CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SURE ET DE DEUX AFFLUENTS LUXEMBOURGEOIS DE LA MOSELLE (SYRE, AALBACH)*)

PAR

RENÉ NEYERTZ

Diplômé d'études supérieures de géographie

PLAN DE L'ETUDE

I. Les données climatiques du bassin versant de la Sûre
   1° Les températures
   2° Les pluies
   3° La neige
   Conclusion

II. Les données hydrologiques du bassin versant de la Sûre et de deux affluents luxembourgeois de la Moselle (Syre, Aalbach)

   A. Les mesures et les observations

   B. Le régime des rivières
      a) L'abondance des rivières
         * Les courbes de tarage (courbes de débit)
         * Les débits absolus
            — Les débits moyens mensuels
            — Les débits moyens annuels (modules)
         * Les débits spécifiques (débits relatifs)
      b) Les éléments du régime
         * Les hauteurs d'eau
         * Les coefficients de débit
         * Les débits classés
      c) Le bilan annuel de l'écoulement
      Conclusion

   C. Les étiages et les crues
      a) Les étiages
         — Les causes
         — La date

---

*) Cet article reprend les principales idées d'un diplôme d'études supérieures de géographie, présenté à la Faculté des Lettres et des Sciences humaines de NANCY, en novembre 1960.

— La fréquence et la profondeur
— L'évolution
b) Les crues
— Les causes
— L'évolution
* Crue simple
* Crue complexe
— La puissance
* Hauteur
* Débit maximum
* Coefficient d'écoulement
— La fréquence
Conclusion
Bibliographie sommaire

Les cours d'eau sont utilisés de nos jours à des fins très diverses et leur régularisation n'est souvent possible que si l'on en connaît tous les caractères. L'étude hydrologique que nous entreprenons ici, a pour but de dégager les principaux phénomènes qui concernent l'alimentation ainsi que les variations dans l'espace et dans le temps des cours d'eau du bassin de la Sûre. Les aménagements des rivières sont conditionnés en outre par les régimes, et cette étude présente d'autant plus d'intérêt que des aménagements de grande envergure: centrales hydro-électriques, sont en cours de réalisation sur certains éléments du réseau hydrographique.

Nous tenons à remercier ici Monsieur Jean-Pierre Engels, Ingénieur technicien, Préposé du Service Météorologique et Hydrographique National du Grand-Duché de Luxembourg, pour l'abondante documentation qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

Après une étude rapide des conditions climatiques du bassin versant, nous abordons l'étude purement hydrologique où les divers éléments du régime, les extrêmes (étiages et crues) retiendront plus particulièrement notre attention.

I. LES DONNÉES CLIMATIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA SURE

Il est nécessaire de rappeler quelques traits du climat luxembourgeois, car les phénomènes hydrologiques dépendent

souvent étroitement des phénomènes climatiques. Ceci est d'autant plus facile que nous disposons de données particulièrement nombreuses et souvent continues en ce qui concerne les divers éléments du climat.

1° *Les Températures*

Les températures font varier l'évaporation et influencent beaucoup le régime saisonnier.

La moyenne annuelle est relativement élevée:

Pour 1958:	Clervaux (454 m)	8°2
	Ettelbruck (191 m)	9°6
	Luxembourg-Ville (336,7 m)	8°9
	Mondorf-les-Bains (190 m)	10°

L'amplitude thermique annuelle augmente à mesure que l'on se dirige vers l'Est. Elle est de 15°8 à Clervaux, de 15°5 à Ettelbruck. Elle est déjà de 16°9 à Mondorf-les-Bains et de 17°1 à Grevenmacher.

Le mois le plus chaud est généralement juillet: 37° le 6 juillet 1957 à Grevenmacher. Le mois le plus froid est janvier, mais les températures les plus basses ont été enregistrées début février: —23°5 le 2 février 1956 à Clervaux.

Le nombre de jours de gelée présente un intérêt certain pour l'hydrologie, la surface des cours d'eau étant gelée à certaines périodes. On a observé jusqu'à 118 jours de gelée à Clervaux, au cours de l'année 1955.

2° *Les Pluies*

Les précipitations totales annuelles sont liées à l'abondance moyenne des cours d'eau. La carte pluviométrique du Grand-Duché de Luxembourg permet de distinguer une individualisation de l'Oesling avec généralement plus de 800 mm de pluie alors que le Gutland en reçoit le plus souvent moins de 900 mm.

La répartition pluviale saisonnière est primordiale pour les débits mensuels. Elle peut être parfois dominée ou même étouffée par le facteur thermique. Les pluies sont généralement longues et fines et il pleut à toutes les périodes de l'année. Cependant un certain rythme annuel s'établit, ce qui va nous permettre de déceler un régime pluviométrique.

Voici les totaux pluviométriques mensuels (exprimés en mm), concernant la station de Luxembourg-Ville, pour deux années caractéristiques:

1953: année peu pluvieuse ⟶ 526,6 mm
1958: année très pluvieuse ⟶ 950,1 mm

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1953	10,6	70,5	1,7	48,5	34,3	88,6	105,5	45,1	50,1	36,6	15,7	19,4
1958	100,4	112,8	20,5	46,7	138,0	69,1	52,2	134,2	39,1	72,2	46,3	109,6

La répartition pluviale saisonnière s'établit ainsi pour ces deux années :

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
1953	100,5	84,5	239,2	102,4
1958	322,8	205,2	264,5	157,6

L'analyse des observations concernant d'autres stations du Grand-Duché nous amènerait d'ailleurs aux conclusions suivantes, à savoir: l'existence de deux maxima, l'un en été (fin juillet, août, début septembre), l'autre à la fin de l'automne, début de l'hiver. Le maximum d'automne-hiver reste dans l'ensemble supérieur au maximum d'été.

Les pluies maxima en un temps bref (24 heures par exemple) exercent une influence capitale sur la puissance des crues. On a observé jusqu'à 120 mm comme maximum de 24 heures à Echternach, en juillet 1958. Cependant ce sont les mois d'août, septembre, décembre, janvier où se produisent le plus fréquemment ces averses.

3° *La Neige*

Il faut essayer de comprendre les modalités de la rétention et de la fusion nivales, d'évaluer les volumes d'eau que ces phénomènes immobilisent, puis lâchent vers les rivières, car le rôle hydrologique de la neige est loin d'être négligeable. Il y a des hivers à nombre de jours de neige restreint et d'autres pendant lesquels le nombre s'élève au delà de 80. Cependant la hauteur d'une seule chute dépasse rarement 25 cm.

L'épaisseur de la couche de neige varie le plus souvent de 1 à 10 cm; on a observé néanmoins 55 cm le 9 février 1953 à Clervaux. L'épaisseur ne dépasse 20 cm qu'une ou deux fois

tous les dix ans. Le nombre de jours de neige et le nombre de jours d'enneigement varient indépendamment l'un de l'autre: on relève à l'aéroport de Findel:

Nombre de jours de neige		Nombre de jours d'enneigement
8	1957 Janvier	16
7	Février	2
2	Novembre	2
5	Décembre	2
10	1958 Janvier	11
9	Février	9
6	Mars	8
8	Avril	1
6	Décembre	2

L'enneigement peut d'ailleurs se maintenir des semaines entières.

Conclusion

Le Grand-Duché de Luxembourg est soumis à un climat tempéré assez humide, à hivers souvent rigoureux dans la partie montagneuse du Nord du pays. Nous n'y sommes guère éloignés des variétés climatiques océaniques douces et humides ainsi que des variétés continentales rudes et sèches. L'extrême variabilité des facteurs météorologiques caractérise ce climat où l'influence de la température est souvent plus marquée que celle des précipitations.

