

## Les variations cycliques journalières du débit dans les rivières des Hautes-Fagnes (Belgique)

par A. LAURANT

**Résumé.** — *Pour une même rivière possédant un bassin-versant peu étendu, les courbes de débits classés obtenues en utilisant respectivement les débits observés à chaque heure et ceux observés une fois par jour (8 h du matin) par lecture limnimétrique accusent des différences sensibles. Ces différences impliquent l'existence de variations cycliques journalières des débits. A leur tour, ces variations cycliques conduisent à admettre qu'en moyenne les apports liquides présentent eux-mêmes une périodicité journalière.*

*L'analyse des pluviogrammes de stations proches (pluviographes de la Helle et de Spa) ou même assez éloignées (Uccle) attestent qu'effectivement, sous nos climats, les averses orageuses d'été apportent, au cours des après-midi, des quantités d'eau qui, en moyenne, sont sensiblement plus élevées que celles qui s'abattent pendant les douze premières heures de la journée. Parallèlement, la fonte des neiges dans les Hautes-Fagnes prend la relève dès octobre-novembre. Cette région jouit en effet, à ce sujet, de conditions climatiques engendrant une périodicité journalière dans les apports aux rivières : chutes de neiges les plus abondantes et les plus fréquentes, amplitude thermique journalière la plus accentuée dans le pays.*

### INTRODUCTION : EXPOSÉ DU PROBLÈME

La détermination de la courbe des débits des rivières en fonction du temps  $Q=f(t)$  est déduite, en général, d'une courbe de hauteur d'eau en fonction du temps  $H=f(t)$ . Le passage de la courbe  $H=f(t)$  s'effectue alors par l'intermédiaire d'une courbe de tarage supposée univoque et établissant la relation  $Q=f(H)$  entre le débit et les hauteurs d'eau au droit de la section considérée.

Cette courbe de tarage est obtenue par calcul dans les cas favorables (déversoirs-jaugeurs) ou bien résulte d'interpolations entre une série de points représentant une gamme aussi étendue que possible de débits (connus grâce à des jaugeages réalisés le plus souvent au moulinet) en fonction des hauteurs du plan d'eau lues sur une échelle limnimétrique.

Dès lors, la connaissance de la courbe des débits au cours du temps se ramène au préalable et principalement à la connaissance de l'évolution, dans le temps, de la hauteur du plan d'eau. C'est cette mission que remplit le limnigraphe qui est essentiellement un enregistreur des fluctuations d'un flotteur indicateur des hauteurs d'eau.

Toutefois, dans nombre de stations, les limnigraphes font souvent place, dans un but d'économie, à une simple échelle limnimétrique sur laquelle les lectures sont effectuées une ou deux fois par jour. Le bilan de la lame écoulée au cours de périodes quelconques (un mois, une saison, une ou plusieurs années) est calculé, comme lors des enregistrements limnigraphiques, par intégration graphique de la courbe  $Q=f(t)$ . Mais cette fois la courbe obtenue résulte d'interpolations entre des mesures quotidiennes ou biquotidiennes.

Pour des rivières de quelque importance, par exemple de la taille de nos rivières navigables, on peut penser qu'en raison du décalage de temps dans les apports des affluents, les débits ne présentent pas, statistiquement, de variations cycliques journalières. Mais le fait n'est pas tout aussi évident pour les exutoires de bassins versants suffisamment peu étendus pour que ne se produise pas le phénomène d'écêtement des crues. Et dans ce cas, l'évaluation des débits qui se sont écoulés en moyenne, même pendant une période longue, au droit de la section considérée, devient en quelque sorte tributaire de l'heure de la lecture au limnimètre, en ce sens qu'elle s'écarte d'autant plus de la réalité qu'elle est basée sur des lectures effectuées systématiquement en des moments où le débit instantané diffère du débit moyen de la journée. Pour lever cette incertitude, il reste à établir s'il existe sous nos climats un ou des phénomènes qui justifieraient des variations cycliques journalières dans les apports liquides aux petites rivières.

## I. — LE MATÉRIEL D'INVESTIGATION

Ce problème a été abordé par l'étude des enregistrements limnigraphiques des cours d'eau se jetant dans le Barrage d'Eupen.

