



J. Rousselle
COMITE NATIONAL FRANCAIS DE GEOGRAPHIE
COMMISSION D'HYDROLOGIE CONTINENTALE

~ **CRUES ET INONDATIONS** ~

(GENESE, METHODES D'ETUDE, IMPACTS ET PREVENTION)

ACTES DU COLLOQUE DE
STRASBOURG : 16 - 18 octobre 1986

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR
CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES ECO-GEOGRAPHIQUES

STRASBOURG 1987

Journées d'Hydrologie de Strasbourg
CRUES ET INONDATIONS
16, 17 et 18 Octobre 1986

*INFLUENCE DES AMENAGEMENTS DU COURS D'UNE RIVIERE
DE MOYENNE BELGIQUE ET DE SON BASSIN HYDROGRAPHIQUE
SUR LE COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DE LA RIVIERE*

*G. MABILLE *, F. PETIT **

RESUME

L'analyse des débits d'une rivière de moyenne Belgique (région limoneuse de la Hesbaye) sur une période relativement longue (1953-1984) montre un accroissement sensible de la fréquence des inondations : en moyenne 0,25 fois par an avant 1965, contre 4 fois par an après 1980. Comme l'ont montré différents tests, cette tendance n'est pas liée à une modification des événements climatiques générateurs de crue.

Cette évolution résulte tout d'abord des travaux de rectification de la rivière, réalisés dans la partie amont du bassin et sur les affluents, permettant ainsi une évacuation plus rapide des eaux mais provoquant un accroissement des inondations en aval, dans les zones où la rivière est restée à l'état naturel.

D'autres aménagements ont également joué un rôle, mais à des degrés divers : les remembrements agraires, l'imperméabilisation du bassin liée à l'urbanisation mais surtout le raccordement systématique des réseaux d'égoutage à la rivière, ce qui, comme il ressort de l'analyse des hydrogrammes de crues, tend à réduire sensiblement le temps de réponse des débits aux précipitations.

* Université de Liège - Laboratoire de Géographie physique
7 Place du XX Août - B 4000 LIEGE - BELGIQUE

ABSTRACT : MODIFICATION'S EFFECTS OF A STREAM AND OF ITS HYDROGRAPHIC BASIN IN MIDDLE BELGIUM, ON THE HYDROLOGIC BEHAVIOUR

A study of middle Belgium stream discharges during a fairly long period (1953-1984) shows an increase of flood frequency : 0,25 times per year before 1965 against 4 times per year after 1980. As shown by different tests, this trend does not result from modifications of flood generating climatic conditions.

This evolution is caused by river straightenings (with deepening and widening of the channel) made first in the upstream part of the river basin and on the tributaries. This leads to a faster evacuation of the flow downstream and to a flood increase where the channel is not yet rectified.

Other development actions also play a part in this flood increase : the regroupings of land, the basin impermeabilization caused by the urbanization but especially the systematic connections of the sewage drainage systems to the river. The latter, as shown by flood discharge-hydrograph studies, reduce the reaction time of the discharges to the precipitations.

* * *

INTRODUCTION

Rivière de Moyenne Belgique dont le bassin hydrographique s'étend sur un substrat perméable, le Geer se caractérisait à l'origine par un régime de débits peu contrasté. Toutefois, une série d'aménagements du cours de la rivière, de ses affluents et, de façon plus générale, de son bassin hydrographique, a modifié le régime de la rivière, spécialement en ce qui concerne la fréquence des crues avec inondation.

Après avoir présenté les grands traits du bassin hydrographique, nous envisagerons, de façon synthétique, les principaux types d'aménagements réalisés et leur impact sur le régime des débits.

I. CARACTERES GENERAUX DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE

Le bassin du Geer, qui atteint un peu moins de 500 km² à sa confluence avec la Meuse aux Pays-Bas, s'étend sur les sables tertiaires ainsi que sur les craies et tuffeaux du Crétacé. Le relief y est peu marqué, les altitudes variant de 60 à 200 m, et la pente longitudinale moyenne de la rivière est faible (0,13 %). L'essentiel du bassin est occupé par des cultures, bien que la partie méridionale du bassin soit nettement plus urbanisée (proximité de l'agglomération liégeoise).