II. LES DONNÉES HYDROLOGIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA SURE ET DE DEUX AFFLUENTS LUXEMBOURGEOIS DE LA MOSELLE (SYRE ET AALBACH)

A. Les mesures et les observations

La navigabilité des cours d'eau n'est possible que si l'on en connaît tous les caractères. On mesure à cet effet les hauteurs d'eau et les débits. Les cotes hydrométriques sont relevées régulièrement par des limnimètres. Ils sont fixés généralement sur une pile de pont: Mertert Felsmühle sur la Syre, Michelau sur la Sûre; sur un mur de soutènement: Reisdorf sur

l'Ernz Blanche, Ettelbruck sur la Wark. Les lectures sont faites chaque jour à 14 heures. Pour connaître les plus minimes variations des cotes, on emploie de plus en plus l'appareil enregistreur ou limnigraphe. Les stations de Gilsdorf sur la Sûre, de Gœbelsmühle sur la Wiltz en sont équipées depuis 1957; un limnigraphe a été également installé en 1960 à Luxembourg-Ville sur la Pétrusse à proximité de son confluent avec l'Alzette.

Les débits sont déterminés par jaugeages à l'aide du moulinet électrique. En 1958, plus de vingt stations relèvent régulièrement les hauteurs d'eau. Le réseau de l'Alzette est particulièrement bien équipé avec cinq stations pour le cours même de l'Alzette et six stations pour ses principaux affluents : Colmar-Berg (Attert), Hunnebour (Eisch), Mersch (Mamer), Ettelbruck (Wark), Nœrtzange (Kaylbach), Bettembourg (Dudelingerbach). Aux stations d'Insenborn, de Michelau et de Gilsdorf sur la Sûre s'ajoutent les observations de certaines stations allemandes frontalières: Ralingen, Metzdorf. On a installé des limnimètres ou limnigraphes sur les divers affluents de la Sûre, le plus souvent à proximité du confluent : Kautenbach (Clerve), Gœbelsmühle (Wiltz), Reisdorf (Ernz Blanche), Grundhof (Ernz Noire); cependant certaines stations remontent davantage vers l'amont: Winseler (Wiltz), Stolzembourg (Our). Dans chaque station se trouve donc une échelle limnimétrique dont les indications servent aux mesures de débits, et où s'effectuent des jaugeages qui permettent d'établir la courbe de tarage (courbe des débits). Ces courbes ont été établies actuellement pour neuf stations du Grand-Duché: Esch Frontière (Alzette), Esch Centre (Alzette), Ettelbruck (Wark), Colmar-Berg (Attert), Reisdorf (Ernz Blanche), Stolzembourg (Our), Winseler (Wiltz), Stadtbredimus (Aalbach), Mertert Felsmühle (Syre), et le Service Météorologique et Hydrographique poursuit les jaugeages en vue d'établir les courbes des autres stations. Une courbe valable pour une certaine période peut d'ailleurs devenir inutilisable. C'est le cas pour la station de Bettembourg sur le Dudelingerbach dont le limnimètre a été démonté en octobre 1957 en raison de travaux de dragage, la courbe des débits cessant d'être utilisable. Une nouvelle échelle a été installée, mais la courbe qui s'y rapporte n'est pas encore établie.

On enregistre également les températures journalières de l'eau à Esch Centre (Alzette), Itzigersté (Alzette), Colmar-Berg (Attert) depuis 1951, à Kautenbach (Clerve) depuis 1957.

Toutes les données sont consignées à partir de 1949 dans l'Annuaire Météorologique et Hydrographique du Grand-Duché de Luxembourg. Malheureusement nous ne possédons aucune donnée, faute d'observations, antérieurement à 1949, si ce n'est quelques indications sur le régime de la Basse Sûre mentionnées dans une étude concernant le projet d'aménagement de la centrale hydro-électrique de Rosport.

Le Service Météorologique et Hydrographique a équipé d'autre part certaines stations dont les indications limnimétriques journalières ne sont pas reproduites dans l'Annuaire: Mondorf-les-Bains (Gander), Rumelange (Kaylbach), Fentange (Alzette), ainsi que certaines stations dont on ne relève les cotes hydrométriques que temporairement, en période de crue par exemple: Müllerthal (Ernz Noire), Useldange (Attert), Septfontaines (Eisch).

B. Le régime des rivières

a) *L'abondance des rivières*

● Les courbes de tarage (courbes de débit)

Les débits sont la donnée essentielle de l'hydrologie fluviale. Le Service Météorologique et Hydrographique a procédé à des jaugeages complets et l'on peut consulter dans les archives du Service, les indications concernant les différentes mesures de la vitesse du courant ainsi que les sections considérées. Ces chiffres de débits obtenus par jaugeages sont figurés en abcisse tandis que les hauteurs d'eau sont figurées en ordonnée sur un axe de coordonnées. Neuf courbes de tarage ont été ainsi tracées pour l'ensemble du territoire du Grand-Duché. Ces courbes s'identifient souvent à une parabole; pourtant leurs tracés varient le long des divers points d'un cours d'eau. La courbe de débit de l'Alzette à Esch Centre présente une courbure beaucoup plus accentuée que la courbe de débit de la même rivière à Esch Frontière et pourtant les deux stations ne sont éloignées que de deux kilomètres environ. La connaissance des bas débits pour certaines stations n'a pas

encore permis le tracé d'ensemble de la courbe, car une extrapolation des débits les plus forts ne peut être qu'approximative.

On peut trouver dans le rapport concernant « le projet d'aménagement de la centrale hydro-électrique de Rosport » un exemple de courbe de tarage établie pour la Sûre à Steinheim en utilisant des mesures de débits effectuées par le « Wasserstrassenamt » de Coblence.

● Les débits absolus

— Les débits moyens mensuels

Deux éléments primordiaux du régime: variations saisonnières et abondance des rivières, se définissent par des moyennes mensuelles et annuelles. Ces valeurs se calculent aisément si l'on dispose de courbes satisfaisantes pour les débits journaliers.C'est le cas pour le Grand-Duché. Voici les débits moyens mensuels, exprimés en m^3/s, pour l'année 1958, en ce qui concerne une rivière de l'Oesling (la Wiltz à Winseler) et une rivière du Gutland (la Syre à Mertert).

	Wiltz	Syre
J	3,500	1,435
F	5,780	2,590
M	2,230	1,205
A	0,960	1,055
M	1,440	3,265
J	1,050	1,205
J	1,230	1,005
A	1,150	1,105
S	0,860	0,795
O	1,440	0,960
N	1,950	1,315
D	3,370	3,145

La prédominance de la saison hivernale s'établit nettement sur la saison estivale. On remarquera, pour la rivière de l'Oesling, l'importance des débits du mois de février. L'analyse des différents débits moyens mensuels pour la période de dix ans (1949—1958) aboutit d'ailleurs aux mêmes conclusions. D'autre part il n'existe pas de relation évidente entre les moy-

ennes mensuelles maxima et minima; la moyenne mensuelle la plus élevée ne correspond pas toujours à l'année la plus humide, en particulier pour les rivières du Gutland. Pour la période 1949—1958 le débit moyen mensuel maxima de 4,750 m^3/s en février 1950 pour l'Alzette à Esch Centre ne correspond pas à l'année la plus humide: en 1958 où l'on relève 1089,5 mm au pluviomètre de Belvaux.

