

## Le régime et les crues du Rhône

In: Annales de Géographie. 1925, t. 34, n°191. pp. 454-461.

---

Citer ce document / Cite this document :

Cholley André. Le régime et les crues du Rhône. In: Annales de Géographie. 1925, t. 34, n°191. pp. 454-461.

doi : 10.3406/geo.1925.8365

[http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo\\_0003-4010\\_1925\\_num\\_34\\_191\\_8365](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1925_num_34_191_8365)

---

réservoirs de houille blanche. La nécessité de les élucider a puissamment contribué aux progrès de la Limnologie. Ce sont ces progrès, enregistrés dans le beau livre de L. W. COLLET, qui en font la valeur et l'originalité.

EMM. DE MARTONNE.

## LE RÉGIME ET LES CRUES DU RHONE

D'APRÈS M. PARDÉ

MAURICE PARDÉ, *Le régime du Rhône; Étude hydrologique*. Thèse pour le Doctorat, présentée à la Faculté des Lettres de l'Université de Grenoble. Imp. Allier, 1925, 2 vol. in-8°, xiv + 887 et 440 pages; 259 tableaux, 117 figures, annexe bibliographique de 206 numéros. (Se trouve dans le commerce comme publication de l'Institut des Études rhodaniennes de l'Université de Lyon, à la Librairie Paul Masson, place des Jacobins, à Lyon, et à la Faculté des Lettres, 15, quai Claude-Bernard.) Id., *Le calcul des débits du Rhône et de ses affluents*. Thèse complémentaire; 1 vol. in-8°, 168 pages. Grenoble, Allier.

L'hydrologie française s'est enrichie récemment d'une monographie importante dont on ne saurait trop souligner l'intérêt. Elle vient à son heure, puisqu'on discute encore sur l'aménagement du Rhône. Elle sera particulièrement appréciée des géographes qu'elle mettra au courant des dernières méthodes hydrologiques.

On comprend que le sujet ait passionné M<sup>r</sup> PARDÉ, tant le régime du Rhône offre de variété et de complexité, conséquence logique, du reste, des caractères spéciaux que le bassin rhodanien présente au point de vue du relief et du climat. Le relief est remarquable par son importance d'abord, puis par sa disposition. C'est à un véritable carrefour de montagnes, où les plaines sont rares et morcelées, que se développent le fleuve et ses affluents. En amont de Lyon, le Rhône est profondément engagé dans la masse des Alpes, des Préalpes et du Jura. A Lyon, il semble se dégager définitivement des montagnes et il recueille la Saône, rivière de plaine. Mais, pour gagner la mer, c'est dans un sillon inégalement dessiné entre deux zones montagneuses : les Alpes à gauche, le rebord oriental du Massif Central à droite, qu'il fraye son chemin. Les affluents qu'il y reçoit entretiennent ou ravivent jusqu'à la plaine de son delta l'influence de la montagne.

Il en résulte pour le fleuve des traits particuliers : c'est un fleuve *rapide* à cause de la pente inégale et forte<sup>1</sup>; c'est un fleuve *abondant* parce

1. Le tableau suivant le montre suffisamment :

	Distance km.	Pente kilométrique m.
De Genève au Parc . . . . .	51,67	2,143
Du Parc au pont d'Evieu . . . . .	67,3	0,858
Du pont d'Evieu au confluent de l'Ain . . . . .	56,9	0,298
Du confluent de l'Ain à Lyon . . . . .	34,5	0,80
Du confluent de la Saône au pont d'Andance . . . . .	68,6	0,48
Du pont d'Andance au pont de la Voulte (en aval de Valence) . . . . .	41,2	0,57
Du pont de la Voulte à Pont Saint-Esprit . . . . .	64,3	0,80
De Pont Saint-Esprit à Avignon . . . . .	49,8	0,483
D'Avignon à la Durance . . . . .	6,15	0,357
Du confluent de la Durance à Arles . . . . .	31,9	0,27
D'Arles à la mer . . . . .	48	0,04

que les régions élevées condensent davantage de précipitations<sup>1</sup>; enfin la part qui revient à l'alimentation nivale et glaciaire est considérable, à côté d'une importante alimentation fluviale.