La pluviosité annuelle sur le bassin est homogène, elle représente en moyenne 750 mm (BOLLINE, LAURANT et BOON, 1979).

II. PRINCIPAUX AMENAGEMENTS DU COURS DU GEER ET DE SON BASSIN HYDROGRAPHIQUE

A. Normalisation du cours du Geer et de ses affluents

Les travaux de normalisation du cours du Geer, entrepris dès 1955, sont de trois types. Il s'agit tout d'abord de rectifications du cours où les méandres sont atténués, voire supprimés, et le lit mineur approfondi et élargi.

Les dérivations : le cours naturel de la rivière est maintenu mais, parallèlement à ce dernier, un canal de dérivation est creusé, qui ne fonctionne qu'à partir de débits élevés, évitant ainsi les inondations dans les zones contournées.

Le recalibrage du lit consiste en un élargissement et un approfondissement du lit mineur, tout en maintenant le tracé original de la rivière.

A noter que ces deux dernières techniques n'ont été, à quelques rares exceptions près, appliquées que très récemment.

Il va de soi que le but de ces travaux, en permettant à la rivière de contenir un débit nettement plus élevé, est d'éviter les inondations dans les zones riveraines. Mais ceci a pour conséquence de favoriser l'évacuation d'une plus grande quantité d'eau vers l'aval, car en l'absence de débordement, il n'y a plus stockage temporaire dans la plaine alluviale. De plus, la diminution de la rugosité du lit - suite au talutage des berges, à la normalisation de la section et du tracé, et à

la suppression d'obstacle - a pour effet d'augmenter la vitesse, favorisant ainsi la transmission de l'onde de crue.

La localisation des travaux de normalisation, avec leur date d'achèvement et le débit maximum qui puisse être évacué, est reportée à la figure 1. Il s'individualise schématiquement deux zones :

- toute la partie amont du cours, normalisée avant 1965, ainsi qu'une partie de son affluent principal ;
- la partie intermédiaire du cours (aux environs de la ville de Tongeren), ainsi que plusieurs affluents, le tout normalisé entre 1970 et 1978.

En 1985, il subsistait donc deux tronçons où le cours du Geer n'avait pas encore été normalisé : l'un juste en amont de la ville de Tongeren, l'autre au sein de l'entité de Bassenge, où les travaux de normalisation (de type recalibrage et dérivation) sont en cours. C'est plus particulièrement dans cette seconde zone que se sont posés, entre 1980 et 1984, de graves problèmes d'inondation.

B. Le réseau d'égoutage

Les réseaux d'égoutage ont été installés afin de permettre l'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales. L'ensemble est collecté généralement vers une station d'épuration, puis rejeté dans la rivière après traitement. Toutefois, lors de débits élevés, le tout est rejeté directement à la rivière.

Conjointement à l'installation du réseau d'égoutage, des bassins d'orage ont été équipés, mais parfois avec retard et non de façon systématique, leur localisation étant beaucoup plus guidée par la nécessité de résoudre des problèmes locaux, voire ponctuels (protection à l'échelle d'un quartier par exemple). Par ailleurs, si ces bassins d'orage jouent bien un rôle tampon lors d'averses de forte intensité, il semble, comme il sera vu plus tard, qu'il n'en soit pas de même lors de pluies soutenues de relativement faible intensité. Ainsi, du fait des travaux d'aménagement inhérents à la réalisation du réseau d'égoutage (canalisation des ruisseaux, multiplication des fossés, ...), ceci tend alors à restreindre sensiblement le temps de réponse des débits de la rivière aux précipitations (MABILLE, 1985).

