se tarir.

Nous n'avons pas besoin de détails pour affirmer qu'une foule de cours d'eau de l'Ouest, du Centre et du Sud-Ouest se sont affaîssés à des minima précédemment inconnus et même, comme la Maine et d'autres, à rien du tout. M. Brousse nous précise qu'entre le 15 juillet et le 20 août, le Viaur et l'Aveyron ont été le plus souvent à sec, au moins à vue d'œil, à Laguëpie, lieu où ils confluent. Même remarque pour le Vioulou, affluent du Viaur, à Trébons. Et le Viaur lui-même, à Pont-de-Salars, n'a plus coulé pendant quelques jours.

Le Lot et surtout le Tarn ont mieux résisté à l'anémie grâce aux réserves souterraines emmagasinées dans les Causses. Pourtant, à eux deux réunis, ils n'ont peut-être pas roulé plus de 10 mc. lors de leur pénurie extrême d'août 1949, contre 22 à 24 mc. sans doute depuis un demi-siècle, et peut-être 10 à 15 en 1832. Lors de cette année célèbre, la Garonne, à Mas-d'Agenais, aurait déchu jusqu'à 37 mc., d'après Baumgarten, qui a opéré des jaugeages mémorables à partir de 1839 et a fait des calculs rétrospectifs. Il n'est pas sûr que ceux-ci aient sous-estimé l'étiage considéré de la Garonne et dans ce cas cette pénurie, lors de son paroxysme, aurait égalé celle de 1949 (minimum de 38 mc. en octobre, soit 0,73 lit./sec. par km², chiffre piteux pour un fleuve de régime complexe, où l'alimentation nivale, grâce aux Pyrénées, ne joue pas un rôle effacé).

Pour conclure sur ces minima absolus, nous risquerons prudemment l'idée que, tout en battant les records antérieurs de misère en de nombreuses régions, hors des Alpes, et peut-être des stations pyrénéennes les plus hautes, ils ont été en des postes assez nombreux relativement moins exceptionnels que les modules, sans doute à cause de l'état d'épuisement, déjà mis en évidence, où se trouvaient les réserves souterraines en octobre 1948. Et d'autre part, la connaissance des débits éventuellement capables de circuler dans les alluvions nous importerait encore plus pour l'appréciation des étiages extrêmes que pour celle des modules faibles ou infimes. Car là où le débit visible est très chétif et où l'écoulement souterrain existe, son rapport à l'écoulement apparent peut dépasser l'unité, et même atteindre l'infini si le dénominateur est zéro, comme ce fut le cas à Laguëpie sur l'Aveyron et le Viaur.

4. Faibles débits lors des mois de fonte.

Nous voudrions pouvoir encore signaler et expliquer et comparer en détail les hydraulicités particulièrement faibles de certains groupes de mois. Cette analyse nous entraînerait trop loin. Mais nous devons mettre ici en évidence un phénomène qui compte parmi les plus frappants de ceux qui ont caractérisé l'hydrologie française au cours des années en question. Si les cours d'eau glaciaires ont pu rouler durant les mois estivaux des débits honorables et même supérieurs aux valeurs

normales à cause des grandes chaleurs qui accompagnaient la sécheresse, les rivières simplement nivales, de type pur ou de transition, ayant reçu très peu de neige sur leurs bassins, ont débité des volumes liquides anormalement faibles, lors de plusieurs années, dès juin, moment où elles atteignent d'ordinaire leurs apogées. Il suffisait pour cela que les chaleurs eussent été considérables dès la fin d'avril ou mai. Ainsi, à partir du 10 ou du 15 juin, les réserves neigeuses de haute montagne, normalement encore abondantes à cette date, étaient en grande partie épuisées. Et les débits s'affaissaient à des valeurs qu'on aurait pu juger précédemment invraisemblables pour leur faiblesse en ce mois ou même en juillet.

C'est ainsi que sur le Drac au Sautet, les débits moyens de juin ont été de 23,4 mc. en 1942, 30,2 en 1943, 16,2 en 1944 contre une valeur normale de 69,5. Ceux de juillet pour les mêmes années furent 12,2, 14,1 et 18,8 mc. (et 16,2 en 1945) contre 40,9 pour une longue période.

Ou encore, pour la Durance à Mirabeau, les débits de juin ont fourni 183 mc. en 1942, 182,6 en 1943, 98 en 1944, 143 en 1945, contre une valeur normale de 318,4 en 1904-45. Et citons d'autres exemples applicables aux Pyrénées pour 1949, et qui dénotent des insuffisances marquantes à partir de mai. En ce mois et en juin, les débits moyens n'ont pas dépassé 47,5 et 44,6 sur la Garonne à Valentine, contre 114 et 117 pour les valeurs normales; ni 47,5 et 35,9 à Oloron contre 86 et 70,6. Mais, par hasard, 1949 avait connu des précipitations passables en mai. En 1945, les débits de mai et de juin furent 39 et 25 mc. à Oloron. La Pique supérieure, pour un bassin de haute altitude, a donné en 1945, 2,4 mc. en mai, 2,1 en juin, contre des valeurs normales de 4,8 et de 5,5. Et l'on pourrait multiplier les exemples de ce genre pour plusieurs années et quantité de rivières. En somme, sur les cours d'eau non glaciaires des Hautes Pyrénées et des Grandes Alpes, mai et juin, à plusieurs occasions n'ont pas apporté la pléthore hydrique dont on a l'habitude; et dès juillet beaucoup de rivières nivales tombaient à de véritables débits d'étiage.