Depuis plusieurs décennies, en effet, les rivières alimentant le lac d'Eupen sont équipées de limnigraphes et de limnimètres. Les bassins versants des affluents, limités au droit des limnigraphes, sont peu étendus : 38,30 km<sup>2</sup> pour la Vesdre, 18,30 km<sup>2</sup> pour le Getzbach et 36,75 km<sup>2</sup> pour la Helle (fig. 1).

Dans le cadre d'un travail sur l'hydrologie de cette région, nous avons porté sur cartes perforées les données des enregistrements limnigraphiques en vue du traitement de certains problèmes par ordinateur.

Bien que le bassin de la Helle représente l'aire de réception la plus étendue destinée à alimenter le lac d'Eupen, nous écarterons ici les

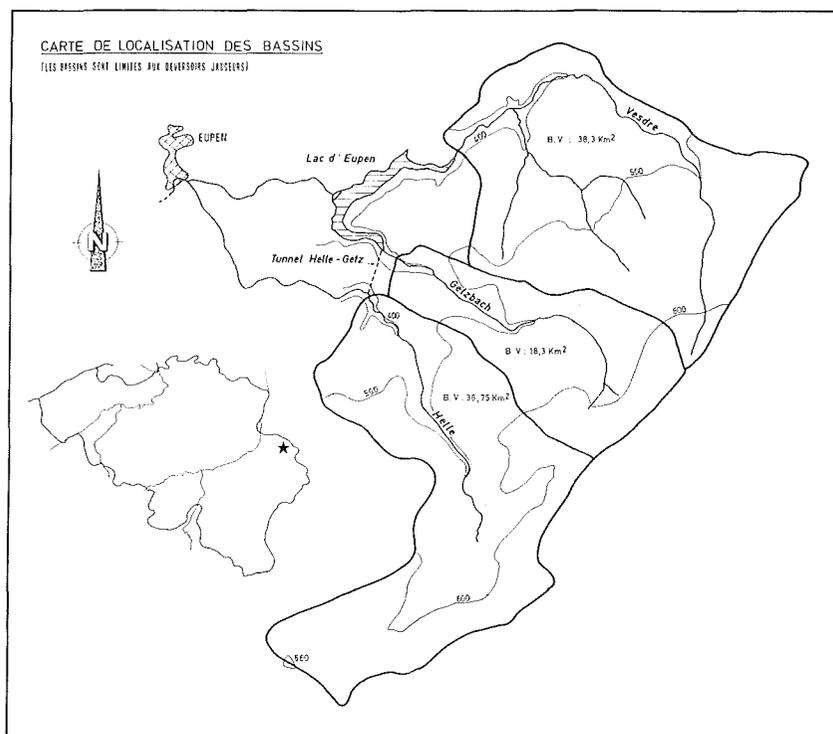


FIG. 1.

observations qui le concernent en raison de l'influence humaine sur les débits à certaines heures du jour (1).

## II. — COURBES DE DÉBITS CLASSÉS

Le test de l'existence d'un cycle journalier dans les débits des rivières consiste simplement à comparer, sur des périodes suffisamment longues, les moyennes des débits instantanés mesurés respectivement en des heures différentes de la journée.

Dans cet objectif, nous avons fait calculer par ordinateur les courbes de débits classés (2) pour la Vesdre et le Getzbach.

(1) Cette rivière n'est que partiellement détournée (par tunnel) au profit du lac d'Eupen (voir fig. 1). Au cours de la période d'enregistrement, la vidange des eaux stockées à l'amont d'un petit barrage de retenue (déversoir) a été relativement fréquente. Les débits de pointe engendrés par ces opérations ne sont évidemment pas représentatifs des crues réelles si toutefois il y a eu crue.

(2) Il convient sans doute de rappeler ici la notion de « débit classé ». Cette courbe donne, en ordonnée, les valeurs  $Q$  des débits atteints ou dépassés pendant le nombre  $J$  de jours ou pendant le pourcentage du temps total d'observation qu'on peut lire en abscisses. C'est donc une courbe cumulative de fréquences.