Cependant le débit moyen mensuel maxima de 32,500 m^3/s en février 1958 pour l'Our à Stolzembourg a bien été réalisé l'année la plus humide: en 1958, où le pluviomètre de Fouhren indiquait 1016,1 mm. La variabilité des moyennes mensuelles peut être caractérisée par les rapports des moyennes mensuelles extrêmes de chaque année. Nous avons calculé ces rapports pour la période 1949—1958:

	Our (Stolzembourg)	Alzette (Esch Centre)	Wiltz (Winseler)
1949	7,55	3,00	5,96
1950	11,43	13,84	13,84
1951	12,60	9,31	12,39
1952	12,30	9,52	14,58
1953	8,52	5,81	5,23
1954	9,36	7,56	12,11
1955	9,16	7,78	6,86
1956	5,58	2,97	5,64
1957	13,36	6,86	10,69
1958	10,48	4,28	6,72

Ces rapports sont assez peu accusés, mais il ne faut pas oublier que la période d'observation est restreinte (10 ans). Si nous considérons la Sûre à Steinheim, pour laquelle nous disposons d'observations plus satisfaisantes (période 1877—1917), le rapport des moyennes mensuelles extrêmes atteint 38,6 pour l'année 1893.

Les plus grands écarts correspondent aux années sèches:

Our: 13,36 en 1957,
Wiltz: 12,11 en 1954.

La répartition pluviale mensuelle influe sur la valeur de chaque mois, même si elle ne détermine pas toujours les prin-

cipaux traits du régime. Les écarts mensuels des débits varient bien souvent en fonction inverse des précipitations totales annuelles. On peut l'expliquer sans doute par la grande variabilité des extrêmes en matière de débit alors que les moyennes de précipitations semblent beaucoup plus stables.

— Les débits annuels (modules)

La notion de module ou débit moyen annuel est l'une des plus courantes e nhydrologie. Le module définit l'abondance générale d'un cours d'eau. L'abondance annuelle n'a de signification que si elle est établie pour une période suffisamment longue.

Le module est tout d'abord fonction de l'importance et de la surface réceptrice de la rivière. L'Our peut rouler 11,695 m³/s, alors que l'Aalbach n'en roule que 0,315 m³/s. Le débit moyen annuel varie à la fois dans l'espace et dans le temps.

Dans l'espace, le module augmente habituellement de l'amont vers l'aval. On peut s'en rendre compte en comparant les débits de deux stations d'une même rivière, en particulier l'Alzette, pour laquelle nous possédons deux courbes de tarage: Esch Centre étant située en aval d'Esch Frontière.

Module (m³/s)	1954	1955	1956	1957	1958
Esch Centre	0,260	0,401	0,386	0,389	0,555
Esch Frontière	0,385	0,551	0,550	0,612	0,884

Il faudra l'établissement de la courbe des débits à Ettelbruck à proximité du confluent de l'Alzette avec la Sûre pour déceler en quelle partie de la rivière se produit exactement l'accroissement du module.

Dans le temps, les variations dépendent surtout des facteurs climatiques. Pour la période 1949—1958, le module peut passer:

sur l'Alzette de 1,354 m³/s (1950) à 0,222 m³/s (1949),
sur la Wiltz de 2,121 m³/s (1952) à 0,402 m³/s (1953),
sur l'Our de 11,695 m³/s (1952) à 4,504 m³/s (1953).

On peut caractériser la variabilité du débit moyen annuel par le cœfficient d'irrégularité, soit le rapport des moyennes annuelles extrèmes.

Pour l'Our, il est de 2,5 pour la période 1949—1958.
Pour la Wiltz, il est de 5,2 pour la période 1949—1958.
Pour la Sûre, il est de 2,4 pour la période 1877—1917.

On peut noter les variations du module sur une assez longue période, à l'aide des débits moyens journaliers de 1877 à 1917, dont nous disposons pour la Sûre à Steinheim.

En plus des variations annuelles normales, on remarque des oscillations à longue durée pendant lesquelles le module ne descend ou ne monte pas au dessous ou au dessus d'une certaine valeur.

Pendant ces quarante ans (1877—1917) trois grandes périodes s'individualisent.

De 1877 à 1888, le module ne descend jamais en dessous de 40 m^3/s; le maximum est atteint en 1881 avec 72,5 m^3/s.

De 1889 à 1909, on ne relève qu'une seule valeur au-dessus de 50 soit 53,4 m^3/sen 1906 et pendant les ⅔ de la période la Sûre roule moins de 40 m^3/s.

De 1910 à 1917, on ne retrouve plus de valeur inférieure à 40 m^3/s, le maximum correspond à l'année 1916 (65,3 m^3/s).

Il est dommage que nous ne possédions plus d'observations continues par la suite, le limnimètre de Steinheim ayant été enlevé en 1922. Cependant il semble bien que l'on puisse déceler une certaine périodicité cyclique des phénomènes hydrologiques.

● Les débits spécifiques (Les débits relatifs)

Le rapport du débit de la rivière et de la superficie du bassin constitue le débit ou abondance spécifique. Les débits spécifiques diminuent généralement de l'amont vers l'aval: on note 25,03 $l/s/km^2$ à Esch Frontière et 22,78 $l/s/km^2$ à Esch Centre. L'agencement du relief, la longueur des cours d'eau, la faible superficie des bassins facilitent l'existence de débits spécifiques élevés:

	Superficie du bassin versant (km^2)	Débit spécifique ($l/s/km^2$)
Syre	187,599	8,47
Ernz Blanche	97,361	9,81
Attert	296,652	14,68
Wark	80,792	12,62
Our (Stolzembourg)	628	16,76
Wiltz (Winseler)	100,514	20,69

Les chiffres élevés de la Wark, de l'Our, de la Wiltz sont dus également à la présence de l'Ardenne montagneuse dans la majeure partie de leur cours.

b) *Les éléments du régime*

● Les hauteurs d'eau

Les données limnimétriques nous donnent des indications sur certains traits du régime: types de variations saisonnières, allure et fréquence des crues et des étiages. Les hauteurs moyennes annuelles indiquent les années d'abondance et de pénurie. Voici les variations des hauteurs moyennes mensuelles par la station de Stolzembourg sur l'Our en 1958.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0,93	1,26	0,76	0,61	0,90	0,51	0,47	0,68	0,45	0,64	0,69	0,88

Il est intéressant d'établir des graphiques de hauteurs d'eau mensuelles pour une période plus longue, de dix ans par exemple (1949—1958). On peut ainsi comparer le graphique d'ensemble avec l'une ou l'autre année considérée et surtout se faire une idée plus exacte du régime. Nous avons établi des courbes de moyennes mensuelles de hauteurs d'eau, pour une période de 10 ans (1949—1958), en ce qui concerne une station de l'Oesling: Stolzembourg sur l'Our, une station du Gutland: Esch Centre sur l'Alzette. (Voir figures I et II)

On peut distinguer uniformément une saison froide de hautes eaux et une saison chaude de basses eaux. Pour l'Our, on remarquera l'accentuation plus nette des deux extrémités de la courbe, ce qui traduit un écart plus important entre hautes et basses eaux. Sur l'Our à Stolzembourg la moyenne



Fig. I. — L'OUR à Stolzembourg.

Moyennes mensuelles des hauteurs d'eau, 1949—1958, en mètres.

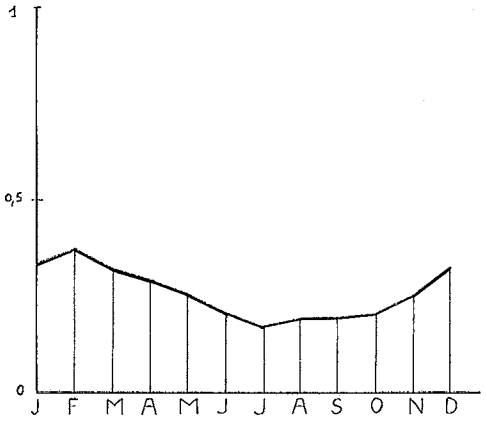


Fig. II. — L'ALZETTE à Esch Centre.