Ces phénomènes semblent avoir dans l'ensemble accentué l'évolution déjà fréquemment notée dans les écrits de l'un d'entre nous, vers des régimes de moins en moins nivaux ou glaciaires dans les Alpes et les Pyrénées. Il nous paraît de plus en plus manifeste que depuis une soixantaine d'années, ou trois quarts de siècle, les débits d'août diminuent en valeurs relatives par rapport à ceux de juillet, ceux de juillet par rapport à ceux de juin, et ceux de juin par rapport à ceux de mai. Le fait semble très net sur la basse Isère pour juillet et août (moins pour juin par rapport à mai). Sur la basse Durance, c'est une véritable révolution. De 1892 à 1917, juin l'emporte par 27 mc. sur mai; seulement par 8 mc. en 1892-1930. Et de 1904 à 1945, la date du maximum a changé, mai dépasse juin de 23 mc. Pour la Garonne à Valentine, de 1899 à 1947, juin l'emporte de 3 mc. sur mai. En 1920-47 son avantage n'est plus que de 0,320 mc.

Sur le Rhône au Teil, apparaît une transformation peut-être plus radicale. Nos calculs anciens pour Valence indiquaient une prédominance assez nette de juin sur mai, puis de mai sur avril, entre 1877 et 1916. De 1877 à 1936 mai triompherait par 50 mc. sur juin qui dépasse avril. Entre Valence et Le Teil, les régimes peu nivaux des faibles affluents n'ont pu suffire à bouleverser l'hydrologie saisonnière constatée au confluent avec l'Isère. Or, de 1910 à 1947, on trouve à la seconde

station un maximum principal d'avril et plus d'eau en mars qu'en mai et juin. En 1920-47, il est vrai, juin reprend l'avantage avec 1.746 mc., mais est presque égalé par mars (1.743) et par novembre (1.740).

5. Les crues durant la période sèche récente.

Puisque notre étude s'applique essentiellement à la sécheresse, nous ne nous étendrons point sur les crues qui ont eu lieu en France de 1942 à 1949; comme de juste, dans l'ensemble, ces phénomènes ont été rares. Cependant, ils se sont multipliés comme lors des années à déluge, au cours de l'automne 1944, et surtout depuis novembre jusqu'à février suivant. On compta durant cette période assez brève quatre grandes crues du type océanique classique, dont certaines complexes, c'est-à-dire causées par plus d'une averse, à savoir vers les 10-12 novembre, puis dans les derniers jours du même mois, vers les 8-10 décembre et au début de février. Ces quatre intumescences furent considérables sur le Rhône en aval du confluent avec la Saône, et les deux premières d'entre elles s'approchèrent des records (6 m. 02 contre 6,25), à Lyon sur le Rhône supérieur³⁰. La seconde et la quatrième, très renforcées par la fonte des neiges, se montrèrent considérables dans le bassin de la Seine; et même à Paris celle de février se classe au troisième rang (6 m. 85) depuis 1802, après le maximum inoubliable de janvier 1910 (8 m. 62) et celui déjà très grave de janvier 1924 (7 m. 32). La Garonne eut en décembre une crue notable. La crise correspondante doit être la plus forte observée sur la Dordogne (10 m. 60 à Bergerac) après celle de janvier 1843 et devant celles de septembre 1866, mars 1876 et 1912, mais sans compter les cataclysmes de janvier 1728 et mars 1783, puis celui de 1843. Quant à la Loire à Montjean, elle dépassa 6 mètres en décembre puis en février, ce qui représente plus de 5.000 mc. (en outre plus de 5 mètres déjà en mars 1942 et janvier 1943).

Une autre crue océanique d'extension plus limitée, mais encore plus remarquable et bien plus dommageable, eut lieu en Alsace et surtout en Lorraine, à la fin de décembre 1947. Elle battit tous les records sur la Meurthe, la Moselle jusque vers Thionville (à Metz, 8,90 contre 7,20 pour le record antérieur), sur la Sarre et la Meuse, jusqu'au delà de Verdun³¹. Puis les 19 et 20 juin 1948, une assez forte crue de l'Isère et du Drac

³⁰ Cf. Pardé (M.), Les crues du Rhône de novembre 1944 à février 1945, dans les *Etudes Rhodaniennes*, vol. XXIII, 1948, fasc. 1-2, p. 69-76 (fait avec l'aide de M. de Labourdonnaie, ingénieur-hydraulicien).

³¹ Cf. Pardé (M.), Les pluies océaniques classiques dans l'est de la France et l'averse des 28 et 29 décembre 1947 en Lorraine et en Alsace, *Mémoires et Travaux de la Société hydrotechnique de France*, vol. II, 1948, p. 175-189, 8 fig. — Cf. *Rapport de la Commission d'étude technique des inondations de décembre 1947 dans les bassins de la Moselle et de la Meuse*, Nancy, Soc. d'impressions typographiques, 1949, in-8°, 125 p., 30 fig. pour la plupart hors texte, y compris de nombreux dépliants.