Les communes équipées d'un réseau d'égoutage se situent principalement dans la partie amont du bassin hydrographique, mais surtout le long des affluents ou en tête de leur bassin (Fig. 1). Dans la plupart des cas, les travaux ont été réalisés entre 1965 et 1975 à l'exception toutefois de la zone fortement urbanisée qui constitue déjà l'auréole de l'agglomération liégeoise (commune d'Alleur notamment) où ces travaux

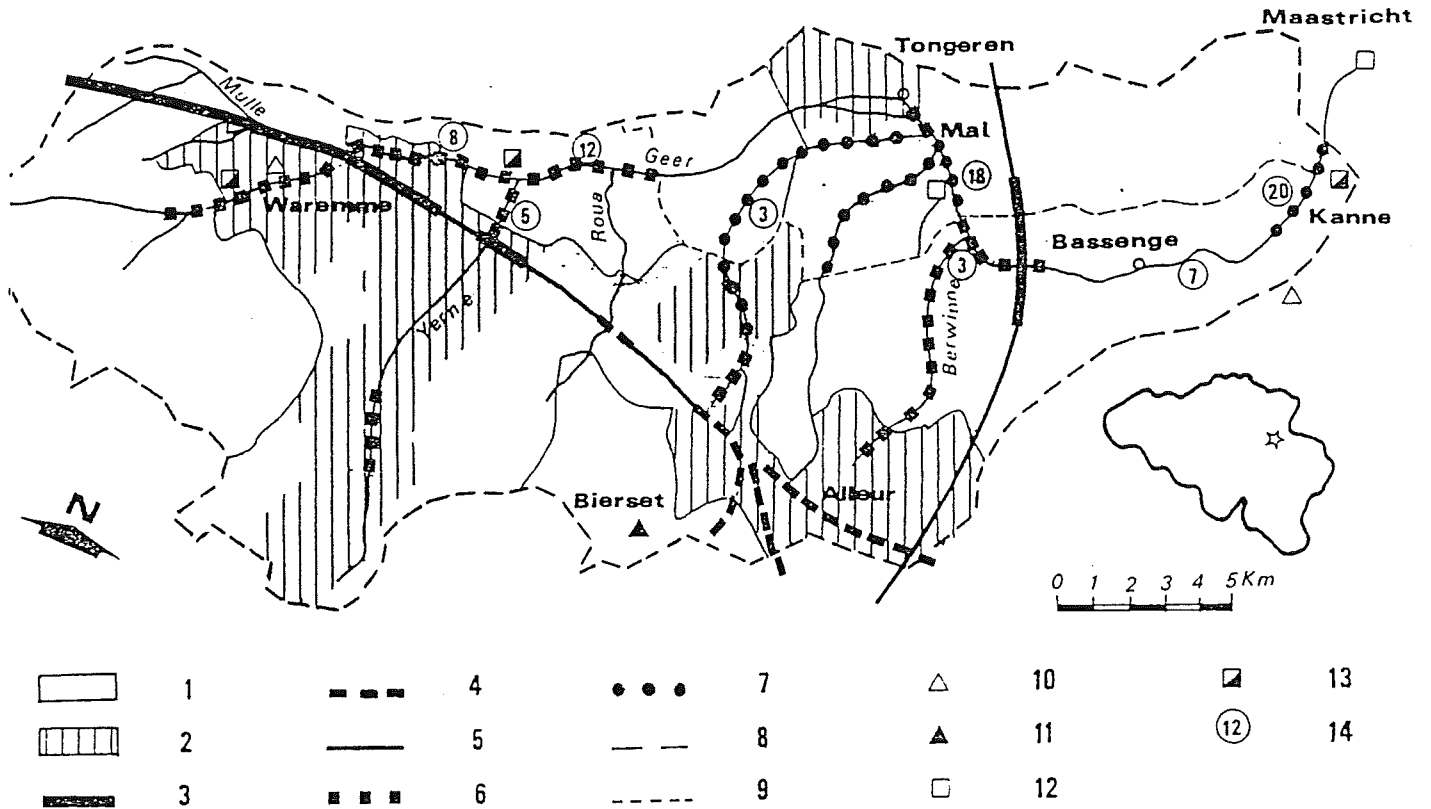


FIGURE 1 : PRINCIPAUX AMENAGEMENTS DU BASSIN DU GEER

- | | |
|---|---|
| 1. Remembrements agraires | 8. Limite de bassin hydrographique |
| 2. Zones où a été installé un réseau d'égoutage | 9. Limite provinciale |
| 3. Tronçons d'autoroute où les eaux de ruissellement sont directement déversées dans la rivière | 10. Station pluviométrique |
| 4. Tronçons d'autoroute où les eaux de ruissellement sont collectées dans des bassins d'orage avec exutoire vers la rivière | 11. Station pluviographique |
| 5. Tronçons d'autoroute qui n'ont aucune influence sur le régime de la rivière | 12. Station limnimétrique |
| 6. Tronçon de rivière normalisé avant 1965 | 13. Station limnigraphique |
| 7. Tronçon de rivière normalisé entre 1970 et 1980 | 14. Valeur du débit qui peut être évacué dans les sections normalisées ; du débit à pleins bords dans les sections naturelles |

ont été achevés en 1980. Ce fait mérite d'être souligné car les eaux recueillies dans cette zone sont évacuées par un affluent dont la section a été canalisée de façon à pouvoir évacuer un débit de 3 m³/s, qui rejoint la rivière principale juste en amont de l'endroit où elle n'a pas encore été normalisée.

C. Les remembrements de terres agricoles

L'essentiel des travaux de remembrement a été réalisé entre 1970 et 1978 (plus de 16.000 ha), alors qu'auparavant, un peu plus de 2.000 ha avaient déjà été remembrés. Comme on le voit à la figure 1, une part importante de ces travaux a été effectuée dans la partie amont du bassin hydrographique.