Les conditions climatiques ne sont pas la moindre cause de la variété et de la complexité du régime, le bassin s'étendant dans une zone où se heurtent trois régimes pluviométriques : océanique, méditerranéen, continental. Les phénomènes hydrologiques rhodaniens sont d'autant plus complexes que, d'une part, cette alimentation pluviale, à formes diverses, se superpose à l'influence nivale et que, d'autre part, chacun de ces modes d'alimentation n'a pas son domaine nettement délimité : l'influence nivale, par exemple, se faisant sentir par l'Isère après le confluent de la Saône, rivière pluviale océanique, et par la Durance en pleine zone méditerranéenne. Il faut donc s'attendre à trouver dans le régime « une complexité changeante et accrue à chaque confluence ». D'où aussi la nécessité de fragmenter l'étude de ce régime par sections.

1° *Le Rhône suisse et le Léman* (260 km. 62). — Le Rhône suisse est le Rhône alpestre (58 p. 100 de son bassin se trouvent au-dessus de 2 100 m. et les glaciers couvrent 1/3 de la superficie). 60 à 70 p. 100 des précipitations ont lieu sous forme solide : le régime est donc glaciaire et nival. A la Porte du Scex la courbe des débits indique des hautes eaux de saison chaude et des basses eaux de saison froide : le maximum principal de juillet décele l'influence glaciaire, mais la prépondérance des débits de juin sur ceux d'août souligne l'influence nivale. Les étiages concordent avec la période des basses eaux, les crues avec celle des hautes eaux. Ce régime nivo-glaciaire est à la fois régulier par la constance des hautes eaux et des basses eaux et excessif par l'écart considérable qu'elles présentent. L'abondance des troubles achève de caractériser ce régime alpestre. Dans le Léman, le fleuve s'épure. En outre, l'étendue du lac et la manœuvre du barrage construit à Genève de 1883 à 1890 ont pour effet d'atténuer les écarts, d'accroître la gravité des étiages de l'automne et les débits de l'hiver. Bref le Rhône en sort plus abondant et plus régulier.

2° *Le Rhône supérieur* (209 km.). — De Genève à Lyon, on enregistre une première modification importante : purement nival jusqu'alors, le régime du Rhône se teinte de plus en plus d'influence pluviale. Le rôle des petits affluents préalpins et jurassiens et de l'Ain est, à cet égard, plus décisif que celui de l'Arve qui reste à Genève, à cause de son origine, une rivière glaciaire et nivale marquant seulement une légère recrudescence de

1. Tableau des modules (débits moyens annuels) M; des débits relatifs moyens par km<sup>2</sup> D; des débits caractéristiques (6 mois) D'; et du débit sur lequel on peut compter pendant 9 mois D".

	M	D	D'	D"
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
La Plaine (aval de Genève) . . . . .	322	31,3	272	190
Lyon . . . . .	567	27,6	510	
Givors (en aval confluent de la Saône) . .	967	19,1	780	560
Valence . . . . .	1325	20,1	1150	815
Beaucaire . . . . .	1669	17,5	1460	

« Par son module annuel, dit M<sup>r</sup> PARDÉ, le Rhône égale, s'il ne les dépasse pas, la Loire et la Garonne réunies; il rivalise avec le Pô (1700 m<sup>3</sup>) et ne paraît pas chétif à côté du Rhin (2200 m<sup>3</sup>). Par sa puissance relative, notre fleuve, inférieur au grand cours d'eau italien, l'emporte sur tous les autres fleuves d'Europe, y compris le Rhin. »