— Cf. Rothé (J.-P.), Les causes météorologiques des inondations de décembre 1947 dans le Nord-Est de la France. *Annales de Géographie*, LVII^e année, jt.-sept. 1948, p. 205-212, 2 fig.

donna environ 1.600 mc. au confluent des deux rivières contre plus de 2.300 en octobre 1928 et de 2.800 en mai 1856. Ce phénomène, peu remarquable par rapport aux maxima anciens, eut des conséquences déplorables à cause de l'exhaussement progressif du lit dans la cluse de Grenoble, depuis plusieurs dizaines d'années. Les digues furent rompues, à l'amont et à l'aval de Voreppe, la cluse puis le bassin de Moirans à Saint Quentin furent inondés, la voie ferrée Lyon-Grenoble fut emportée.

Enfin, nous mentionnerons des phénomènes hydrométéorologiques encore bien plus violents, mais très localisés. Le 12 octobre 1944, une averse fantastique apparentée au genre cévenol tomba sur quelques dizaines de km² au Nord et au Nord-Ouest de Pont-St-Esprit. Elle a pu précipiter jusqu'à 500 et même 700 mm. en certains points dans l'après-midi, de 14 à 20 heures. L'Ardèche s'émut à peine, mais les infimes ruisseaux de la zone sinistrée éprouvèrent des gonflements énormes et effectuèrent des actions extraordinaires de remblaiement et d'érosion³².

Une intempérie plus surprenante encore survenue dans une région non méditerranéenne jette un jour nouveau sur les possibilités de notre climat. Au barrage de Choldocogagna, près de Hendaye, les 8-9 octobre 1947, un orage bien plus localisé que l'averse susdite, mais aussi monstrueux en son centre paroxysmal, donna 645 millimètres en 24 heures (contre 763 pour toute la même année à Mont-de-Marsan) dont 450 en 4 heures durant la nuit du 8 au 9.

La puissance et la répétition des crues de novembre et de décembre 1944 ont suffi, malgré l'indigence des mois précédents, pour rendre les modules de cette année supérieurs à la normale, en de nombreuses rivières; par exemple pour le Lot, la haute Dordogne et beaucoup de leurs affluents, puis pour les cours d'eau jurassiens, peut-être pour la Saône et la Seine, et même pour le Rhône moyen à Serrières, mais point pour le Rhône inférieur, la Garonne, ni la Loire. Quant aux crues de février 1945, elles ont eu seulement pour effet général d'atténuer les déficits de 1945 sur maintes rivières pluviales et pluvio-nivales. Celles de la saison chaude 1948 ont été assez fortes dans les Alpes du Sud, pour que le module de la Durance à Mirabeau dépasse 200 ou même 210 mc., contre 190 mc. à peu près durant un demi-siècle.

CONCLUSIONS

A) Résumé des constatations.

On peut résumer les phénomènes que nous venons de décrire en mettant en lumière quelques faits essentiels.

1° La France vient de connaître de 1942 à 1949 une *période sèche d'une gravité toute particulière*, probablement non encore éprouvée depuis

³² Cf. Rousset (R.), Une averse méditerranéenne sur un village du Gard. *Les Etudes Rhodaniennes*, vol. XXI, 1946, p. 145-164, 10 fig.

l'origine des observations pluviométriques; et rien ne nous certifie au début de 1950 que cette déficience pluvieuse soit terminée.

2° La pénurie en question a comporté, dans le temps et dans l'espace, *des exceptions assez nombreuses*, applicables soit aux précipitations totales d'une année, soit à celles de certains groupes de mois, notamment de septembre à décembre 1944 et même à février 1945 dans une grande partie de notre pays. Mais, même lors des années les moins défavorisées, d'autres suites de mois ont reçu très peu de pluie. Et ces indigences ont eu lieu fréquemment, en particulier dans la saison où elles pouvaient être le plus néfastes à la maturation des foins et des légumes. Cependant, en six cas sur huit, et plusieurs fois au dernier moment, des précipitations opportunes ont sauvé la récolte des céréales, chance qui aurait fort bien pu ne pas se produire, sans que les totaux annuels changeassent. Et alors, notre approvisionnement en denrées alimentaires, déjà bien compromis par la sécheresse en question, eût pu devenir tout à fait misérable.

3° *L'année septembre-août ou octobre-septembre 1948-49* a été une des plus sèches que la France ait connues, depuis plus d'un siècle. Elle rivalise à ce point de vue avec 1921 qui pourtant semble conserver le record connu de pénurie pour 12 mois consécutifs dans la majeure partie de notre pays.

4° En raison de grandes chaleurs très fréquentes³³ et torrides, notamment à l'été de 1947, *la pénurie des débits durant l'ensemble de la période a encore plus exagéré celle des précipitations que cela ne se produit d'habitude lors des déficiences pluviales*. Celle-ci ayant atteint 10 à 20 % au plus pour des bassins entiers assez vastes, celle des débits sur les rivières pluvio-nivales ou pluviales a généralement marqué de 30 à 45 % et donc dépassé les chiffres que nous jugions possibles dans l'état actuel du climat en Europe Occidentale. Comme la neige exerce à ce point de vue un rôle régulateur, les rivières de haute montagne, malgré la très faible abondance relative des chutes nivales, ont bien moins souffert de la disette que les cours d'eau des régions basses ou d'altitudes moyennes. Et dans les bassins glaciaires, certaines des années très sèches en question ont connu des débits normaux ou surabondants, voire en Suisse, çà et là dans le bassin du Rhône, des records pour les modules.