Les remembrements peuvent influencer le comportement hydrologique d'un bassin par le fait que certains travaux d'aménagement sont également réalisés : installation d'un réseau de drainage, équipement de nouvelles voiries, amélioration ou création de fossés d'évacuation des eaux, normalisation des principaux affluents de la rivière. C'est ainsi, par exemple, que lors d'un petit remembrement effectué près de Tongeren (à Mal, 957 ha), 7,2 ha ont été imperméabilisés du fait de la création d'une nouvelle voirie, 3,5 km de fossés ont été creusés et 1,5 km du cours d'un affluent principal de la rivière ont été normalisés (S.N.T., 1983).

D'autre part, comme le note LAGNEAUX (1985), l'accroissement de la taille des parcelles semble également favoriser le ruissellement, car auparavant l'enchevêtrement des parcelles (avec le plus souvent des couvertures végétales différenciées), la présence de haies ou de rideaux, constituaient autant de freins à l'écoulement. Il est cependant difficile de quantifier les conséquences liées à la modification de chacun de ces postes ; ceci nécessiterait des études comparatives à l'échelle de petits bassins-versants équipés à cet effet.

Par ailleurs, LAGNEAUX (1985) a aussi noté une évolution du type de culture simultanée aux remembrements. Ainsi la superficie occupée par les cultures peu couvrantes - qui opposent évidemment une moindre résistance au ruissellement - a augmenté sensiblement entre 1965 et 1982 (de 11 % à 19 %) avec l'accroissement le plus sensible entre 1970 et 1976, alors que dans la même intervalle de temps, les pâtures et les cultures couvrantes diminuaient dans des proportions assez semblables. Grâce à une simulation réalisée à partir de la méthode S.C.S (VEN TE CHOW, 1964) adaptée à la Hesbaye par SINE (1968), MABILLE (1985) a pu estimer que le passage total de cultures couvrantes à des cultures non couvrantes provoquerait une augmentation des débits de pointe de 25 à 50 % suivant l'intensité des pluies.