saison froide due à quelques crues océaniques (les principales crues ayant toujours lieu en été). Les affluents préalpains (Fier, Canal de Savières, Guiers) ont un régime plus compliqué, à quatre périodes (au lieu de deux dans le régime alpestre) : hautes eaux nivales de printemps, baisse à partir de juillet, maximum secondaire très accusé du début de la saison froide dû à d'importantes pluies océaniques, minimum secondaire de saison froide (janvier) rappelant le minimum principal des rivières alpestres. Avec l'Ain issu de la montagne jurassienne moins enneigée que les Préalpes, les débits de saison froide sont encore renforcés, ceux de printemps s'atténuant : les hautes eaux de décembre atteignent ou dépassent souvent celles de printemps. Les étiages de la fin de l'été s'y creusent davantage ( $3 \text{ m}^3 \text{ 4}$  soit 1, 2 litre sec. par  $\text{km}^2$ ); et les crues d'hiver sont maintenant de beaucoup les plus nombreuses et les plus fortes. Le régime se rapproche ainsi du régime séquanien.

Le Rhône enregistre à Lyon ce compromis entre l'influence nivale et l'influence pluviale océanique. La courbe des débits moyens rappelle encore celle du Rhône alpestre (hautes eaux de saison chaude, basses eaux de saison froide), tant est grande l'influence nivo-glaciaire. Cependant, à côté de cette influence glaciaire prépondérante, l'influence pluviale se fait sentir nettement et apporte une irrégularité que ne connaissait pas le Rhône alpestre. Au lieu de coïncider avec les hautes eaux de saison chaude, les crues se manifestent principalement d'octobre à mars (66 p. 100), avec les pluies océaniques. Elles peuvent être très puissantes<sup>2</sup>; elles ont une allure nettement torrentielle à cause de la pente qui est forte (elles se développent en 24 ou 36 heures). Ces pulsations soudaines alternent avec des étiages assez profonds<sup>3</sup>. Ainsi s'oppose l'irrégularité des eaux pluviales de saison froide à la constance des débits nivo-glaciaires de saison chaude. La courbe du régime moyen à Lyon cache donc une grande complexité. L'année hydrologique s'y divise en fait en 4 ou 5 périodes : hautes eaux nivo-glaciaires de juin à août, avec maximum principal de juillet<sup>4</sup> — basses eaux de septembre-octobre dues à la pénurie préalpine et au barrage de Genève — période d'agitation de la fin de l'automne (25 décembre-21 janvier) marquée par la succession de crues plus ou moins importantes et d'étiages causés par le froid — basses eaux de janvier-février dues au froid. Si l'alimentation pluviale de saison froide complique le régime et crée une évidente irrégularité, en se combinant avec l'influence nivo-glaciaire, elle contribue à constituer un régime compensé qui fait du Rhône à Lyon un fleuve puissant et de belle allure.

3° *Le Rhône moyen* (entre Lyon et le confluent de l'Érieux, soit 126 km. 500). — Le fleuve reçoit dans cette partie : la Saône, rivière de plaine au régime séquanien, l'Isère, rivière alpestre, et des affluents venus de la bordure orientale du Massif Central : Gier, Cance, Doux, Erieux, où se marque déjà l'action des pluies méditerranéennes. L'influence

1. Le module de l'Arve est de  $83 \text{ m}^3$ , celui des rivières préalpines et jurassiennes de  $113$  à  $120 \text{ m}^3$ , celui de l'Ain de  $132 \text{ m}^3$ .

2. Celle de décembre 1918 a atteint 5 m. 90 au Pont Morand, soit  $4193 \text{ m}^3$ .

3. Celui de décembre 1921 a été de  $141 \text{ m}^3$ , soit 6,8 lit. sec. par  $\text{km}^2$ .

4. De juin à août le module varie de  $642 \text{ m}^3$  à  $714 \text{ m}^3$ .

pluviale se développe donc, et se diversifie tandis que l'influence glaciaire réapparaît un instant. On peut s'attendre à voir le régime devenir de plus en plus complexe et compensé. Deux affluents ont à cet égard une action primordiale : la Saône et l'Isère<sup>1</sup>.