5° *Durant l'année octobre-septembre ou novembre-octobre 1949*, les débits ont souffert à la fois de l'indigence pluviale extrême et de l'épuisement infligé aux réserves souterraines par les sécheresses des années précédentes. Dans les Alpes, les modules de 1921 conservent généralement les records de pauvreté. Mais *dans le Centre, le Sud-Ouest et l'Ouest de notre pays, les débits moyens annuels sont tombés à des valeurs presque incroyables pour leur faiblesse* : 0,30 à 0,10 de la normale pour maintes rivières pluviales ou pluvio-nivales aux bassins semi-montagneux, peut-être moins de 5 % ou de 3 % pour une foule de petits cours d'eau de plaine. En somme, l'événement a prouvé que dans des conditions climatologiques encore plus désavantageuses, sans

³³ Cf. Sanson (J.), La sécheresse et la chaleur du printemps et de l'été 1947, et leurs conséquences agricoles. *La Météorologie*, janvier-mai 1948, p. 40-56, 2 fig.

doute pas impossibles, même sans changement fondamental du climat, beaucoup de nos rivières non nivales pouvaient durant une année entière se réduire presque à rien pour leur débit, constatation vraiment sensationnelle et généralement inattendue en dehors de certaines régions méditerranéennes.

B) Fluctuations du climat et de l'hydraulicité. — Prévisions.

Ces remarques, qui découlent de l'examen des phénomènes, étaient faciles à formuler. Nous avouons par contre *un embarras presque total*, si l'on nous demande des conclusions relatives aux *oscillations dites périodiques* des pluies et des débits, c'est-à-dire si l'on attend de nous des prévisions au moins élémentaires.

1° En effet, sans vouloir résumer ici les études faites surtout depuis une cinquantaine d'années sur ces fluctuations, nous pouvons affirmer *que rien de sûr ni de très général* ne ressort desdites investigations. Ou bien les résultats en imposent à première vue, mais ils varient selon les régions explorées et selon les méthodes des calculs. Cette discordance suffit à nous inspirer une prudente réserve, qu'il ne faut point confondre avec une dénégation systématique.

2° Cependant, il nous paraît de plus en plus établi, d'après les relevés d'un siècle, ou un peu plus à certaines stations, que les années tendent à *se grouper en suites plus sèches ou plus riches en précipitations et en débits que lors de l'année dite normale*. D'ailleurs, il peut y avoir, semble-t-il, des mélanges confus d'années indigentes ou surabondantes. Ainsi la sécheresse de 1921 s'est intercalée dans une série humide et de même celle de 1938. Celle de 1948-49, au contraire, a couronné sept années maigres.

3° *Nous ne connaissons pas jusqu'à présent de faits généraux qui confirment la périodicité de 35 ans qu'avait cru trouver Brückner*. M. Paloque, dans son étude plus haut citée sur la sécheresse à Toulouse, estime avoir découvert « un cycle régulier de 37 à 38 ans, le double de la période lunaire, qui ramène alternativement chaque 18-19 ans des printemps secs et des printemps humides ». Mais même si cette conclusion, pour un siècle, est irréfutable, rien ne démontre sûrement qu'elle vaut pour les autres siècles récents, et qu'elle se vérifiera dans l'avenir.

L'un de nous, le plus habitué à manier les longues séries de relevés pluviométriques, estime, approuvé par l'autre auteur, que depuis un siècle, des périodes à prédominance d'années sèches ont succédé à des périodes avec prédominance d'années *pluvieuses selon une alternance de 40 à 45 années*, ceci tout au moins dans la région parisienne (cycle sec de 1857 à 1900 à peu près, cycle humide de 1901 à 1940 ou 1941, années maigres depuis lors). Mais même si ce phénomène obéit à une règle durable pour l'Europe, ou pour la partie occidentale de ce continent, il ne permet aucune prévision de débits pour une année donnée, car 12 mois très secs (on vient de le prouver) peuvent prendre place dans une période plutôt humide, et vice versa. Le second de nous deux se trouve, d'après les examens fréquents de débits (chiffres d'ailleurs point tous exempts d'erreurs sensibles), *plus attentif aux séries de courtes durées* (les sept vaches grasses ou les sept vaches maigres, si

l'on veut) qui peuvent d'ailleurs fort bien s'intégrer dans des périodicités superposées plus longues, si celles-ci ont lieu. Mais, se méfiant des idées préconçues trop satisfaisantes pour notre désir d'être prophètes, il n'a pas pu ne pas remarquer que selon les temps et les rivières, dont les oscillations d'ailleurs discordent souvent, par exemple de la Russie à la France, ces groupes d'années dignes d'être isolés pour la tendance générale excédentaire ou déficitaire de chacun, occupent d'ordinaire tantôt plus et tantôt moins de sept ans, et que leurs anomalies positives ou négatives varient énormément, comme leurs longueurs, d'un groupe à l'autre et sans aucune symétrie jusqu'à présent démontrée. Il ne prétend pas que certaines espèces de périodicités régulières, à certains points de vue, n'existent pas. Mais *elles restent pour lui, comme pour son collègue, encore insaisissables.*

4° Abordons maintenant une question très grave. La faiblesse de la pluviosité et de l'hydraulicité, depuis 1942, se traduit en Europe occidentale par des déficits bien supérieurs, comme on l'a vu, à ceux qu'on avait pris la coutume de croire possibles. Cela ne *prouve-t-il point que notre continent, de même que les autres, commencent à se dessécher*, donc que les prévisions utilisées jusqu'à ces dernières années pour les aménagements des rivières sont devenues rétrospectivement bien trop optimistes ?