Moyennes mensuelles des hauteurs d'eau, 1949—1958, en mètres.

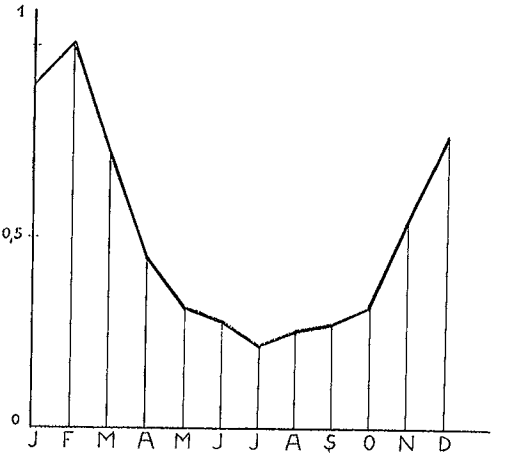


Fig. III. — L'OUR à Stolzembourg.

Moyennes mensuelles des coefficients de débit, 1949—1958.

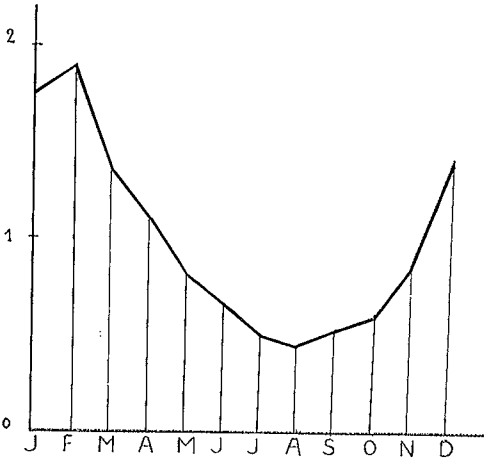


Fig. IV. — L'ALZETTE à Esch Centre.

Moyennes mensuelles des coefficients de débit, 1949—1958.

mensuelle passe de 0,895 m en février à 0,527 m en mai; de 0,552 m en octobre à 0,830 m en décembre. Sur l'Alzette à Esch-Centre elle ne passe que de 0,371 m en février à 0,279 m en avril; de 0,190 m en octobre à 0,316 m en décembre. L'abondance des eaux en fin de saison froide s'explique en partie par l'influence nivale dans la partie supérieure des bassins de l'Ardenne luxembourgeoise et l'imperméabilité des schistes dévoniens.

● Les cœfficients de débit

Pour faciliter l'étude et la comparaison des moyennes mensuelles des débits, on peut les exprimer en coefficients de débit soit le rapport du débit moyen mensuel au débit moyen annuel ou module. De grands changements d'une année à l'autre se retrouvent si l'on examine les coefficients de débit des diverses années. A Reisdorf sur l'Ernz Blanche, le coefficient peut varier du simple au triple: 0,85 (janvier 1950) à 2,40 (décembre 1952). A Stolzembourg sur l'Our, il peut s'accroître de près de vingt fois les plus faibles valeurs: de 0,19 (juin 1952) à 3,74 (février 1957). L'examen d'autres coefficients révèle une irrégularité saisonnière très nette. Nous avons établi des courbes de coefficients de débit, pour une période de 10 ans (1949 à 1958), en ce qui concerne la station de Stolzembourg sur l'Our dans l'Oesling et la station d'Esch Centre sur l'Alzette dans le Gutland. (Voir figures III et IV)

On remarquera que la fréquence mensuelle des moyennes maxima a lieu en février. La saison froide a donc le plus de chance de présenter le débit moyen mensuel maximum de l'année. Cependant il n'est pas possible de cerner davantage la probabilité de cette répartition. En effet, à Stolzembourg (Our), le débit moyen mensuel maxima s'est présenté 1 fois en novembre, 2 fois en décembre, 3 fois en janvier, 4 fois en février, pour la période de 1949 à 1958. La fréquence mensuelle des moyennes minima varie selon les rivières et souligne cette irrégularité du régime saisonnier. Les faibles débits de l'été sont cependant indéniables. Ces changements multiples d'une année à l'autre sont d'ailleurs caractéristiques du régime pluvial océanique.

● Les débits classés

L'étude du régime d'une rivière exige la connaissance de la fréquence des débits moyens et des extrêmes. Les fréquences partielles cumulées peuvent être représentées graphiquement. On obtient ainsi une courbe des débits classés. La courbe part du plus faible débit connu, puis s'élève par addition des durées partielles jusqu'à ce qu'elle coupe l'ordonnée en un point correspondant au plus fort débit de l'année. Certains débits classés sont dits « débits caractéristiques ». Nous avons établi les différents débits classés concernant la station de Stolzembourg sur l'Our en 1958.

Plus fort débit de l'année		=	280,000 m³/s
Débit caractéristique de crue ou débit classé réalisé pendant au moins 10 jours de l'année	DC 10 jours	=	55,500 m³/s
Débit classé réalisé pendant 3 mois	DC 3	=	13,400 m³/s
Débit classé réalisé pendant 6 mois	DC 6	=	7,150 m³/s
Débit classé réalisé pendant 9 mois	DC 9	=	4,000 m³/s
Débit caractéristique d'étiage ou débit classé réalisé pendant 365 jours	DCE	=	2,300 m³/s

Ces débits caractéristiques permettent de juger rapidement les possibilités offertes aux aménagements hydro-électriques.

c) *Le bilan annuel de l'écoulement*

Il est intéressant dans une étude de régime de cours d'eau de connaître la proportion de pluies écoulées, soit P' ou indice d'écoulement par rapport aux pluies effectivement tombées P. On obtient aisément P' en multipliant le débit spécifique par un coefficient correspondant au nombre de secondes de l'année considérée. On en déduit facilement le coefficient d'écoulement: $C = \frac{P'}{P}$ ainsi que le déficit d'écoulement: $D = P - P'$. Nous avons calculé pour l'année 1958 les divers facteurs du bilan

annuel d'écoulement pour les cours d'eau où s'effectuent des jaugeages:

	Précipitations P (mm)	Indice d'écoulement P' (mm)	Coefficient d'écoulement C %	Déficit d'écoulement D (mm)
Syre (Mertert)	886,9	266,1	30	620,8
Wiltz (Winseler)	1150,8	652,47	56	498,33
Ernz Blanche (Reisdorf)	966,5	309,26	30	657,24
Our (Stolzembourg)	1049,25	528,54	50	520,71
Alzette (Esch Centre)	1089,5	718,39	65	371,11
Alzette (Esch Front.)	1089,5	789,34	72	300,16
Attert (Colmar-Berg)	922,8	462,94	50	459,86
Wark Ettelbruck)	942	397,98	42	544,02

On remarquera que le déficit varie naturellement avec les précipitations. D'autre part le déficit croît également avec la température. Nous avons calculé quelques valeurs du déficit d'après les abaques de Wundt qui tiennent compte des facteurs température et abondance pluviale.

Pour la Wark à Ettelbruck:

P = 942 mm T = 9°6 D # 550 mm.

Pour la Wiltz à Winseler:

P = 1150,8 mm T = 7°5 D # 500 mm.