D. L'imperméabilisation du bassin liée à l'urbanisation.

L'imperméabilisation du bassin hydrographique résulte tout d'abord de la création d'une nouvelle voirie, comme déjà ci-dessus dans le cas des remembrements. Ainsi la présence d'un réseau autoroutier dense va influencer la réponse des débits aux précipitations dans deux types de cas :

- lorsque les surfaces drainées sont raccordées directement à la rivière sans que les bassins d'orage aient été aménagés. Ces surfaces représentent près de 70 ha. Comme on le verra par la suite, l'influence sur les débits de la rivière se fera sentir - de façon non négligeable - lors de courtes averses de forte intensité.
- dans d'autres tronçons d'autoroute, l'écoulement est concentré vers des bassins d'orage qui ont un exutoire vers la rivière. Près de 93 ha sont dans un tel cas. L'influence sur les débits de la rivière est moins marquée, mais se fait sentir lors de pluies soutenues de faible intensité.

Sur la base de données de l'Institut National de Statistique, LAGNEAUX (1985) a estimé que dans le bassin du Geer, la superficie de la surface bâtie représentait un peu plus de 1100 ha (soit 2,5 % de la superficie totale du bassin). Une augmentation de l'ordre de 20 % a été enregistrée entre 1961 et 1970, et de 27 % entre 1970 et 1983. A noter que près de 70 % de cet habitat est raccordé à un système d'égoutage.

III. EVOLUTION DE LA FREQUENCE DES INONDATIONS DANS LE SECTEUR NON RECTIFIE

Afin de déterminer une éventuelle modification de la fréquence des inondations, il était indispensable de pouvoir bénéficier d'une série de données suffisamment longue (relevés limnimétriques de la station de Maastricht gérée par le Waterdienst van Limburg (Pays-Bas)).

Cette analyse a tout d'abord requis que soit déterminé le débit mesuré à Maastricht, pour lequel il y a inondation dans la zone non normalisée (entité de Bassenge). De plus, comme il convenait de s'assurer que l'évolution de la fréquence des inondations n'était pas uniquement fonction de variations dans les conditions climatiques, il a été nécessaire, à partir de l'analyse de la genèse des crues, d'individualiser des paramètres climatiques quantifiables susceptibles d'être traités.

A. Détermination du débit à pleins bords

Une revue systématique des principaux quotidiens régionaux a permis de retrouver les dates et les endroits où il y a eu inondation et donc de déterminer le débit correspondant à la station de Maastricht. Ainsi, lorsque ce dernier est compris entre 7 et 8 m³/s, la presse fait toujours écho de problèmes d'inondation. Lorsque le débit avoisine 7 m³/s, la presse signale des risques d'inondation et en mentionne même parfois. Ces données ont été confrontées avec succès aux dates où il y a eu intervention de la protection civile.

Par ailleurs, il existe des relations qui lient la longueur d'onde des méandres (λ) au débit à pleins bords (Q_b) (ALLEN, 1970) :

$$\lambda = 22,6 Q_b^{0,42}$$

Le relevé sur photographies aériennes à grande échelle (1/10.000; vol 7G Trav. Publ. 1968) de neuf méandres situés quelques kilomètres en amont de la station limnimétrique, a permis d'estimer que la longueur d'onde des méandres était en moyenne de 75 m, ce qui, par application de la relation ci-dessus, donne un débit à pleins bords de 6,7 m³/s.

B. Importance des pluies génératrices de crues avec inondation

Cette analyse a montré qu'une période de pluie soutenue mais de faible intensité (de 40 à 45 mm recueillis en trois jours consécutifs par exemple) peut faire passer un débit de base relativement faible (de l'ordre de 3 m³/s) à plus de 7 m³/s. Un même débit est atteint avec une seule pluie journalière de 25 à 30 mm.

Lorsque, à la suite de l'héritage de conditions antérieures, le débit de base est plus important (de l'ordre de 4,5 m³/s), une lame d'eau de 20 à 25 mm tombant en deux jours consécutifs, ou de 30 à 35 mm en trois jours consécutifs, suffit pour que la rivière atteigne son débit à pleins bords. En revanche, lorsque le débit de base est faible (moins de 2 m³/s), 40 à 45 mm recueillis en deux jours sont au moins nécessaires pour que le débit à pleins bords soit atteint.

