

## Quelques remarques sur une évolution récente de l'écoulement dans nos bassins hydrographiques,

par L. NYS.

*RÉSUMÉ. — L'auteur rappelle que depuis septante ans la température moyenne annuelle augmente en Belgique et que, d'autre part, les précipitations diminuent depuis 1926. Les deux phénomènes conjuguent leurs effets pour faire baisser le débit des sources et rivières. Cette période plus sèche qui s'intègre dans une vaste évolution climatique est indépendante de la transformation des cultures forestières pratiquées dans les principales zones de réception des eaux.*

La présente étude est née du fait que des craintes se sont manifestées de divers côtés au sujet de l'alimentation en eau de la Belgique depuis l'extension des plantations de conifères, extension devenue importante après 1900.

Encore qu'il n'y ait aucun rapport entre ces deux choses, il est cependant utile de les préciser par des données expérimentales.

Un premier élément du problème est la constatation, banale en soi, que la température moyenne annuelle hausse sur l'Europe occidentale et probablement en d'autres territoires de l'hémisphère Nord.

Quelle est l'importance de ce réchauffement ? En Belgique, la question a été traitée dès 1948 par VANDENPLAS [1] de l'Institut Royal Météorologique; elle a été reprise en 1958 par SNEYERS [2] du même Institut.

On comprend que ces deux auteurs ne concrétisent pas, par un chiffre, l'augmentation de la température, car toute évaluation se heurte à la définition d'une période de référence. Cependant nous avons choisi de penser que la hausse est de

1°1 C entre 1892 et 1947. Ce choix nous a été dicté par la figure 3, page 8 du travail de VANDENPLAS comparant les températures mesurées à Uccle et à Greenwich. Nous estimons même que l'écart 1°1 C est un minimum, car la courbe présentée est établie par points en notant, pour chaque année, la moyenne des 20 années écoulées. Or 1888 est un minimum — la température baissait depuis 20 ans — et 1947 est un maximum. Le point représentatif de 1892 pourrait donc être un peu haut et celui de 1947 un peu bas.

La publication de SNEYERS, postérieure de 10 ans, indique une consolidation de la hausse, au moins jusqu'en 1953. Les deux météorologistes établissent parallèlement que le réchauffement climatique est nettement marqué à Greenwich et à Paris-Saint-Maur.

Une autre longue série d'observations homogènes a été faite par le Service fédéral suisse des Recherches forestières aux deux stations de Kurzeneialp (894 m) et de Riedbad (990 m) dans l'Emmental à quelques kilomètres à l'Est de Berne. Commencées en 1904 par ENGLER [3], elles ont été continuées de 1915 à 1952 par BURGER [4] et prolongées depuis.

Les observateurs suisses ont groupé de 10 en 10 ans les moyennes annuelles de température. Nous en empruntons le tableau à BURGER d'abord :

	1904/1915	1916/1927	1928/1942	1943/1952
Kurzeneialp . . . . .	6°2	6°7	6°7	7°5
Riedbad . . . . .	5°8	6°2	6°2	7°1

à CASPARIS [5] ensuite :

	1904/1915	1916/1927	1927/1928— 1941/1942	1942/1943— 1956/1957
Kurzeneialp . . . . .	6°2	6°7	6°7	7°3
Riedbad . . . . .	5°8	6°2	6°2	6°9

Il se confirme donc qu'en Suisse centrale et sauf cas particuliers, la température moyenne annuelle a augmenté de 1°3 C en 48 ans, de 1°1 C en 53 ans, la différence paraissant due à un refroidissement après 1952.

En Bavière, le Docteur E. REICHEL observe la même ascension mais elle n'a pas encore été chiffrée.

En Finlande, les forestiers suivent avec attention la marche de la température estivale. LUKKALA [6], MULTAMÄKI [7], MATTI WÄRE [8] publient de longues listes de températures comparées d'où ressort la même conclusion.

Cependant le phénomène peut être dissimulé localement par des conditions orographiques particulières. Nous donnons, ci-contre, grâce à l'obligeance des services météorologiques d'Aix-la-Chapelle un graphique des températures moyennes annuelles dans cette ville de 1901 à 1958. Nous y avons ajouté les limites de normalité selon le critère de CHAPMAN. La hausse qui s'était manifestée en 1910-1920 ne réapparaît guère qu'après 1940.