Ces valeurs du déficit correspondent assez bien aux valeurs précédemment trouvées. Une étude du bilan d'écoulement annuel sur plusieurs années consécutives permet d'enregistrer le sens des variations des différents facteurs. Voici les variations du bilan en ce qui concerne la station de Stolzembourg sur l'Our, pour une période de 10 ans (1949—1958):

	Précipitations P (mm)	Indice P' (mm) d'écoulement	Coefficient d'écoulement C (%)	Déficit d'écoulement D (mm)
1949	673,3	285,08	42	388,22
1950	884,2	429,2	48	455,00
1951	945,15	497,63	52	447,52
1952	956,9	589,55	61	367,35
1953	507,65	226,11	44	281,54
1954	933,5	503,62	53	429,88
1955	688,85	314,72	45	374,13
1956	832,1	447,7	53	384,4
1957	739	393,88	53	345,12
1958	1049,25	528,54	50	520,71

Le déficit d'écoulement augmente avec les chutes d'eau, mais l'accroissement s'atténue pour les plus fortes valeurs de la pluviosité. Le rapport des déficits extrêmes est de 1,84. On peut considérer que le déficit varie en général de 1 à 2.

Conclusion

L'examen de tous ces éléments du régime permet de tirer les conclusions suivantes: il existe uniformément une saison froide de hautes eaux et une saison chaude de basses eaux. Les basses eaux sont dues à la forte évaporation des précipitations pendant la saison chaude. Les hautes eaux se produisent au moment où l'évaporation est la moins forte. Le régime des rivières correspond au régime thermique beaucoup plus qu'au régime pluviométrique. La pondération est relativement moyenne; en revanche l'irrégularité est beaucoup plus nette. Ce sont là des caractéristiques du régime pluvial océanique. Pourtant l'influence nivale ne peut être négligée, en particulier pour les rivières de l'Oesling. En effet le maximum des hautes eaux et la moyenne mensuelle maxima des débits n'ont pas lieu en janvier comme l'exige le régime pluvial océanique, mais surtout en février, alors que janvier présente parfois un creux

vis-à-vis du maximum secondaire de décembre. Ce régime pluvio-nival océanique ne peut guère qu'intervenir comme nuance du régime pluvial océanique simple.

C. Les étiages et les crues

a) *Les étiages*

Les étiages ou maigres prononcés peuvent avoir de graves conséquences sur l'activité humaine.

— Les Causes: les étiages résultent toujours d'un déficit de l'alimentation. Ce déficit provient le plus souvent d'une baisse de la pluviosité. Pour la période 1949—1958, deux années d'étiages marqués: 1949 et 1950 correspondent à une baisse des précipitations. Elle ne se manifeste pas cependant de la même façon pour les deux années. En 1949, les précipitations totales sont relativement faibles: 500 mm à Grevenmacher, 490 mm à Lorentzweiler et nous aurons affaire à des étiages marqués pendant l'été et l'automne. En 1950, la pluviosité reste élevée: 962 mm à Grevenmacher, 836 mm à Lorentzweiler et les étiages marqués de l'été doivent être attribués à une variation saisonnière beaucoup plus accentuée des précipitations. Pour produire des étiages graves et surtout prolongés il faut donc que la pénurie d'eau s'étende sur une période suffisamment longue pour que les nappes souterraines ne puissent soutenir les débits. Les maigres estivaux dépendent également de la pluviosité de la saison froide précédente. Il n'est tombé que 27 mm de pluie en janvier 1949 à Grevenmacher et 20 mm en février. On sait d'autre part que l'abondance des pluies estivales reste modeste.

— La Date: les étiages correspondent le plus souvent au Grand-Duché aux basses eaux moyennes. Or en régime pluvial océanique, la saison des basses eaux correspond à l'été. Les graves étiages seront donc estivaux et peuvent recouvrir parfois le début de l'automne.

Pour la période 1949—1958, les minima mensuels sur la Wiltz à Winseler, l'Our à Stolzembourg, l'Alzette à Esch Centre se sont produits:

	Wiltz	Our	Alzette
Novembre	0 fois	0 fois	1 fois
Décembre	1 fois	0 fois	0 fois
Janvier	0 fois	0 fois	1 fois
Février	0 fois	0 fois	0 fois
Mars	0 fois	0 fois	0 fois
Avril	0 fois	0 fois	0 fois
Mai	1 fois	1 fois	0 fois
Juin	0 fois	0 fois	0 fois
Juillet	0 fois	1 fois	3 fois
Août	5 fois	4 fois	1 fois
Septembre	2 fois	3 fois	2 fois
Octobre	1 fois	1 fois	2 fois

Les étiages peuvent se prolonger alors que les moyennes de débit marquent déjà la recrudescence lorsqu'il s'agit surtout d'étiages assez peu marqués d'automne. Sur la Wark à Ettelbruck, en 1958, la moyenne mensuelle des débits est de 0,525 m^3/s en octobre (moyenne mensuelle minima: 0,290 m^3/s en septembre) et l'on relève néanmoins des débits journaliers inférieurs à 0,300 m^3/s pendant la première semaine du mois.

— Fréquence et Profondeur: comme toutes les rivières pluviales océaniques, les cours d'eau luxembourgeois subissent une période de maigres chaque année. La gravité de ces étiages dépend étroitement des facteurs météorologiques. Le groupement des années sèches et humides se traduit le plus souvent dans le régime des étiages. Pour la période 1877—1917, le minimum minimorum de la Sûre, soit 3,8 m^3/s, a eu lieu en 1911 (659,7 mm de pluie), et la période 1911—1915 constitue un groupe d'années sèches. Des étiages accidentels peuvent survenir et ces phénomènes exceptionnels sont difficilement prévisibles. Pour 1921, l'année la plus sèche que l'on ait connu (382,2 mm de pluie à Berdorf, près d'Echternach), le débit d'étiage de la Sûre s'est maintenu à 3 m^3/s, soit un débit spécifique de 0,7 $l/s/km^2$. On ne peut attribuer cette faiblesse qu'à l'irrégularité du régime pluvial océanique.

Le débit caractéristique d'étiage ou débit classé réalisé 365 jours par an fournit d'utiles indications sur la pénurie en eau

des rivières. Voici les débits d'étiage minima correspondant à quatre années consécutives pour divers cours d'eau luxembourgeois, exprimés en m^3/s.

	Our (Stolzembourg)	Alzette (Esch Centre)	Syre (Mertert)
1955	1,300	0,150	0,590
1956	2,500	0,210	0,760
1957	1,500	0,165	0,560
1958	2,300	0,250	0,690

Or les débits d'étiage minima constatés sont pour ces mêmes rivières:

	Our	Alzette	Syre
Débit caractéristique d'étiage minimum (m^3/s)	1,300	0,095	0,288
Débit spécifique ($l/s/km^2$)	2	2,4	1,5
Année	1953	1950	1949

Les débits d'étiage peuvent varier du simple au triple.

— Evolution: l'évolution des étiages ne présente aucune analogie avec celle des crues. Il s'agit essentiellement d'un phénomène de lenteur et le niveau de l'eau s'abaisse progressivement de quelques centimètres par journée. Pour l'Eisch à Hunnebour, en 1953, les étiages se sont établis de la façon suivante: on assiste à une descente très lente des eaux à partir du 1er mars (0,40 m). En un mois le niveau ne s'abaisse que de 8 cm, puisque l'on relève 0,32 m le 31 mars. Au milieu du mois de mai les minima sont atteints avec 0,28 m. En avril les eaux se sont maintenues à 0,31 ou 0,30 m. En deux mois et demi, les eaux n'ont baissé que de 12 cm, ce qui confirme l'extrême lenteur de la phase descendante des étiages. Les maigres subsistent jusqu'à ce qu'un ruissellement nouveau apparaisse et la phase ascendante semble beaucoup plus rapide.