A tous les points de vue la Saône est une exception dans le bassin rhodanien. C'est la seule rivière de plaine : sa pente est très faible<sup>2</sup>, d'où une allure lente (les gonflements de crues ordinaires durent de dix-huit à vingt jours) qui donne une impression de régularité qu'on a eu tort d'appliquer au régime. Celui-ci est en réalité assez irrégulier, la Saône étant soumise à une alimentation à peu près uniquement fluviale. Le coefficient d'écoulement y est en effet essentiellement variable : il est élevé quand les précipitations sont abondantes, la pente forte, la température médiocre, le terrain déjà saturé ou imperméable. Il en résulte d'abord que l'été, saison des plus fortes précipitations mais aussi de la température la plus élevée, est la saison des basses eaux, l'hiver, au contraire, celle des hautes eaux (à l'inverse du régime alpestre). D'autre part, les conditions de l'écoulement étant très inégales, les mêmes pluies peuvent ne pas donner le même flot ; d'où une grande inégalité dans le régime. En été, la rivière est exposée à des étiages « faméliques »<sup>3</sup> ; en hiver, les hautes eaux moyennes (maximum de février) sont la résultante d'une succession de crues plus ou moins puissantes provoquées par les pluies océaniques. Les crues sont donc ici l'élément essentiel du régime, d'où son irrégularité<sup>4</sup>.

L'Isère est une rivière alpestre dont le régime nivo-glaciaire initial subit la même dégradation que celui de l'Arve, sous l'influence des pluies océaniques de saison froide et aussi de quelques averses méditerranéennes ; le régime nival restant prépondérant, la rivière, une des mieux alimentées de France (30, 5 litres sec. par km<sup>2</sup>), apporte au Rhône des hautes eaux de saison chaude et son débit reste relativement élevé en saison froide ; étant donné sa forte pente, elle amène aussi au Rhône d'abondantes matières solides<sup>5</sup>.

A Givors, après le confluent de la Saône, l'évolution qui avait été amorcée dans le Rhône supérieur s'achève. Les influences pluviales océaniques l'emportent maintenant : supériorité des débits moyens de la saison froide (octobre-avril) qui contient les deux maxima, celui (principal) de mars et celui (secondaire) de décembre ; étiages de fin d'été et de début d'automne accentués à cause des pénuries importantes de la Saône à cette saison ; avantage beaucoup plus marqué enfin des crues de saison froide. Cependant l'influence nivo-glaciaire du Rhône supérieur maintient des débits respectables de saison chaude<sup>6</sup>.

1. Le module de la Saône est à Lyon de 400 m<sup>3</sup> soit 13 lit. sec. 4 par km<sup>2</sup>, celui de l'Isère, au confluent, de 250 m<sup>3</sup> soit 30 lit. sec. par km<sup>2</sup>.

2. De la source à Jonvelle (61 km.) la pente kilométrique est de 1 m. 06 ; de Jonvelle à Port-sur-Saône (52 km.) de 0 m. 37. De Port-sur-Saône à Gray (63 km.) de 0 m. 26. De Gray à Verdun (115 km 5) de 0 m. 14. De Verdun à Saint-Bernard (132 km. 5) de 0 m. 04. De Saint-Bernard à Lyon (35 km. de 0 m. 25.

3. Son débit peut tomber à 22 m<sup>3</sup> soit 0 l. 67 à 0 l. 75 sec. par km<sup>2</sup>.

4. Il n'est pas rare de voir pendant quelques jours du mois des plus hautes eaux (février) la Saône déborder 100 à 150 m<sup>3</sup> puis passer pendant 8 ou 15 jours à plus de 1000 m<sup>3</sup>.