Souvent, depuis quelque temps, nous avons ressenti cette angoisse. Mais nous ne pouvons répondre ni oui ni non. Impossible de nier avec assurance à moins de croire que les traits fondamentaux des climats européens sont fixés une fois pour toutes, ce que personne ne soutiendrait, puisque dans l'histoire de la Terre les traces de changements climatiques énormes apparaissent, pour ainsi dire, en toutes les régions géologiquement bien explorées. Et d'autre part, rien ne suggère que l'indigence pluviale actuelle soit le commencement d'une évolution profonde vers des conditions steppiques ou désertiques. En effet, rien ne nous prouve que des pénuries hydriques aussi virulentes ou encore plus aiguës n'ont pas eu lieu dans l'histoire depuis 2.000 ou 1.000, ou même depuis 500 ans. Ce n'est pas au Moyen Age ni au xvii^e siècle que le manque d'hydraulicité aurait pu donner lieu à des lamentations corroborées par des observations numériques et par des rapports dont nous pourrions faire état. Puis, malgré l'absence des chemins de fer et des camions, les populations, beaucoup moins nombreuses que de nos jours, pouvaient ne pas beaucoup plus souffrir que nous ne venons de le faire des déficits agricoles; ou bien, inversement, des disettes ou des pénuries ont pu avoir lieu sans pénuries pluviales excessives, faute des moyens de transport qui abondent de nos jours.

Bref, si des années particulières ou des groupes d'années ont connu des insuffisances en eau pires que celles des huit années récentes, même des recherches historiques géniales pourraient ne pas découvrir la preuve certaine de ces phénomènes. Et en tout cas, dans l'ordre quantitatif, on resterait sur eux dépourvus de bases.

Il se peut fort bien que le déficit de 1942-49 ne soit qu'une anomalie destinée à se reproduire, mais rare et dont l'intervalle moyen correspondrait à 300, 500, 1.000 ans; et encore qu'on ait vu dans l'ère chrétienne en France des conditions aussi fâcheuses ou encore plus dommageables pour l'hydraulicité. Il se peut aussi que le climat ait peu à peu plus

changé dans notre pays, depuis 1.000 ou 2.000 ans, que cela n'est communément admis, d'après les cultures. Une diminution de 15 à 20 % dans les chutes d'eau moyennes (disons plutôt de 150 ou de 200 millimètres par an) n'aurait peut-être point eu sur la végétation et les genres de vie, dans la plupart de nos régions, des conséquences absolument radicales. Et cependant, la continuation de ce phénomène aboutirait dans quelques milliers d'années à une métamorphose révolutionnaire dans le mauvais sens pour l'agriculture, l'habitat, la possibilité de vie des populations.

D'autre part, on convient le plus souvent que les transformations de ce genre sur notre planète ne peuvent être que très graduelles. Mais, après tout, qu'en sait-on ? Si cette lenteur a été depuis quelques milliers d'années la règle d'après nos faibles connaissances, qui nous autorise à affirmer qu'il n'y a point eu déjà, qu'il ne peut point survenir des évolutions brusques qui bouleverseraient les climats régionaux, dans un sens ou dans l'autre, en 5.000, 500 ou 50 ans, contre une durée d'évolution 10, 20, 1.000 fois plus longue lors de certains épisodes anciens ou futurs de l'histoire terrestre ?

Et de même, certaines constatations assez inquiétantes que nous faisons depuis une dizaine d'années, en étendant notre recherche, d'ailleurs superficielle, à d'autres pays que le nôtre, n'indiquent peut-être pas des faits encore non survenus sur terre depuis la fondation de Rome ou la construction des Grandes Pyramides. Nous voulons ici mentionner des indices concordants de sécheresses découverts avec plus ou moins de certitude dans ces derniers temps.