Parfois le passage des hautes eaux aux basses eaux s'effectue par une série de crues de courte durée, d'importance décroissante, beaucoup plus que par une évolution décroissante

régulière. Sur l'Alzette à Beggen, en 1952, après la crue moyenne de la deuxième semaine de janvier, les eaux atteignent 0,40 m au 30 janvier. On assiste à une deuxième pulsation avec la crue moyenne de la deuxième semaine de février et l'on retrouve 0,40 m le19 février. Nouvelle remontée des eaux en fin février début mars et le limnimètre indique 0,30 m les 20 et 21 mars. Une dernière pulsation se produit en fin mars début avril et les basses eaux s'établissent définitivement à partir du 28 avril: 0,30 m. Le minimum sera atteint le 10 août avec 0,22 m et l'on assistera à l'évolution de la phase croissante des eaux à partir de la mi-septembre.

Cependant les étiages peuvent être interrompus brutalement par une crue. En 1949, sur l'Attert à Colmar-Berg, le limnimètre indiquait 0,58 m le 7 juin. Le 8 juin on notait encore 0,62 m et le lendemain une crue secondaire subite provoquait une montée rapide des eaux jusqu'à 1,05 m. Le 13 juin, avec 0,63 m, annonçait la reprise de la période des basses eaux.

Ce sont le plus souvent des crues secondaires qui perturbent la période des basses eaux. Il n'est donc pas possible de dégager des règles valables fixant l'évolution des étiages.

On ne peut guère signaler que les mois d'avril et de mai comme ayant le plus de chance de présenter le début des basses eaux et les mois d'octobre et de novembre pour la reprise des hautes eaux.

b) *Les crues*

Les crues constituent l'un des traits les plus saisissants de l'hydrologie. Il est nécessaire d'étudier soigneusement le mécanisme de ce phénomène particulièrement complexe. Nous entendons par crue une montée des eaux amplifiée, survenant isolément ou en série, qu'il faut distinguer des hautes eaux saisonnières ordinaires.

— Les causes: la montée générale des eaux au mois de décembre 1952 sur toutes les rivières du bassin versant de la Sûre ne peut être attribuée qu'à l'influence seule des pluies. Les valeurs de la pluviosité pendant le mois de décembre 1952 ont été les suivantes:

Stations	Total mensuel de la pluviosité (mm)	Maximum en 24 heures (mm)	Nombre de jours de pluie	Nombre de jours de pluie de 15 mm et plus
Belvaux	165,8	32,7 le 21	20	4
Clemency	171,2	31,1 le 21	20	4
Roeser	111,4	33 le 1er	20	2
Ermsdorf	140	25 le 21	21	3
Ettelbruck	148,7	25,4 le 21	21	3
Kehmen	138,5	32,1 le 1er	20	2
Troine	171,1	35,6 le 21	22	2
Fouhren	147,9	30,8 le 21	23	3
Echternach	145,6	29,8 le 21	23	4

On remarquera la très nette prédominance du 21 décembre 1952, où dans la plupart des stations on enregistre les maxima en 24 heures les plus élevés. Or, l'évolution de la montée des eaux s'est produite ainsi (les hauteurs limnimétriques étant exprimées en mètres) :

Déc. 1952	Wiltz (Winseler)	Sûre (Insenborn)	Our (Stolzembourg)	Alzette (Ettelbruck)	Eisch (Hunebour)
16	0,56	1,24	0,88	0,96	0,60
17	0,66	1,26	0,83	1,38	0,89
18	0,65	1,36	0,90	1,36	0,94
19	0,61	1,36	0,88	0,96	0,70
20	0,81	1,36	0,87	1,02	0,82
21	1,53	2,10	1,85	2,78	2,70
22	1,36	2,16	2,08	2,26	1,90
23	1,26	1,96	1,75	1,92	1,25
24	1,22	1,86	1,45	1,64	1,22
25	1,36	1,94	2,40	1,72	1,20
26	1,26	1,90	1,90	1,44	0,65

	Mamer (Mersch)	Syre (Mertert)	Ernz Noire (Grundhof)	Ernz Blanche (Reisdorf)
16	0,70	0,83	0,37	0,28
17	1,20	0,92	0,70	0,60
18	0,70	1,15	0,50	0,44
19	0,75	1,20	0,46	0,34
20	1,10	1,40	1,10	0,90
21	2,10	1,42	2,50	1,30
22	2,20	1,00	2,00	0,78
23	1,15	0,95	1,08	0,60
24	0,85	0,80	0,82	0,40
25	0,75	1,07	0,90	0,40
26	1,40	1,00	0,96	0,40

Les maxima de la montée des eaux dépendent donc étroitement des maxima pluviométriques du mois et les pointes de la crue se situent le plus souvent au 21 décembre 1952 que nous venons de signaler comme enregistrant les maxima en 24 heures les plus élevés. L'influence de la nivosité ne peut être invoquée, les chutes de neige ayant été très réduites sur l'ensemble du territoire du Grand-Duché au cours du mois de décembre 1952.

Ces crues d'origine pluviale peuvent d'ailleurs intervenir à toutes les saisons et l'Annuaire Météorologique et Hydrographique du Grand-Duché de Luxembourg en fournit de multiples exemples. Cependant certaines crues de saison froide résultent de l'intervention conjuguée des facteurs pluviosité et nivosité. L'influence de la fonte des neiges est alors généralement associée à celle de la pluie. La crue de la mi-janvier 1951 résulte de l'évolution suivante des facteurs météorologiques. La pluviosité de janvier est restée relativement modeste.

Stations	Total mensuel de la pluviosité (mm)	Maximum en 24 heures (mm)	Nombre de jours de pluie	Nombre de jours de pluie de 15 mm et plus
Belvaux	96,7	17,6 le 12	17	2
Luxembourg	80,1	15,3 le 16	23	1
Ermsdorf	66,3	7,8 le 12	21	
Ettelbruck	83,1	12,6 le 12	24	
Kehmen	96,7	14,7 le 9	19	
Fouhren	78,1	11,9 le 12	24	
Echternach	77,5	10,3 le 12	17	
Altrier	69,2	11,5 le 17	20	

Ces chiffres sont très inférieurs à ceux de décembre 1952 et le nombre de jours de pluie de 15 mm et plus est restreint. Or la montée des eaux n'est pas négligeable:

Janv. 1951	Wiltz (Winseler)	Sûre (Michelau)	Our (Stolzembourg)	Alzette (Ettelbruck)	Eisch (Hunebour)
11	1,17	1,46	1,40	0,76	0,53
12	1,30	1,69	1,68	1,08	0,53
13	1,17	1,68	1,64	0,94	0,57
14	1,09	1,52	1,60	0,82	0,59
15	1,17	1,44	1,28	0,78	0,67
16	1,13	1,46	1,28	1,24	0,73
17	1,04	1,40	1,32	1,18	1,05
18	1,11	1,42	1,40	0,94	1,43
19	1,09	1,50	1,72	1,08	1,37
20	1,13	1,50	1,60	1,10	1,35

	Mamer (Mersch)	Syre (Mertert)	Ernz Noire (Grundhof)	Ernz Blanche (Reisdorf)
11	0,57	0,64	0,35	0,32
12	0,93	0,96	0,98	0,32
13	0,88	0,70	0,90	0,38
14	0,93	0,84	0,65	0,30
15	1,35	1,64	1,00	0,66
16	0,96	0,82	0,47	0,40
17	0,65	0,88	0,50	0,40
18	0,87	1,04	0,68	0,52
19	0,92	0,80	0,68	0,42
20	0,79	0,40	0,56	0,78

La pluviosité seule ne peut être rendue responsable de cette montée des eaux qui semble d'ailleurs plus persistante que dans le cas de la crue de décembre 1952. Les maxima ne correspondent pas à une journée bien précise. L'influence de la fonte des neiges ne saurait être contestée. Une couche de neige relativement épaisse couvre le sol pendant les mois de décembre 1950 et le début de janvier 1951. On peut noter jusqu'à 28 cm de neige le 19 décembre à Luxembourg-Ville et 27 cm le 1er janvier. A Clervaux dans l'Oesling luxembourgeois, la couche de neige atteint 33 cm du 27 au 31 décembre et même 40 cm les 1er, 2 et 3 janvier. Or toute trace de neige avait disparu pendant la seconde quinzaine de janvier. On sait d'autre part que 30 cm de neige fraîche donnent après fusion 45 mm d'eau.