5. M<sup>r</sup> Pardé estime son apport annuel de troubles à 30-35 millions de tonnes.

6. Ils ne sont inférieurs en mai, juin, juillet que de 1/10<sup>e</sup> à ceux des mois précédents de saison froide.

La victoire remportée par l'influence pluviale océanique de la Saône ne peut cependant pas se développer aux dépens de l'influence nivale ; le Rhône retrouve avec l'Isère des eaux nivo-glaciaires abondantes qui ramènent en mai-juin le maximum principal. En même temps, une influence pluviale nouvelle (méditerranéenne) commence à se manifester ; en se combinant avec l'héritage d'influence océanique de la Saône, elle complique davantage le régime, et fait du fleuve un organisme plus compensé encore, caractères qu'il va garder jusqu'à l'embouchure. La tenue du fleuve à Valence est à cet égard caractéristique. L'écart entre les hautes et les basses eaux moyennes qui était de 1, 6 à Lyon tombe à 1, 5. Le régime est à ce point compensé qu'on ne peut plus dire que la saison chaude soit celle des plus hautes eaux, ni la saison froide celle des basses eaux. Le fleuve y gagne en puissance et en beauté <sup>1</sup>. Mais cette remarquable tenue moyenne cache une complexité de vie hydrologique accrue du fait du développement des influences pluviales. Les crues océaniques continuent de déterminer les oscillations assez importantes du débit dans la saison froide, mais elles sont maintenant plus amorties, puisqu'elles s'éloignent de leur zone de formation (zone des pluies océaniques). Par contre, les crues produites par les averses méditerranéennes d'automne commencent à apporter un élément de trouble nouveau qui atteindra son effet maximum dans la section suivante. L'irrégularité du régime, en saison froide surtout, en est d'autant accrue <sup>2</sup>.

4° *Le Rhône inférieur* (204 km. 5). — Le régime du Rhône connaît ici sa dernière complication provenant du climat méditerranéen. Étant donné les caractères de ce climat <sup>3</sup>, on pourrait s'attendre à voir se creuser dans le débit du fleuve un profond minimum d'été et ressortir deux maxima (octobre-novembre, mars-avril). Mais les courbes de débit à Avignon ou à Beaucaire montrent que cette influence méditerranéenne ne modifie pas l'allure générale du régime moyen, elle ne bouleverse que le régime des crues, mais d'une façon radicale, ce qui complique encore la vie hydrologique du fleuve. Le Rhône en effet ne s'enfonce pas profondément dans la zone méditerranéenne ; et quand il y pénètre il est solidement organisé à la suite de toutes les combinaisons réalisées antérieurement. L'influence méditerranéenne n'est donc pas assez puissante <sup>4</sup> pour modifier complètement la tenue générale du fleuve ; elle ne fait qu'ajouter une complication

1. Le module s'élève à 1325 m<sup>3</sup> soit 20 lit. se<sup>3</sup> par km<sup>3</sup> de débit relatif moyen.

2. Le rapport entre le maximum et le minimum absolu (200 m<sup>3</sup> en 1921 et 8660 en 1918) est de 43, 2 au lieu de 40 à Givors. Un autre fait souligne l'accroissement d'irrégularité : ce sont les variations du maximum d'une période à l'autre suivant les caprices du régime pluviométrique et la variabilité du coefficient d'écoulement. De 1847 à 1856 on note un puissant maximum en juin et un maximum secondaire d'octobre ; de 1857 à 1866 un maximum principal d'avril et un maximum secondaire de juin. De 1867 à 1876 un maximum principal de mars et un maximum secondaire de juin. De 1877 à 1886 un puissant maximum de juin et un maximum encore très fort en décembre. De 1887 à 1896 un maximum de juin et une recrudescence très forte en novembre. De 1897 à 1906 un maximum d'avril, pas de recrudescence en automne. De 1907 à 1916 un maximum de décembre, et un autre très fort en mars.

3. Pénurie d'été (minimum pluviométrique de juillet) — fortes averses d'automne déterminant le maximum pluviométrique principal — maximum secondaire d'avril-mai. Forte action de la température qui diminue la valeur du coefficient d'écoulement une bonne partie de l'année.