Si, aux Etats-Unis, les débits du Mississippi ³⁴, très amaigris dans l'ensemble de 1930 à 1942, semblent s'être beaucoup relevés depuis lors, ceux des rivières qui débouchent dans le Pacifique, puis ceux du Niagara ont nettement faibli dans l'ensemble depuis 60 à 70 ans, notamment d'un septième à peu près pour le Niagara et de plus encore pour la Columbia. Puis la sécheresse désertique gagnerait vers l'Ouest dans le bassin de la Volga depuis une dizaine ou une vingtaine d'années, après une surabondance sensible de 1912 à 1930, malgré quelques exceptions. Les précipitations moyennes auraient sensiblement décru, depuis environ un demi-siècle dans le Sud de Madagascar et dans l'Union Sud-africaine; les rivières argentines, Sud-brésiliennes, uruguayennes ont connu des pénuries jusqu'alors non observées ³⁵ depuis 1940 ou 1941, jusque vers 1944 ou 1945 (et nous ignorons quelle a été la pluviosité depuis lors, mais nous savons qu'elle a été déjà déficitaire de 1933 à 1939 pour tout le Parana en amont de Corrientes, quoique pas plus qu'en 1913-18 semble-t-il). Puis, maintes rivières espagnoles ont immensément souffert, comme les nôtres, depuis 1942 jusqu'à ces derniers mois. Il est vrai que de 1936 à 1941, le Tage inférieur a bénéficié d'un excédent moyen phénoménal (75 à 100 %, chiffres qui nous semblent encore impossibles en France, dans une moyenne de 6 ans) par rapport à la normale. En outre, maintes rivières italiennes ont été extrêmement faibles de 1942

³⁴ Le haut Mississippi à Keokuk, dans l'ensemble, a nettement décru depuis 72 ans.

³⁵ Mais l'examen rétrospectif ne s'étend ici qu'à peu de dizaines d'années, ce qui déconseille toute conclusion pessimiste bien nette.

à 1945 (ensuite on a constaté dans l'ensemble une amélioration) et des records d'indigence semblent avoir été récemment battus pour les modules à diverses stations de la péninsule, notamment sur l'Adige, le Pô, le Tibre à Rome. En Afrique du Nord la sécheresse paraît avoir été terrible de 1942 à 1945.

Et nous savons encore que les rivières finlandaises ont en général beaucoup, et même extraordinairement pâti en 1941 puis 1942 pour reprendre des débits normaux en 1943-45 (et nous ignorons ce qu'elles ont fait par la suite). Mais il n'est pas impossible que le hasard nous ait fait recueillir presque uniquement des données indicatrices de pénurie; et que dans d'autres régions de notre globe durant les mêmes années, l'hydraulicité ait été bonne ou même pléthorique ³⁶.

S'il n'en est rien, et si réellement, depuis 1942, sur l'ensemble des terres et des mers, les précipitations ont subi une décadence grave ³⁷ et si ce phénomène doit s'accroître encore sur une partie ou sur la totalité du globe, il ne conviendrait sans doute pas encore de conclure à la fatalité d'un dessèchement qui rendrait très difficile la vie de centaines de millions d'hommes. Nous le répétons, le fait n'est pas impossible. Mais rien ne nous interdit de supposer que des périodes de 50, 100 ou 500 ans comportant des anomalies climatiques impressionnantes de même sens, puissent être compensées par des oscillations inverses plus ou moins symétriques.

Au fond nous avons eu grand tort de trop vouloir préjuger des fluctuations climatiques et hydrologiques d'après quelques expériences d'ailleurs insuffisamment précises de 50, 100 ou au plus de 143 ans (moyennes des débits du Niémen à Smalininkai depuis 1812, du Mississippi à Vicksburg depuis 1817, du Rhin à Bâle depuis 1808 et du Pô à Ponte Lagoscuro depuis 1807). Nos descendants raisonneront mieux s'ils possèdent des chiffres suffisamment exacts pour quelques siècles ou quelques millénaires. Mais, même dans ce cas, ils risqueront des erreurs peut-être graves de pronostics, s'ils prétendent évaluer les oscillations futures des rivières d'après les phénomènes stables, ou instables, dominés ou non par une tendance qu'ils auraient observée d'après les relevés de 1.000 ou de 5.000 ans. Car ces durées sont infimes en valeur relative. Et la rapidité comme le sens possible des changements peuvent obéir à des règles ou à des absences de règles inconnues pour l'entendement malgré tout minuscule des hommes les plus géniaux ³⁸. Et cette incertitude qui pèse

³⁶ Le fait que dans les derniers millénaires la superficie marine n'ait pas décréu incite à douter d'une diminution moyenne sensible des pluies sur l'ensemble de notre globe, à moins que la température ne se soit abaissée sur les parties intertropicales des Océans.

³⁷ Il ne faut d'ailleurs jamais perdre de vue qu'une diminution des débits peut être causée, pour des précipitations peu ou point réduites, par une augmentation des températures (pour les rivières non glaciaires, bien entendu).

³⁸ Dans l'ordre pratique, absolument rien ne nous certifie que les débits vont ou ne vont pas diminuer très durablement chez nous. S'ils redeviennent plus favorables, on regrettera de n'avoir point poussé les équipements hydro-électriques aussi énergiquement que possible, en tenant compte des débits actuellement jugés comme normaux. En outre, les grands travaux sont en eux-mêmes une fin. Nous penchons donc vers la continuation diligente des aménagements pour l'hydroélectricité et en même temps pour le développement des installations thermiques.