A noter que les valeurs des pluies présentées ci-dessus sont les valeurs minimales qui suffisent à faire atteindre le débit à pleins bords. Cette analyse a été réalisée au cours de la période 1978-1984, du fait que le nombre d'événements y a été important et que des valeurs minimales ont ainsi pu être sélectionnées. Par contre, une analyse semblable réalisée lors des années antérieures - avant que les aménagements aient été réalisés - n'a pu aboutir du fait que les événements minimaux étaient trop peu fréquents.

C. Fréquence des inondations et des événements climatiques générateurs de crues avec inondation

C'est le nombre de fois où, sur une année, le débit à pleins bords a été atteint ou dépassé, et non le nombre de jours, qui a été retenu comme variable. Cette façon de procéder est en effet plus sélective du fait qu'une crue importante n'est comptabilisée qu'une seule fois, même si le débit à pleins bords a été dépassé pendant plusieurs jours.

L'évolution de la fréquence des petites crues a également été envisagée (débit égal ou supérieur à 5 m³/s) car, comme nous le verrons par la suite, même si ces crues ne provoquent pas d'inondations, il arrive que le débit à pleins bords puisse être frôlé, du fait que la pointe de la crue ne coïncide pas nécessairement avec le moment où la lecture est faite à l'échelle limnimétrique.

Ces données sont reportées à la figure 2, ainsi que l'évolution de la fréquence des événements climatiques générateurs de crue. On peut faire les remarques suivantes :

- avant 1964, il était rare que le débit dépassât 5 m³/s (en moyenne une fois par an). Par ailleurs le débit à pleins bords n'a été dépassé qu'à deux reprises en douze ans.
- en 1965 et 1966, on note une fréquence élevée des petites crues, et également des inondations. Ceci est à mettre en relation avec le fait que ces deux années ont été particulièrement bien arrosées, ce qui se marque d'ailleurs par un accroissement de la fréquence des paramètres climatiques pris en considération.
- par la suite, principalement entre 1970 et 1980, on a constaté une augmentation du nombre de petites crues sans qu'il y ait un accroissement du nombre d'événements climatiques par rapport à la situation d'avant 1964 ; au contraire, la période 1970-1980 se caractérise par un nombre assez important d'années sèches.
- une évolution nettement plus sensible se dessine à partir de 1980 : les petites crues qui auparavant étaient rares (une fois par an en moyenne) se présentent près de dix fois par an, et le débit à pleins bords est dépassé en moyenne quatre fois par an. La présence d'années pluvieuses (comme 1981) explique évidemment certaines augmentations, mais pas toutes. En effet, si l'on compare les années 1980 et 1957 par exemple, on constate que des événements assez communs qui par le passé ne provoquaient aucune inondation, réussissent à la faire actuellement.

Des tests de tendance tels que le test sur le t de Kendall utilisé par LAURANT et ALEXANDRE (1977) ont été appliqués à ces différentes séries de données. En ce qui concerne l'évolution des débits d'inondation et des petites crues, il existe bien une tendance significative à