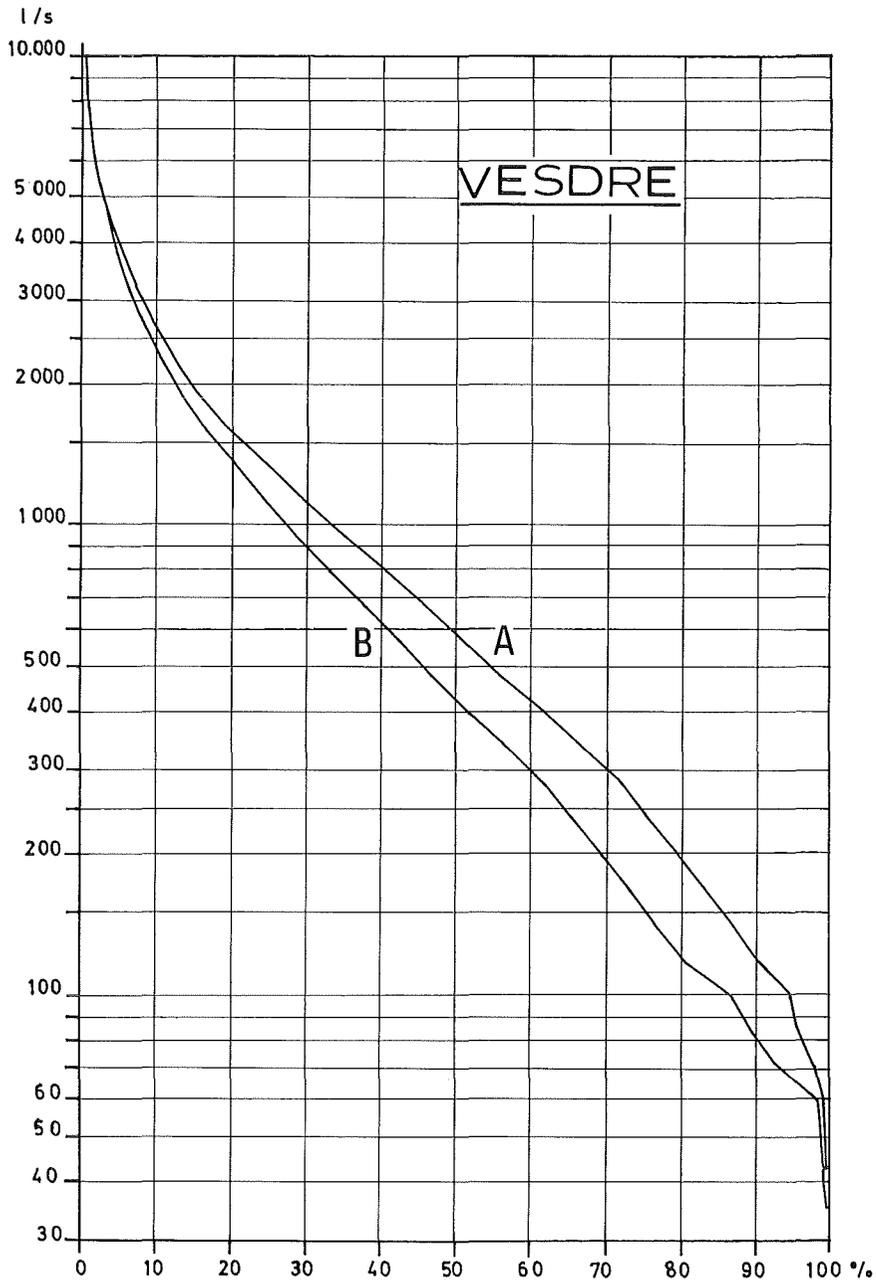


FIG. 2. — Courbes des débits classés de la Vesdre.

A : débits mesurés toutes les heures; B : débits mesurés chaque jour à 8 h du matin.