Comment, de leur côté, évoluent les précipitations ? Nous avons cru utile de tracer un graphique des sommes annuelles de pluies tombées à Uccle de 1900 à 1958. Au moyen des données aimablement fournies par l'Observatoire, nous avons calculé et tracé un second graphique aux angles « arrondis » par des moyennes mouvantes ( $s_3$ ). Ce dernier montre avec évidence, sauf la situation exceptionnelle de 1921, une magnifique période débutant vers 1897-1898. Cette période encadre de son maximum la « catastrophe » de 1921; après quoi la chute s'accroît et, malgré deux légers soubresauts, se ramène en 1958 au niveau du début du siècle. Certes, il y eut des modifications dans les appareils de mesure et dans le site d'Uccle mais nous ne pensons pas que ces transformations aient affecté sérieusement l'allure du graphique.

Il est intéressant de le comparer à celui de Montjoie (420 m) au rebord de l'Eifel, sous la crête des Fagnes et à celui de Holle-rath (614 m) sur le plateau. La période se présente en sens inverse; les 20 premières années accusant une diminution continue puis, après le « saut » de 1921 et ses séquelles, une remontée manifeste qui ramène la situation d'il y a 60 ans.

On comprend que des phénomènes d'une telle ampleur soient indifférents à la présence de quelques milliers d'hectares d'épicéas. Ils dépendent, à n'en pas douter, du régime des vents, de la situation orographique et peut-être d'un facteur inconnu de déclanchement de la pluie qui expliquerait l'inversion des graphiques mis en comparaison.

Avec la bienveillante autorisation du Docteur REICHEL [9] de l'Observatoire de Munich, nous donnons un graphique des pluies à München-St-Bonifaz. Nous l'avons limité à 1900-1958

pour ne pas éterniser la question. Il ondule sagement jusqu'en 1930, puis fait un « dos » vers 1940, pour revenir, en 1950, à son niveau de début. Or, pendant ce temps, la Bavière s'est attaquée aux 200.000 ha. de tourbières qu'elle comptait en 1900, détournant, cultivant, boisant [10, 11]. Il n'en restera bientôt plus que les 12.000 ha. réservés. Tout cela n'a aucun effet sensible sur les précipitations.

Il y aurait encore beaucoup à glaner dans l'irrégularité même du graphique de RÖTGEN sur la haute Vesdre (408 m) où nous avons déjà signalé une anomalie de la répartition annuelle des pluies [12].

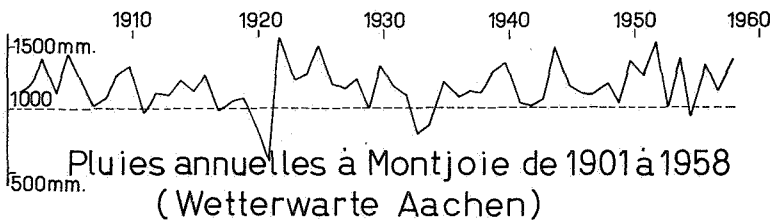
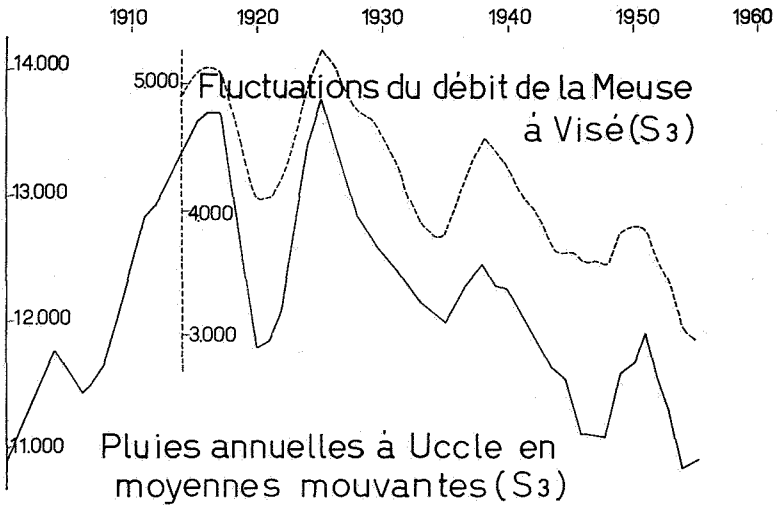
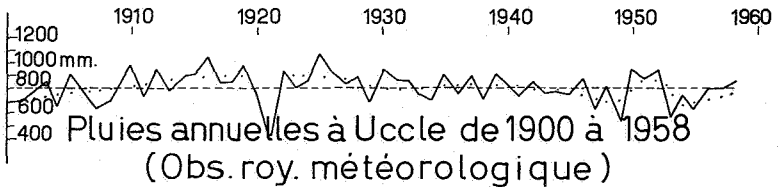
Mais nous ne faisons pas ici œuvre de météorologie. Notre but est autre. Nous voulons connaître l'incidence de ces vastes remous du climat sur le débit de nos cours d'eau.