4. Module de l'Ardèche au confluent avec le Rhône : 50 m<sup>3</sup> environ ; de l'Erieux : 15 m<sup>3</sup> ; du Gardon : 35 m<sup>3</sup> ; de la Drôme : 20 m<sup>3</sup> ; de la Duranco : 110 m<sup>3</sup> à 150 m<sup>3</sup>, c'est-à-dire un débit à peine plus grand que celui de l'Ain qui draine un bassin quatre fois plus petit.

de plus. La courbe des débits moyens à Beaucaire ne présente ainsi pas de différence fondamentale ni avec celle de Valence, ni même avec celle de Givors : hautes eaux de mars à juin, — dépression brusque d'août-septembre, recrudescence rapide de novembre-décembre, — minimum relatif de janvier. De mars à juin la majeure partie du flot est nivale et d'une régularité toujours remarquable (le débit se tient entre 1500 et 2500 m<sup>3</sup>). La montée s'effectue par enrichissement progressif de mars à juin (fonte des neiges des Préalpes méridionales, puis des Préalpes septentrionales, enfin fonte des glaciers) ; juillet marque le début de l'affaissement, car les eaux glaciaires du Rhône supérieur ne sont plus soutenues par aucun autre apport dans le cours moyen et inférieur<sup>1</sup>, et la pénurie méditerranéenne, l'effondrement estival de la Saône, ont facilement raison des eaux alpestres nivo-glaciaires. La chute est donc rapide, et septembre marque le minimum principal (1220 m.) avec des étiages parfois considérables (428 m. en 1906). D'octobre à décembre le relèvement est dû, pour une part, aux influences océaniques qui, se développant en amont de Lyon, ne donnent plus à Beaucaire qu'un flot atténué ; au contraire, les influences pluviales méditerranéennes produisent leur plein effet. Tandis qu'à Valence, le maximum secondaire, en grande partie océanique, était fixé sur décembre, à Beaucaire, il s'installe en novembre, époque du maximum des torrents méditerranéens. Ce maximum hydrologique, très différent de celui de juin, résulte d'une succession de fortes crues séparées par de profonds étiages<sup>2</sup> au lieu d'être dû à de hautes eaux moyennes. De janvier à mars domine l'influence océanique (Saône) atténuée par le froid en janvier (et avec en mars quelques pluies méditerranéennes). Le régime du Rhône à Beaucaire apparaît donc comme un compromis entre les influences d'amont, océaniques et nivales, et les influences méditerranéennes.

C'est le régime des crues qui traduit le mieux ces influences méditerranéennes. La transformation du fleuve est, à cet égard, assez brutale depuis Valence. Par là, la physionomie du Rhône est en quelque sorte rajeunie peu avant l'embouchure. Le nombre des crues a doublé depuis Valence<sup>3</sup> et elles sont devenues plus importantes<sup>4</sup>. La grosse majorité se produit au début de l'automne<sup>5</sup>, en relation avec la principale période des pluies méditerranéennes. On en observe néanmoins pendant toute la saison froide. On peut distinguer quatre principaux types de crues qui agitent le Rhône inférieur. Les crues océaniques qui y arrivent atténuées<sup>6</sup>, les crues méditerranéennes qui, au contraire, manifestent toute la fougue de la jeunesse. Parmi ces dernières, les crues « cévenoles » impres-

1. L'Isère amène le maximum de son tribut en juin, la Durance en mai.

2. Étiage absolu de 360 m<sup>3</sup> en 1921 et crue maxima de 13000 m<sup>3</sup> en 1840.

3. De 1845 à 1919 on a enregistré à Beaucaire 276 maxima de plus de 4 m. et 124 à Valence.

4. On compte à Beaucaire dans la même période : 276 crues de plus de 4 m. (3620 m<sup>3</sup>) dont 84 crues de 5 m. (5000 m<sup>3</sup>) et 27 crues de plus de 6 m. (6600 m<sup>3</sup>). La crue de mai 1856 a atteint 7 m. 95 (12500 m<sup>3</sup>), celle d'oct.-nov. 1840 13000 m<sup>3</sup>.