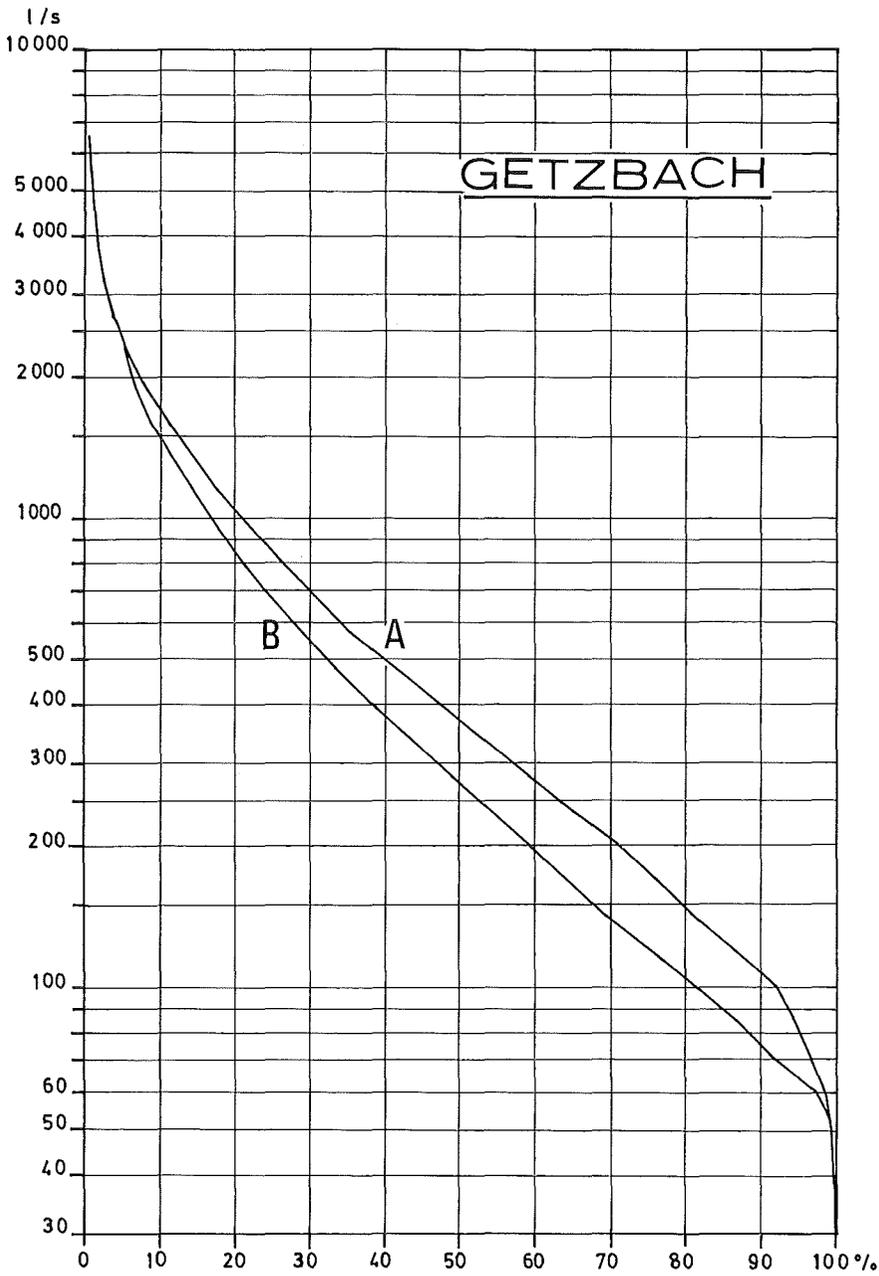


FIG. 3. — Courbes des débits classés du Getzbach.  
 A : débits mesurés toutes les heures; B : débits mesurés chaque jour à 8 h du matin.

Les valeurs figurant en ordonnée représentent non pas les moyennes arithmétiques des débits journaliers (3) mais, suivant la méthode préconisée par R. Remenieras et J. Boyer (1950), les valeurs réellement atteintes pendant un pourcentage de temps correspondant au temps total d'observation.

Pour chacune des deux rivières citées, nous avons calculé les courbes de débits classés de deux façons différentes.

La première méthode a consisté à classer tous les débits instantanés observés à chaque heure (courbes A, fig. 2 et 3) ; l'examen des limnigrammes montre que les variations de débit sont suffisamment lentes pour que la courbe pluviographique puisse être assimilée, à de rarissimes exceptions près (4), à une ligne polygonale divisée en heures. Ainsi donc, la totalité des valeurs de débit qu'a connues la rivière a été considérée, ce qui, en raison de l'aspect brutal et souvent éphémère des crues de petits bassins versants, n'aurait certes pas été le cas si l'on avait tenu en compte le débit instantané moyen de chaque journée.

A un certain point de vue, les courbes de débits classés ainsi obtenues s'écartant de la conception classique qui considère habituellement les débits quotidiens et qui se propose notamment comme objectif la définition des divers débits caractéristiques (5) ; elle y sont parfaitement fidèles dans la mesure où elles représentent une courbe cumulative des fréquences de débits réellement rencontrés.