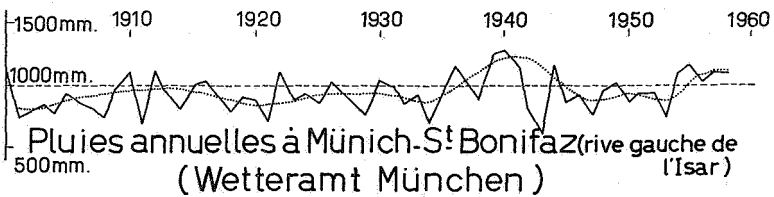
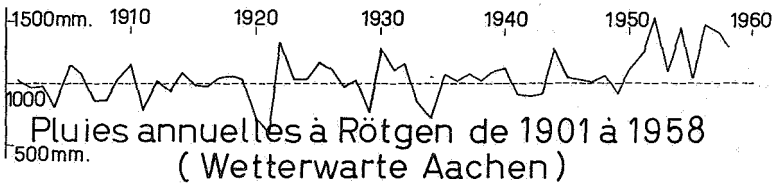
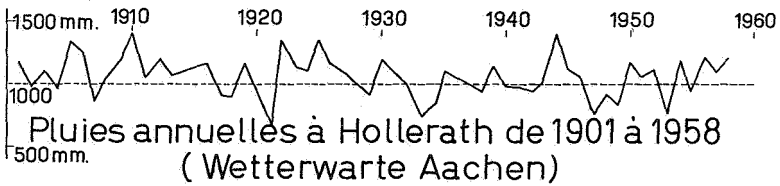
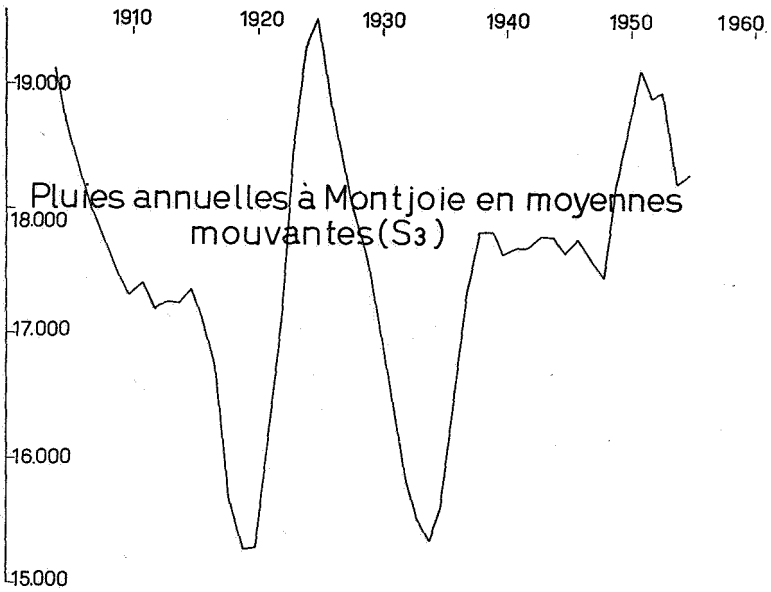
On trouvera ci-contre un graphique en moyennes mouvantes des débits moyens annuels de la Meuse en aval de l'écluse de Visé. Il est basé sur la publication des rapports de la section technique aux Journées de la Navigation mosane (1954) et complété grâce à l'amabilité des fonctionnaires des Ponts et Chaussées. Il a été tenu compte des canaux et d'une erreur de frappe affectant le débit de 1952. Il y a parmi ces débits, des mesures d'inégale valeur, mais les causes d'erreurs sont si nombreuses que nous avons espéré une providentielle compensation. Est-ce trop d'optimisme ?