En définitive, si le rôle de la neige n'est pas primordial, la fonte contribue à entretenir les débits imposants.

— Evolution: nous ne possédons pas de données concernant la vitesse de translation lors des maxima de crues.

Lorsque la propagation est normale, le maximum se produit en un lieu par l'arrivée du flot principal d'amont.

● Pour une crue simple la rapidité de croissance et de décroissance est liée aux particularités des facteurs météorologiques.

L'examen de quelques valeurs de ces divers éléments va nous permettre d'évaluer l'ordre de grandeur du retard qu'ac-

cusent les crues sur leurs causes. La crue de la mi-avril 1956 s'est propagée ainsi le long du bassin versant de l'Alzette: les maxima de la pluviosité pour ces mois de situent tous au 15 avril pour les diverses stations qui jalonnent le cours de la rivière, excepté Bettborn sur le cours de l'Attert où le maximum se produit le 13 avril. Or les différentes stations limnimétriques enregistrent les valeurs suivantes, de l'amont vers l'aval, ainsi que sur les principaux affluents:

	Alzette			
Avril 1956	Esch Centre	Itzigersté	Beggen	Ettelbruck
15	0,28	0,88	0,23	0,70
16	0,36	1,00	0,25	0,74
17	0,26	1,10	0,30	0,68
18	0,28	0,75	0,59	0,50
19	0,28	0,62	0,42	0,44

Avril 1956	Pluviosité à Luxembourg-Ville (en mm)
12	0,2
13	8,2
14	9
15	17,6
16	7,6
17	7,1

Avril 1956	14	15	16	17	18
Kaylbach (Nœrtzange)	0,46	0,56	0,72	0,54	0,35
Dudlingerbach (Bettembourg)	0,30	0,60	0,68	0,72	0,48
Mamer (Mersch)	0,52	0,76	0,93	0,76	0,70
Eisch (Hunebour)	0,33	0,42	0,48	0,52	0,50
Attert (Colmar-Berg)	1,02	0,94	0,86	0,76	0,70
Wark (Ettelbruck)	0,34	0,48	0,52	0,46	0,40

Sur l'Alzette la pointe de la crue se situe un jour après le maximum pluviométrique sur le cours supérieur.

A Itzigersté le retard est de deux jours; il est déjà de trois jours à Beggen. Jusque là l'évolution s'est poursuivie régulièrement d'autant plusque sur les deux affluents du cours supérieur (Kaylbach, Dudelingerbach) les maxima concordent avec ceux de la rivière principale. A Ettelbruck cependant, la pointe de la crue ne présente plus qu'un jour de retard sur le maximum pluviométrique. Les eaux ont reçu les apports d'un affluent où l'averse plus précoce (13 avril) a provoqué une crue anticipée, soit le 14 avril. Il s'agit de l'Attert. Les eaux provenant deux jours plus tard de la partie supérieure du bassin de l'Alzette n'ont servi qu'à soutenir les débits de la rivière à une valeur d'ailleurs peu éloignée du maximum. La crue de la mi-avril 1956 reste simple, car elle n'est due qu'à une seule averse.

● Lors des crues complexes on distingue autant de poussées sur chaque élément du réseau qu'il y a eu d'averses séparées. Analysons plus particulièrement la crue complexe de juin 1956, en ce qui concerne le bassin de la Sûre:

Pluviosité journalière pendant le mois de juin 1956 (mm)

Juin 1956	Luxembourg-Ville	Echternach	Clervaux
6	14,5	13,3	4,6
7	5,3	2,5	5,5
8	2,8	7,8	4,2
9	1,6	1,0	2,7
10	5,9	11,5	15,5
11	0,2	1	2
12	1,7	4	8,2
13	13,6	3,5	3,2
14	0,1		
15	0,8		1,1
16	1,7	17,5	3,2
17	2,8	1,5	0,6
18	5	3,6	6,3
19	0,4		0,4
20	0,2		0,5
21			
22			
23		0,8	
24			
25	6,8	8,5	18,9

Il en résulte un mécanisme complexe. A Insenborn la Sûre n'a reçu aucun de ses grands affluents et les diverses pulsations de la crue de la rivière atteignent leurs maxima les 14 (0,78 m) et 24 (0,72m) juin. Ils sont liés à des averses locales successives qui intéressent la partie supérieure du bassin de la Sûre. A Gœbelsmühle, la Sûre s'enrichit des eaux de la partie Nord et Nord-Ouest de l'Oesling luxembourgeois, soit la Wiltz grossie de la Clerve.

Sur ces dernères rivières on note la phase des plus hautes eaux les 10 et 11 juin (0,50 m au limnimètre de Winseler sur la Wiltz), ainsi que le 25 juin (0,45 m). Il y a là relation assez étroite avec les maxima pluviométriques enregistrés à la station de Clervaux, soit 15,5 mm le 10 juin et 18,9 mm le 25 juin. Les eaux de ces rivières précèdent donc les eaux du cours supérieur de la Sûre si bien que l'on observe sur la Sûre à Michelau l'arrivée des flots principaux les 13 (0,70 m) et 25 (0,64 m) juin. Le maximum de la crue est donc atteint, en ce qui concerne la première averse, une journée avant Insenborn, située plus en amont sur la rivière. A Ettelbruck se situe le confluent de la Sûre et de l'Alzette. Sur cette dernière rivière, les pulsations de la crue correspondent étroitement aux maxima des averses successives enregistrées à Luxembourg-Ville, en particulier les 10 et 13 juin où l'on enregistre respectivement 0,42 m et 0,38 m au limnimètre d'Ettelbruck. La Sûre s'enrichit encore de l'Our à Wallendorf. Cette rivière présente également sa phase des plus hautes eaux le 13 juin (0,82 m au limnimètre de Stolzembourg), avec seconde pulsation au 26 juin (0,57 m). On enregistre donc une poussée maximum des eaux le même jour, soit le 13 juin, sur la Sûre moyenne, l'Alzette et l'Our. Les différentes pointes qui vont s'ajouter à l'aval de Wallendorf ont pour conséquence: l'arrivée de la lame d'eau maximum le lendemain, soit le 14 juin, sur la Sûre aux stations de Ralingen (1,47 m) et de Metzdorf (1,07 m). On observe donc le mécanisme curieux d'une évolution simultanée des hautes eaux sur le cours supérieur et inférieur de la Sûre. Quant à la seconde averse (25 juin) l'évolution se poursuit de façon beaucoup plus régulière, les maxima de la crue se progageant deux jours après l'amont, sur la partie aval de la rivière. Nous ne possédons malheureusement pas de données sur les apports de la Prüm au confluent de Minden.

Toutes les crues que nous mentionnons sont exprimées en hauteurs limnimétriques, car les mesures de débit restent insuffisantes. Enfin il nous manque des indications au sujet de la durée des crues et notamment l'heure précise des maxima, ce qui ne permet pas d'envisager les applatissements éventuels, ainsi que les moments exacts de l'apparition de la décrue.