Dans la seconde méthode d'élaboration des courbes de débits classés, nous nous sommes placé dans l'hypothèse d'une observation limnimétrique quotidienne effectuée à huit heures du matin (courbes B, fig. 2 et 3) ; comme dans toute station limnimétrique, le débit est considéré comme représentant une valeur qui s'est maintenue entre deux observations consécutives, espacées ici de 24 heures. Il n'est peut-être pas inopportun d'insister sur le fait que les deux populations de mesures sont extraites des mêmes limnigrammes, ce qui ne permet pas de suspecter, dans la suite de cette note, une erreur de positionnement du zéro.

La comparaison des courbes de débits classés, obtenues par les deux voies pour chacune des rivières respectivement, fait apparaître une très nette différence entre les débits atteints ou dépassés pour un même pourcentage du temps total de la période d'observation. Par exemple, pour le Getzbach, dans 90 % du temps, le débit atteint ou dépassé est de 75 l/s dans un cas et de 110 l/s dans l'autre cas. Cette constatation met de suite en évidence qu'une observation limnimétrique (fictive dans

(3) Qui tendent à régulariser les valeurs extrêmes.

(4) Correspondant au début de la phase de décrue pour des crues très importantes.

(5) Débit caractéristique de crue, débit caractéristique d'étiage, débit caractéristique de 1 mois,...

le cas présent) effectuée à 8 heures s'écarte sensiblement du débit qui se présente réellement pendant les autres heures de la journée. Surtout elle implique qu'il existe en moyenne, dans les débits du Getzbach et de la haute Vesdre, des variations cycliques ayant notamment une périodicité de 24 heures.

### III. — LA PÉRIODICITÉ DES APPORTS AUX RIVIÈRES

#### A. — LES PRÉCIPITATIONS ORAGEUSES DE LA PÉRIODE ESTIVALE.

S'il est vrai que les orages d'été constituent un phénomène que la météorologie en général et les prévisions météorologiques sont loin d'ignorer, on n'insiste pas beaucoup, dans la climatologie de nos régions, sur l'importance de leur rôle dans le montant udométrique des mois au cours desquels ils se présentent ou dans la moyenne pluviométrique annuelle. A notre connaissance, il n'existe pas en Belgique de carte mettant en évidence les différenciations régionales dans les apports pluviométriques des orages ou averses orageuses. Cette étude ne manquerait pas d'intérêt pratique notamment en ce qui concerne le dimensionnement des ouvrages d'évacuation des eaux pluviales. C'est sans doute à cause du risque de subjectivité des observateurs météorologiques que cette étude n'a pas vu le jour (6).

L. Poncelet, en 1939, dans son étude sur *Les caractères principaux de la pluie en Belgique*, a publié pour Uccle divers tableaux mettant en évidence l'importance des pluies en fonction des heures de la journée et des mois. L'examen de ces tableaux permet notamment de constater (tableau V, p. 17) que pour la période allant de 12 à 23 h, et uniquement dans ces cas, la quantité moyenne horaire peut atteindre et dépasser 3 mm, la valeur maximum se situant en juillet à 17 heures avec 5,72 mm. De même (tableau VII, p. 22) c'est uniquement dans ces heures et ces mois que l'intensité des précipitations atteint et dépasse 1,0 mm/h avec un maximum à 17 heures en juillet s'élevant à 1,70 mm/h. (7)

Outre l'intérêt des valeurs absolues de ces chiffres, ceux-ci mettent implicitement en évidence le caractère cyclique des apports météoriques et apportent déjà ainsi une réponse partielle au problème que nous avons soulevé lors de l'examen des courbes de débits classés.

Nous avons voulu toutefois exprimer de façon plus explicite l'importance des averses orageuses d'été grâce à l'étude des données de

(6) Mais il existe des voies d'approche indirectes que nous nous promettons d'exploiter.

(7) Les valeurs citées ici peuvent paraître faibles. Ceci résulte de leur mode d'obtention; sur ce sujet, nous renvoyons évidemment le lecteur à l'article cité.

deux pluviographes situés à une distance plus faible des grands barrages que ne l'était celui d'Uccle, base de l'étude de L. Poncelet. L'un de ceux-ci est situé dans la vallée de la Helle, rivière dont les eaux, comme nous l'avons déjà dit plus haut, sont partiellement détournées vers le lac d'Eupen (8).

Les dépouillements des pluviogrammes de cette station couvrent la période 1961-1971.

Le second appareil est le pluviographe de Spa (Régie des Voies Aériennes) (9). La période disponible au moment du dépouillement couvrait les années 1951 à 1971 incluses.