sur la tendance fondamentale actuelle de notre climat, vers une pluviosité accrue ou réduite, soit lentement, soit rapidement et dans des proportions faibles, modérées ou considérables, suffirait à mettre les sires pusillanimes et peu modernes que nous sommes en garde contre la foi peut-être excessive et trop exclusive, fréquemment accordée de nos jours, dans certains milieux, à la prévision des débits par le calcul des probabilités. D'abord, nous ne sommes pas absolument sûrs que ce dernier moyen, même si l'on fonde les extrapolations sur des observations de base exactes et très prolongées, puisse être susceptible de nous indiquer les fréquences moyennes, selon le climat actuel, des débits extraordinaires, par excès ou par défaut, modules, moyennes mensuelles, crues, étiages. Car nous ne sommes pas certains que d'un siècle à l'autre les phénomènes peu exceptionnels d'après lesquels on calcule en porte à faux les extrêmes, connurent la même fréquence; et si celle-ci diffère on peut être amené à prévoir des maxima ou des minima plus ou moins dissemblables selon qu'on s'appuie sur les phénomènes relevés durant un siècle ou un demi-siècle donné ou pendant la période suivante d'égale durée. Même s'il y a ressemblance presque identique des bases respectives, au cours des siècles, ce que personne de nos jours ne peut encore certifier (ni nier à coup sûr), rien ne nous prouve que les répartitions, les fréquences de ces débits intègrent comme dans des germes toutes les possibilités, toutes les exceptions permises par les facteurs géophysiques aux rivières en question. Et qui sait si deux cours d'eau de régimes presque identiques pendant 99 ans et 364 jours sur 100 ans ne peuvent pas subir des écarts extrêmes très dissemblables ³⁹.

Une autre considération gênante pour le calcul des probabilités, c'est que sa vérification, en dehors de laquelle les grincheux de peu de foi comme nous conservons des réticences, demeurera à peu près impossible, tout au moins pour des phénomènes de fréquence très rares, même lorsque « nous » posséderons des relevés sûrs applicables à 1.000 ou à 5.000 ans. Admettons par exemple qu'en un millénaire le module de la basse Garonne soit tombé 5 fois au-dessous de 150 mc. Qui nous prouve, même si le fond du climat ne change point, que dans les mille années suivantes, en vertu des fluctuations mystérieuses déjà commentées, des pénuries analogues ne surviendront pas 6 ou 8 ou 10 fois, ou seulement 1 fois ? Certes, on peut nous répondre que contredire d'après l'expérience de 1.000 ou de 5.000 ans des fréquences de ce genre calculées au moyen de telle ou telle formule serait aussi de la présomption. D'accord, comme l'on dit maintenant. Si nous déduisons de notre formule que la Loire à Montjean tombera au-dessous de 150 mc. pour son module, une fois tous les 1.000 ans, et qu'après 2.000 ans, nous ne l'ayons encore point vue commettre une seule fois cette mathématique incartade, l'ombre de Gauss ou celle de Galton peuvent fort bien nous avertir de la sorte : « Attendez, Jeunes gens ! Durant le millénaire prochain, nous qui sommes dans les secrets voulons bien vous le dire, votre Loire connaîtra 3 modules

³⁹ Il est vrai que cette dissemblance risque beaucoup plus de se manifester pour les crues extraordinaires que lors des étiages, et des années de pénurie. Mais même à ces derniers égards, ne peut-il pas y avoir des discordances particulières graves entre des rivières semblables presque pour tous les autres éléments de leurs régimes ?

inférieurs à 150 mc. et dans le total de 1.000 ou de 100.000 ans, pour peu que vous renonciez à l'impatience coupable, sœur de votre scepticisme, vous constaterez qu'effectivement le module s'est abaissé au-dessous du chiffre susdit, une fois tous les 1.000 ans en moyenne. » Même si la chose est d'après les conditions climatiques de l'ère chrétienne virtuellement appelée à recevoir confirmation⁴⁰, même si les grands mathématiciens nous offrent la méthode infaillible pour prévoir les fréquences moyennes de tous les événements hydrologiques extraordinaires⁴¹, le fait que dans un temps prolongé ces phénomènes puissent manquer ou au contraire se répéter coup sur coup, bref leurs intervalles successifs souvent très inégaux (là-dessus, hélas, on doit nous croire sur parole et, nous pourrions multiplier les preuves) lesdits inconvénients, donc, compromettraient en partie l'utilisation pratique des calculs.

Et enfin, il reste la possibilité que les éléments fonciers du climat changent et que certaines fréquences même miraculeusement vraies, dans l'abstrait peut-on dire, durant 1.000 ou 5.000 ans, cessent d'avoir force de loi, ce qui rendrait une vérification encore plus chimérique ou les constatations plus dépourvues de valeur approbatrice ou dénégatrice.

Sous ces réserves, à vrai dire assez graves (quoique point forcément négatives), le calcul des probabilités, basé sur les modules déjà observés depuis 30 à 60 ans sur la Garonne, la Truyère, l'Aveyron, la Dordogne, etc..., aurait pu certainement il y a quelques années nous inspirer la quasi-certitude que les débits moyens annuels pouvaient tomber bien au-dessous des chiffres de 1921 ou de 1925. Et cela devait suffire pour légitimer l'emploi prudent de ces méthodes, avec indications volontairement point trop précises ni affirmatives, sur les fréquences de modules tels que ceux d'octobre 1948-sept. 1949. Et de toutes façons, les Mathématiques appelées au secours de l'Hydrologie fluviale, comme de la Climatologie, ne peuvent que rendre des services, à condition d'être maniées par des praticiens qui n'oublient point les phénomènes eux-mêmes, ni leurs causes, à force de les mettre en équations. En cela, comme dans les autres branches de la Géophysique, la compétence, fruit de l'*improbis labor*, demeure à mon humble avis indispensable à qui veut disserter sur les climats et sur les rivières, et elle ne s'obtient guère en six mois, ni même en six ans.