Quoi qu'il en soit, le parallélisme avec les pluies tombées à Uccle est frappant. Il n'est pas étonnant, dès lors, que depuis 1926 certaines sources ont vu leur débit s'amenuiser ou disparaître [13, 14] même en dehors du bassin de la Meuse et dans des endroits où les conifères sont inexistantes. Disons, en passant, que ceux-ci occupent 1.500 km<sup>2</sup> sur les 22.341 que compte le bassin du fleuve à Visé.

Si l'effet direct des variations de la pluviosité sur le débit de nos rivières est évident, il n'en est pas de même des conséquences de l'augmentation d'évaporation due à la hausse de température. Cependant, des efforts ont été faits pour relier par une formule mathématique les débits ou l'évaporation aux précipitations. Elles font intervenir le facteur température moyenne annuelle. La relation empirique de TURC [15] est bien connue. Celle de TAMM [16]

$$E = 30,4 t + 220,9$$





est relative à la Suède. Elle indique une perte par évaporation de 30,4 mm pour une augmentation de 1° C. Celle de KELLER, valable pour l'Allemagne du Sud est encore utilisée :

$$D + 1298 = \lambda (P + 948),$$

$\lambda$  est une fonction parabolique de la température.

Pour des précipitations de 1.300 mm et une température de 5° C, une hausse de 1° doit enlever 30 mm environ. Logiquement donc, l'ascension lente de la température générale doit augmenter l'évaporation mais la mesure de ce phénomène présente des difficultés. De 1915 à 1952, BURGER note le fait dans les deux vallons du Rappengraben et du Sperbelgraben [4]. Nous reproduisons ici ses estimations en % des précipitations :

	Rappengraben mal boisé	Sperbelgraben boisé
1915/1916-1926/1927 ... ..	35 %	44 %
1927/1928-1941/1942 ... ..	38 %	50 %
1942/1943-1951/1952 ... ..	46 %	56 %

PENMAN [17] conteste ces chiffres qui lui paraissent élevés mais tient compte, néanmoins, d'une perte de 12 mm en plus (2 %) pour les dix années 1943-1954.

ERTL [18] étudiant l'Inn compare les rendements D/P dans sept stations pour les séries d'années 1901/1910 et 1921/1930 :

	1901/1910	1921/1930
Perjen ... ..	74,6 %	73,8 %
Innsbrück ... ..	76,1 %	74,5 %
Reisach ... ..	76,5 %	72,2 %
Wasserburg ... ..	73,0 %	70,5 %
Neuotting ... ..	70,9 %	68,2 %
Simbach .. ...	70,9 %	69,8 %
Wernstein ... ..	68,9 %	67,9 %

Ces rendements diminués seraient les preuves d'une évaporation accrue, mais celle-ci est aussi fonction des précipitations. Actuellement, l'accroissement d'évaporation n'est pas mis en doute mais, à notre connaissance, il n'a pas été mesuré.

Deux raisons essentielles ont donc motivé la diminution, probablement momentanée, du débit de nos sources et rivières; le phénomène est à l'échelle de l'Europe et bien indépendant des cultures forestières.

Mais il est nécessaire d'ajouter que les craintes signalées au début de cet article portaient aussi sur la qualité des eaux.

Ici, l'action de la forêt sur les eaux qui s'échappent des bassins boisés est beaucoup plus directe.

HUET [19] a attiré l'attention sur certains inconvénients intéressant la pisciculture.