En vue d'établir l'influence des heures de la journée sur les quantités d'eau précipitée, nous avons, pour chaque mois de l'ensemble des années d'observation, calculé la moyenne des précipitations reçues en une heure courue par opposition à une heure de pluie. Ensuite, le rapport pourcentuel entre d'une part la quantité d'eau reçue à telle heure de tel mois, en moyenne pendant la totalité des années d'observation et, d'autre part, le montant horaire moyen de chaque mois. La figure 4 représente ainsi quelques isoplèthes de pourcentages. A l'examen de cette figure, il apparaît clairement que les après-midi de la période végétative sont sensiblement plus pluvieuses que les douze premières heures de la journée. Parallèlement, on peut observer que les mois de la période hivernale n'accusent aucune tendance systématique similaire. En raison des heures et des mois au cours desquels apparaît cette dissymétrie du montant journalier des précipitations, il ne fait pas de doute que ce fait doit être attribué à des averses orageuses d'été. Celles-ci se caractérisent très nettement par leur intensité. Nous avons en effet pu constater, lors d'une recherche de courbes d'intensité-durée-fréquence de précipitations, le rôle prépondérant des averses d'été dans les fortes intensités de précipitations ; par exemple, pour les 21 ans d'enregistrement pluviographique à Spa, 75,0 % des 640 averses ayant connu la plus forte intensité calculée sur un intervalle de 30 minutes sont des précipitations qui se sont produites pendant l'après-midi au cours des 6 mois couvrant la période végétative (avril à septembre inclus).

#### B. — PÉRIODICITÉ DES APPORTS DUS AUX FONTES DES NEIGES.

Nous n'avons pas cherché à mettre en évidence le rôle de la fonte des neiges sur l'écoulement. Cette étude s'avérerait d'ailleurs particulièrement délicate car elle ne pourrait se réaliser que par des voies d'approche indirectes.

(8) Nous tenons à remercier vivement M. van Bellingen, Directeur du Service des Barrages et M. Reinertz pour leur aimable collaboration.

(9) M. Bechet et M. Orval nous ont accordé leur collaboration et leur sympathie. Qu'ils en soient vivement remerciés.

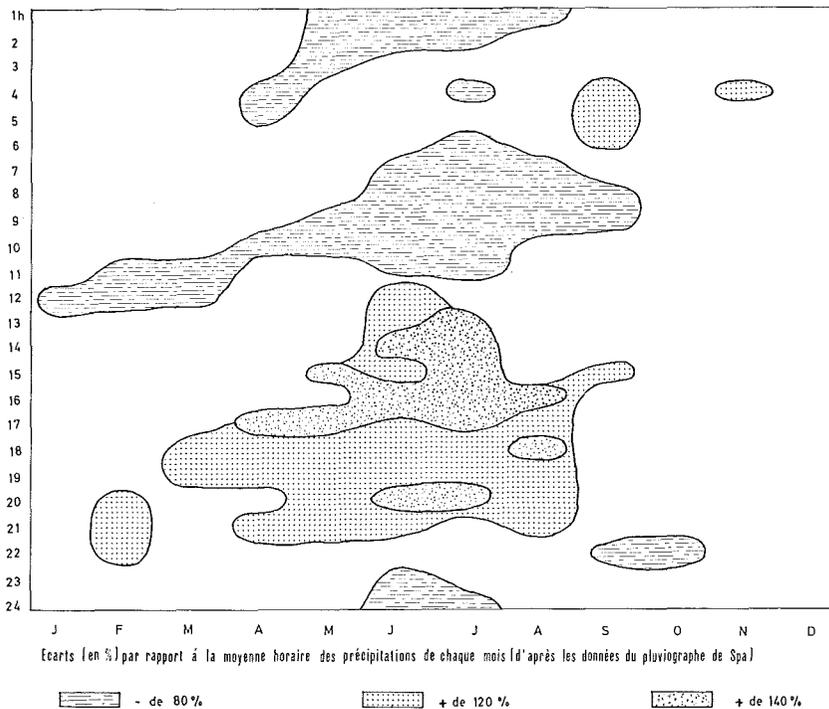


FIG. 4.