5. 69, 2 p. 100 des crues de 4 m. ont lieu en cette saison ; 57,1 p. 100 des crues de 5 m. ont lieu d'octobre à décembre, 59,2 p. 100 des crues de plus de 6 m. se produisent du 10 oct. au 12 nov.

6. Elles ne coulent plus à Beaucaire que 4960 m<sup>3</sup> en 1882 et 4920 m<sup>3</sup> en 1918 contre 5570 m<sup>3</sup> et 5700 à Valence.

sionnent le plus brutalement le fleuve. Elles sont capables de faire monter son niveau de 3 m. 55 en quatre heures (8 octobre 1907) et de hausser le débit jusqu'à 8 880 m. (1900). L'Ardèche, ce « monstre hydrologique » du bassin rhodanien en est le plus responsable<sup>1</sup>. Ces crues cévenoles l'emportent sur toutes les autres en puissance à Pont-Saint-Esprit et à Avignon. Mais elles s'atténuent déjà à Beaucaire, où elles sont dépassées par les crues méditerranéennes extensives (9 400 m<sup>3</sup> en 1906) qui affectent l'ensemble des affluents méditerranéens et surtout la Durance. Enfin c'est dans cette section que les crues de type général (océaniques et méditerranéennes combinées) atteignent leur plus grande puissance, le flot des averses méditerranéennes s'ajoutant au flot océanique. Il y a ainsi dans cette dernière section une multiplicité inquiétante de phénomènes hydrologiques plus ou moins brutaux qui rendent la période d'octobre à mars très troublée. Cette recrudescence de la violence torrentielle du fleuve est d'autant plus redoutable que la plaine d'inondation est vaste, peuplée et riche. Depuis 1856, de puissantes digues protègent le pays contre les colères du fleuve, mais ne reste-t-il pas sous la menace d'un accident ?

Ce compte rendu ne peut donner qu'une idée approximative du travail méticuleux d'analyse effectué par M<sup>r</sup> Pardé<sup>2</sup>. Insistons encore sur quelques notions très bien dégagées : l'irrégularité produite dans le régime par l'intervention de l'alimentation pluviale et surtout les rapports entre le régime moyen et les étiages et les crues. Il y a entre eux, à notre avis, la même relation qu'entre les types de temps et le climat moyen. L'étude de ces manifestations réelles peut seule, en nous faisant pénétrer dans la vie même du fleuve, éclaircir les rapports, essentiellement géographiques, qui lient le fleuve au relief, à la nature du sol, au climat de la région. C'est pourquoi la deuxième partie de la thèse de M<sup>r</sup> Pardé, « la genèse des crues », si ingénieuse, est d'un intérêt si captivant. M<sup>r</sup> Pardé, relie quatre types de crues, liés, selon lui, à quatre types distincts de précipitations pluviales. Les *crues océaniques* sont en rapport avec des pluies amenées par les vents océaniques du SO et de l'O. La situation barométrique qui les commande est connue : dépressions sur les Iles Britanniques et la mer du Nord, hautes pressions sur la péninsule ibérique. La crue impressionne surtout les affluents situés en amont de Lyon (Saône) et ceux venus du Jura et des Préalpes septentrionales. Elle s'affaiblit à partir de Valence, la zone méditerranéenne n'étant pas, en général, affectée par les pluies océaniques. Les *crues méditerranéennes* sont déterminées par des précipitations dues aux vents méditerranéens du SE et du S (basses pressions entre l'Espagne et l'Irlande, hautes pressions méditerranéennes, Italie et Balkans). M<sup>r</sup> Pardé croit pouvoir distinguer les deux types sui-

1. Les pluies énormes qui assaillent cette partie de la bordure orientale du Massif Central (300 à 800 mm. parfois en 24 heures) dévalant des pentes très fortes produisent des trombes d'eau capables de faire monter la rivière de 13 à 17 m. en quelques heures (10 à 12) et de la faire passer d'un débit indigent de 2 m<sup>3</sup> 5 (l. l. sec. par km<sup>2</sup>) à 7 500 m<sup>3</sup>, soit 7 592 l. sec. par km<sup>2</sup>, - chiffre déflant l'imagination ».