L'hydrologue est surtout attentif à la quantité des matières charriées par la rivière car le sort des bassins de retenue en dépend. Or, on a accusé les drainages et assainissements, préalables aux plantations, d'être la cause d'un important transport de matériaux meubles. A titre d'exemple concret on a cité, entre autres, le cas de la Helle. Faute d'observations précises, il est bien difficile de dire si une rivière est plus fréquemment et plus intensément troublée aujourd'hui qu'autrefois. On a cru en trouver la preuve dans le nom même de la Helle (clair, en allemand).

Mais cette explication étymologique n'a pas de valeur. Nous établirons dans une étude publiée en collaboration avec le Docteur DIECK de Hanovre que l'hydronyme Helle (Hille avant 1914) est un mot saxon importé ici au VIII<sup>e</sup> siècle et qui n'a aucune relation avec la pureté des eaux de la rivière.

Toutes les recherches concluent invariablement à considérer les eaux forestières comme bien moins chargées de sédiments que celles qui coulent en terrain découvert quelle que soit la végétation naturelle ou artificielle qui couvre ce dernier.

Mise à part cette parenthèse à caractère local, nous concluons en rappelant qu'il n'y a aucune commune mesure entre l'importance bien relative d'un changement de culture sur une faible partie de nos bassins hydrographiques et l'ampleur du phénomène d'assèchement temporaire dont nous sommes témoins. Les temps futurs le remettront à sa place exacte dans l'évolution des climats.



## BIBLIOGRAPHIE.

1. VANDENPLAS, A., 1948, Variation séculaire de la température à Uccle-Bruzelles. (*Inst. Roy. Météor. de Belg.*, Miscellanées, fasc. XXXV.)
2. SNEYERS, R., 1958, Connexions thermiques entre saisons consécutives à Bruxelles-Uccle. (*Ibid.*, Publ. série B, n° 23.)
3. ENGLER, A., 1919, Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Zürich.
4. BURGER, H., Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. (*Mitteilungen der Schweizerische Anstalt für das forstliche Versuchswesen*: XVIII Band, 2 Heft, Zürich, 1934; XXIII Band, 1 Heft, Zürich, 1943; XXXI Band, 1 Heft, Zürich, 1954.)
5. CASPARIS, E., 1959, 30 Jahre Wassermessstationen in Emmental. (*Festschrift zum 70 Geburtstag von Hans Burger*, Zürich, 11.II.1959.)
6. LUKKALA, O. J., 1936, Sur l'état des semences de pins de marais. (*Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, Helsinki.)
7. MULTAMÄKI, S. E., 1942, La destruction par le froid des plants d'épicéas dans ses effets sur le boisement des Moore drainées. (*Acta forestalia Fennica*, 51, Helsinki.)
8. MATTI WÄRE, Sur la teneur en eau du sol et le rendement des plantes de culture sur le champ d'expériences de Maasoja (1939-1944).
9. REICHEL, E., 1951, Keine Änderung der Niederschlagsverhältnisse in Süddeutschland. Wasser und Boden.
10. KRAEMER, O., 1954, Bog reclamation in Bavaria. (*International peat symposium*, Dublin.)
11. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten. (München, juin 1950.)
12. LIÉGEOIS, P. G. et NYS, L., Le régime hydrique des Hautes-Fagnes. (*La Technique de l'eau*, déc. 1952.)
13. LIÉGEOIS, P. G., 1949, Les fluctuations des niveaux hydrostatiques des gisements aquifères. (*Soc. roy. belge des Ingénieurs et des Industriels*, Bruxelles, Bull. sér. A, n° 4.)
14. ACHTEN, A., 1952, Les fluctuations des nappes aquifères. (*La Technique de l'eau*, Bruxelles.)
15. TURC, L., 1955, Thèse du Doctorat en Sciences. Université de Paris.
16. TAMM, O., De la détermination du degré d'humidité du climat en Suède.
17. PENMAN, H. L., Notes on the Water Balance of the Sperbelgraben and Rappengraben. (*Festschrift von Hans Burger* [voir 5].)
18. ERTL, O., 1950, Das Abflussvermögen der Gewässer im Raum der Nordalpen. (*Beiträge zur Gewässerkunde*, München.)
19. HUET, M., 1951, Nocivité des boisements en épicéas pour certains cours d'eau de l'Ardenne belge. (*Assoc. Intern. de Limnologie théorique et appliquée*, vol. XI, Stuttgart.)