Observons toutefois qu'au point de vue de la neige, les Hautes-Fagnes jouissent, en Belgique, de conditions particulières. Dans cette région, en effet, les neiges sont plus abondantes, plus fréquentes et se présentent pendant une période plus longue que partout ailleurs dans le pays. Sur une période de 71 ans (1870-1950) d'observation L. Poncelet (1954) a notamment calculé les moyennes suivantes :

- nombre annuel moyen de jours de neige : 43 (Uccle : 27) ; les valeurs se situent entre 17 et 72 jours.
- période moyenne des chutes de neige : 31 octobre au 1<sup>er</sup> mai.
- lame d'eau moyenne sous forme de neige : 275 mm ; les valeurs se situent entre les extrêmes de 102 et 568 mm.

La couche de neige peut atteindre 1 m (Uccle : 25 cm).

Or, simultanément, la région des Hautes-Fagnes est aussi parmi celles qui jouissent du climat le plus continental. En particulier, l'amplitude thermique *journalière* y est la plus élevée. La fréquence des franchissements du zéro degré a pour effet de restituer aux rivières, dans

l'après-midi, de nouveau, l'eau précipitée sous forme de neige. De même, le gel nocturne immobilise plus fréquemment qu'ailleurs les sources diverses d'alimentation des cours d'eau : ruissellement de surface, écoulement hypodermique et écoulement souterrain.

#### CONCLUSIONS

L'ensemble des faits d'observation rapportés ici concernant l'allure périodique de la distribution des précipitations et le rôle des fontes des neiges dans les Hautes-Fagnes apporte une justification satisfaisante des différences qui se présentent dans les courbes de débits classés obtenues respectivement par les cotes limnimétriques quotidiennes fictives de 8 heures et par les cotes limnigraphiques horaires.

La distribution cyclique journalière des débits de ruisseaux possédant un bassin versant peu étendu est ainsi mise en évidence. Il est très probable que les rivières étudiées jouissent de conditions un peu particulières, notamment en ce qui concerne le rôle de la fonte des neiges. Mais les heures moyennes au cours desquelles se présentent les averses orageuses et l'importance des apports udométriques dus à celles-ci peuvent, sans aucun doute, être considérées comme semblables dans des régions jouissant d'un même type de climat.

Enfin, nous avons montré que la plus grande prudence s'impose dans l'élaboration de courbes de débits classés basés sur une observation limnimétrique journalière dans de petits bassins versants. Il semble même que les seules courbes de débits classés qui soient légitimes dans ce cas, soient celles obtenues à partir de limnigrammes et que les notions classiques qui y sont attachées concernant les divers « débits » caractéristiques » doivent être adaptées.

#### BIBLIOGRAPHIE

- G. CASTANY. — *Traité pratique des eaux souterraines*, Dunod, Paris, 657 p., 1963.
- A. LAURANT. — *La récurrence des intensités maximum de précipitations dans la région de Spa-Eupen. Courbes d'intensité-durée-fréquence*, dans *Annales des Travaux Publics de Belgique* (à paraître), 1974.
- A. LAURANT. — *Abaque et nomogramme permettant de trouver l'intensité ou la récurrence des fortes précipitations en Haute Belgique*. La Tribune du CEBEDEAU (à paraître), 1974.
- L. PONCELET. — *Les caractères principaux de la pluie en Belgique*, dans I.R.M., *Miscellanées*, Fasc. III, Bruxelles, 43 pp., 1939.
- L. PONCELET et H. MARTIN. — *Esquisse climatographique de la Belgique*, dans I.R.M., *Mémoires*, Vol. XXVII, 265 pp., 1947.
- L. PONCELET. — *Le régime des précipitations sur les Hautes Fagnes*, I.R.M., *Contribution* n° 12, Bruxelles, 11 pp., 1954.

- C. REMENIERAS et J. BOYER. — *Monographie hydrologique du bassin de la Maronne*, dans *La Houille blanche*, Paris, 2, 4 et 6, 1950.
- G. REMENIERAS. — *L'hydrologie de l'Ingénieur*. Collection du Laboratoire national d'Hydraulique, Eyrolles, 413 pp., 1960.
- M. ROCHE. — *Hydrologie de surface*, Paris, Gauthier-Villars, O.R.S.T.O.M., 430 pp., 1963.
- E. VANDERLINDEN. — *Sur la distribution de la pluie en Belgique*, I.R.M., *Mémoires*, Vol. II, 57 pp., 1927.
- N.B. : I.R.M. = Institut Royal Météorologique de Belgique, 3, Avenue Circulaire, Uccle-Bruxelles.
-