⁴⁰ Encore risque-t-on de se heurter à l'écueil suivant : Selon toutes chances les phénomènes les plus exceptionnels, dans le sens positif ou négatif, par rapport aux valeurs normales, ne comportent pas des possibilités sans limites, pourvu que l'on calcule pour eux des intervalles moyens suffisants. Pour chaque rivière, il doit y avoir des extrêmes absolus infranchissables, des asymptotes ; et la probabilité que pour certains cours d'eau de nos pays le module le plus bas à craindre est peut-être zéro, ou même plus, n'infirmé point cette conclusion pour les autres ni pour les crues. Quels coefficients faut-il donc introduire dans les formules, pour prévoir ces limites surtout dans le sens positif ou pour les indigences des rivières normalement riches pour leur module spécifique.

⁴¹ Encore conviendrait-il (et qui peut conclure avec certitude sur ce point ?) que les disciples, les utilisateurs aient bien interprété la pensée complète des maîtres géniaux d'autrefois ou de maintenant.

Mais pour qui veut bien se donner la peine d'observer, de mesurer, d'étudier, de lire, de comparer, de critiquer, d'expliquer, de comprendre, d'apprendre et de savoir, les Mathématiques sont de toutes manières un langage (certains ont peine à s'exprimer autrement), puis un moyen précieux d'interprétation et d'utilisation, et enfin, dans une mesure peut-être large quoique non illimitée (et encore pas très bien connue), un instrument supplémentaire de découverte et de prophétie.

Joseph SANSON,

Vice-Directeur de la Météorologie Nationale Française,

et Maurice PARDÉ,

*Professeur à l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique
et à l'Institut de Géographie Alpine.*

NOTA. — Débits moyens mensuels et annuels pondérés pour l'ensemble des régions françaises grosses productrices d'hydroélectricité. Ces chiffres, donnés en pourcentages par rapport aux débits moyens normaux = 100, ont été établis par l'*Electricité de France*. On a donné à chacune des moyennes calculées respectivement pour le Massif Central, les Pyrénées, les Alpes, un coefficient proportionnel au degré d'équipement par rapport à l'équipement total. Les chiffres sont provisoires pour 1949. Les hydraulicités de cette année seraient sans doute encore plus inférieures à celles de 1921, si les calculs avaient été étendus aux rivières non productrices d'électricité.

Tableau communiqué par M. A. Genthial, Contrôleur général à la Direction de l'Electricité de France.

Année	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyen.
1919	117	142	143	158	177	182	118	73	52	60	109	136	122
1920	132	69	113	131	178	124	121	69	74	110	66	63	103
1921	59	49	39	53	121	97	69	62	58	32	29	30	58
1922	63	91	88	217	195	169	107	82	88	69	109	68	112
1923	76	100	136	123	147	122	119	65	52	76	114	142	106
1924	106	54	80	118	169	136	96	76	75	73	79	58	93
1925	45	58	50	94	139	132	91	86	60	47	73	91	81
1926	100	142	78	129	171	210	150	87	57	68	144	65	117
1927	60	56	163	139	154	151	132	115	126	63	75	87	110
1928	81	124	78	142	136	174	107	69	61	95	141	83	108
1929	57	49	56	69	119	157	80	64	47	58	80	103	78
1930	125	71	137	120	172	224	161	100	68	126	142	96	129
1931	109	35	162	96	155	157	100	114	113	58	94	69	109
1932	68	5	63	114	176	165	169	81	66	89	65	85	98
1933	43	68	88	67	96	111	99	60	60	100	94	53	78
1934	71	43	121	130	144	118	76	69	52	45	72	106	87
1935	72	101	119	140	133	184	109	78	63	96	135	181	118
1936	174	155	92	135	161	192	183	99	75	52	70	53	120
1937	58	149	146	140	162	200	108	67	65	88	74	97	113
1938	82	71	59	54	70	125	91	64	63	60	62	68	72
1939	128	68	75	129	121	162	118	83	53	92	134	95	105
1940	57	93	91	112	154	152	155	76	86	90	112	97	106
1941	120	138	119	119	144	233	150	101	57	46	79	50	113
1942	52	60	125	95	101	105	71	58	60	57	67	49	75
1943	94	75	60	76	96	93	68	61	75	66	76	94	78
1944	52	55	57	92	74	69	72	67	77	108	183	168	90
1945	62	140	73	91	112	113	79	63	53	39	48	71	79
1946	52	81	68	84	101	144	100	66	67	35	37	57	74
1947	71	67	144	122	130	103	77	56	42	37	54	63	81
1948	132	88	59	81	150	146	99	89	86	42	42	39	88
1949	41	28	40	62	79	105	54	46	41	38	73	75	57

APPENDICE

D'après un questionnaire adressé, après la rédaction de ce mémoire, à un spécialiste étranger des écoulements souterrains, les débits susceptibles de passer dans les alluvions ne pourraient être dans la plupart des cas ici envisagés que médiocres et même insignifiants par rapport aux débits visibles considérés ci-dessus.