— Puissance des crues: les crues peuvent véhiculer des volumes d'eau considérables qui sont à l'origine même des catastrophes. Elles s'individualisent par plusieurs éléments que nous allons successivement examiner:

● La hauteur: elle dépend évidemment des débits mais aussi des conditions d'écoulement locales, en particulier les encaissements de la rivière. Pour la période 1949—1958 les records atteignent sur la Sûre 2,46 m le 26 février 1958 à Insenborn et 2,45 m le même jour à Michelau. Pour d'autres cours d'eau du Grand-Duché, les chiffres maxima suivants ont été enregistrés au cours de la même période:

Syre (Mertert)	Janvier 1955	13	0,52 m
		14	2,10 m
		15	0,80 m
Wiltz (Winseler)	Décembre 1952	20	0,81 m
		21	1,53 m
		22	1,36 m
Ernz Blanche (Reisdorf)	Décembre 1952	20	0,90 m
		21	1,30 m
		22	0,78 m
Alzette (Esch Centre)	Décembre 1952	20	0,56 m
		21	0,85 m
		22	0,70 m

La crue de janvier 1955 intéresse davantage le bassin de la Moselle que le réseau de la Sûre, ce qui explique les hauteurs considérables enregistrées sur la Syre.

● Le débit maximum: les débits maxima caractérisent davantage les crues. Les débits spécifiques instantanés maxima de crue correspondant à deux stations de la même rivière, s'établissent ainsi pour l'Alzette (en l/s/km²):

	1955	1956	1957	1958
Esch Centre	82	48	91	81
Esch Frontière	96	72	87	95

Ces débits spécifiques devraient diminuer alors que la surface réceptrice augmente, mais les deux stations sont trop rapprochées l'une de l'autre pour que l'on puisse en tirer d'utiles conclusions.

Sur les autres rivières, les débits spécifiques, ainsi que les débits bruts maxima de la période 1949—1958, prennent les valeurs suivantes:

	Débit spécifique (l/s/km²)	Date	Débit absolu (m³/s)
Wark (Ettelbruck)	264	21 déc. 1952	21,380
Attert (Colmar-Berg)	156	14 fév. 1957	46,500
Alzette (Esch Centre)	104	21 déc. 1952	4,040
Our (Stolzembourg)	446	26 fév. 1958	280
Wiltz (Winseler)	213	21 déc. 1952	21,480

● Coefficient d'écoulement: il varie avec la saison. Pour la Sûre, le coefficient d'écoulement dépasse 75% pour une crue de saison froide en raison de l'imperméabilité du terrain et même 80% si le sol est gelé ou saturéd'eau. En automne il ne dépasse pas 70%. En été les valeurs sont encore inférieures, car l'influence de la température est beaucoup plus nette.

Le déficit d'écoulement varie en sens inverse. Il est de l'ordre de 20 à 30 mm pour une crue d'hiver et peut même atteindre 70 mm en été.

— Fréquence des crues: la fréquence des crues est sujette à d'importantes inégalités selon les périodes d'observation, en raison même de l'instabilité des facteurs météorologiques. Les

rivières luxembourgeoises ont leurs crues généralement en saison froide de novembre à mars.

De 1877 à 1917 sur la Sûre les plus grandes crues ont eu lieu:

Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
8 fois	11 fois	8 fois	7 fois	3 fois

De 1949 à 1958 la fréquence saisonnière des plus grandes crues s'établit ainsi:

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Alzette (Esch Centre)	1 fois		1 fois	2 fois	3 fois
Syre (Mertert)			1 fois	1 fois	1 fois
Wiltz (Winseler)			1 fois		2 fois
Our (Stolzembourg)				1 fois	2 fois
Attert (Colmar-Berg)			2 fois	1 fois	3 fois

Il y a là un trait caractéristique du régime pluvial océanique.

L'application du calcul des probabilités à l'hydrologie a permis d'évaluer les débits maxima exceptionnels possibles ainsi que les plus grandes crues, lorsque tous les facteurs convergent favorablement. La formule d'Iszkowsky (Q max = Ch m. h. F) évalue la plus grande crue possible d'après l'intensité pluviale sur le bassin.

Pour la Sûre Q max = 1850 m^3/s (433 $l/s/km^2$). Il semble que l'on puisse s'attendre peut-être une fois tous les 200 ans à un débit maxima susceptible de dépasser 1500 m^3/s, ce qui est déjà fort appréciable, alors que la formule d'Iszkowsky prévoit 1850 m^3/s.

L'étude des étiages et des crues repose donc sur des facteurs qu'il est aisé d'observer directement, mais les données

météorologiques et fluviométriques doivent s'étaler sur une période suffisamment longue si l'on veut entreprendre une étude rationnelle de ces phénomènes.

Conclusion

Nous venons d'esquisser seulement quelques problèmes concernant l'hydrologie fluviale du bassin luxembourgeois de la Sûre. Nous y avons ajouté quelques données au sujet de la Syre et de l'Aalbach, bien que ces deux cours d'eau n'appartiennent pas au bassin de la Sûre; afin de dresser un tableau aussi complet que possible des rivières luxembourgeoises. Il s'agit là d'une étude très géographique car les cours d'eau reflètent les divers caractères du bassin qu'ils drainent.

On ne peut nier enfin l'influence de la convergence fluviale remarquable de Wasserbillig qui introduit au Grand-Duché de Luxembourg des éléments d'unité à la fois physique et économique.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

● Annuaire statistique

Annuaire Météorologique et Hydrographique, publié par le Service Météorologique et Hydrographique National du Grand-Duché de Luxembourg, continuation d'une série de publications annuelles commençant par celle de l'année 1949.

● Ouvrages généraux

Pardé (M.), Fleuves et Rivières, Collection Armand Colin, Paris, 1955, 224 pages.

Réméniéras (G.), Eléments d'hydrologie appliquée, Collection Armand Colin, 1960, 208 pages, 48 figures, 2 tableaux.

Réméniéras (G.), L'hydrologie de l'ingénieur, Eyrolles, 1960, 413 pages, 188 figures.

● Etudes climatiques

Gloden (A.), Sur la distribution de la pluie au Grand-Duché de Luxembourg, Archives de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, Section des Sciences, 1936, Tome XIV, pages 29—44.

Gloden (A.), La carte pluviométrique du Grand-Duché de Luxembourg, Bulletin de la Société royale belge de géographie, 1937, 61e année, pages 95—106.

Klein (E.), Climats et stations climatiques du Grand-Duché de Luxembourg, Traité de Climatologie biologique et médicale, Piéry, 1934, p. 1942.

Lahr (E.), Un siècle d'observations météorologiques au Grand-Duché de Luxembourg, Bourg-Bourger, Luxembourg, 1950, 282 pages.

● Etudes hydrologiques

Engel (F.), Le régime d'écoulement de la Basse Sûre, Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois, 1950, pages 44—98, 6 figures et 11 tableaux hors texte.

Note sur le régime de la Basse-Sûre, Société Luxembourgeoise d'Etudes Hydro-Electriques, Luxembourg, 15 septembre 1947, document ronéographié, 3 fascicules: Texte (63 pages), 53 tableaux, 27 graphiques et diagrammes.

Sivering (J.), Le bassin de la Sûre. Etude hydrographique. Publications de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, Section des Sciences naturelles, 1874, Tome XIV, pages 59—64.

Sivering (J.), Les surfaces tributaires des cours d'eau du Grand-Duché .Publications de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, 1877, Tome XVI, page 64.

Worré (M.-J.), Un diagramme de l'eau débitée par la Sûre par mois pendant la période de 1855—1869, par mètre carré de surface tributaire, ainsi que de l'eau de pluie tombée et de la température moyenne correspondante d'après un tableau établi par J. Sivering. Publications de l'Institut grand-ducal de Luxembourg, 1874, Tomé XIV, page 61.