2. De même on a laissé dans l'ombre de nombreuses questions étudiées ou soulevées dans cet ouvrage, soit au point de vue hydrologique, soit au point de vue géographique : transports de matières solides, modifications du fond mobile du lit sans compter les problèmes plus généraux comme celui de la formation du lit rocheux et de son profil.

vants : les *crues cévenoles* qui affectent particulièrement les rivières cévenoles (Ardèche, Gardon, Érieux, etc.), crues provoquées par les trombes d'eau qui s'abattent entre le 20 septembre et le 22 octobre sur le rebord sud-oriental du Massif Central (791 mm. à Joyeuse le 9 octobre 1907)<sup>1</sup> ; les *crues méditerranéennes extensives*, qui sont, comme leur nom l'indique, déterminées par des averses méditerranéennes générales. L'époque privilégiée de ces crues se situe entre le 20 octobre et le 15 novembre — Les *crues générales* sont provoquées par des pluies océaniques et des averses méditerranéennes successives et combinées déterminant des flots qui se chevauchent. Les terribles crues de 1840 et de 1856 en sont les exemples les plus remarquables (voir t. II, p. 347 à 399). Les combinaisons variées de ces manifestations, leur enchevêtrement avec celles d'ordre nival et glaciaire, expliquent le caractère complexe et compensé du régime rhodanien et la puissance du fleuve.

Il se dégage de cette étude une confiance assurée dans l'efficacité de l'œuvre d'aménagement du Rhône. L'abondance est certainement, avec la fougue, le caractère qui assure au fleuve son unité. La proportion des eaux utilisables pendant neuf mois est très forte (55 à 60 p. 100 du module). Il y a là une richesse dont l'utilisation intéresse au plus haut point l'irrigation et la production de l'énergie hydro-électrique. La violence du courant, particulièrement en temps de crue, reste évidemment le plus grand obstacle aux transports ; mais l'amélioration et l'utilisation du chenal dans sa partie moyenne et inférieure montre qu'elle ne crée pas des obstacles insurmontables<sup>2</sup>.

A. CHOLLEY.

1. D'après M<sup>r</sup> Pardé, quand se produisent les averses cévenoles, les autres parties de la zone méditerranéenne ne sont en général affectées que par des précipitations médiocres. L'intensité de ces averses, leur date et leur localisation s'expliquent par le relief, le refroidissement hâtif de la région montagneuse cévenole et des manifestations de grains sur cette partie du Massif Central.

2. Le transport des sables et des graviers par cette masse d'eau animée d'une forte vitesse crée un lit instable et irrégulier. Il est constitué de mouilles (creux) et de seuils (banes de sables et de graviers). D'après la théorie du cheminement, ces creux et ces mouilles se déplacent peu à peu vers l'aval à des vitesses de plusieurs centaines de mètres par an. Certains auteurs estiment que cette théorie est erronée et que, pour le Rhône en particulier, les formes du fond du lit sont partout stables en plan. Il semble, et les travaux effectués sur le fleuve moyen paraissent le confirmer, qu'il y ait une grande part de vérité dans cette théorie ; « les seuils et les fosses se creusent puis se remblaient sur place et partiellement pendant un nombre d'années variable. Les résultats de ces oscillations au bout d'une longue période finissent par se compenser. » Il y a toutefois un cheminement ; mais il est très lent (quelques dizaines de mètres par siècle) (voir les détails au t. I, p. 315-317).