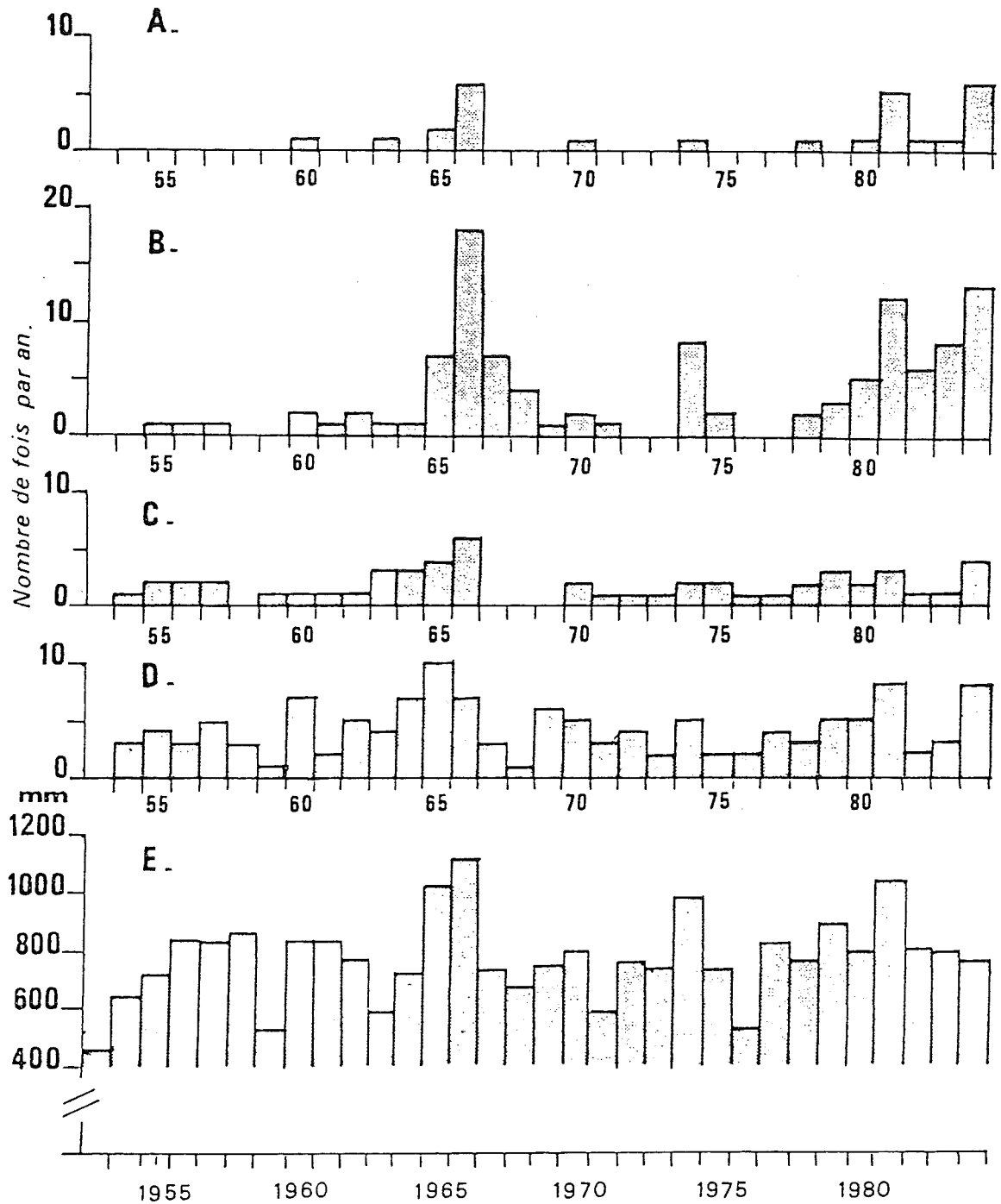


FIGURE 2 : FREQUENCE DES INONDATIONS ET DES EVENEMENTS CLIMATIQUES GENE-
TEURS DE CRUE

Nombre de fois où en une année, les débits ont été égaux ou supérieurs :

- au débit à pleins bords (A) ;
- à un débit de 5 m³/s (B) ;

Nombre de fois où en une année se sont présentées :

- des périodes de trois jours consécutifs où au moins 40 mm de pluie ont été recueillis (C) ;
- des pluies égales ou supérieures à 20 mm/j (D) ;

Pluviosité annuelle (E) .

une augmentation de leur fréquence (Ut valant respectivement + 2,19 et + 2,98) (1).

Par contre, en ce qui concerne les paramètres climatiques, il ne se dégage pas de tendance significative (Ut valant - 0,60 pour les pluies de 20 mm/jour et + 1,18 pour les périodes de trois jours de pluie consécutifs). En d'autres termes, il y a augmentation du nombre d'inondations et on peut écarter toute cause climatique. Il semble donc qu'il y ait bien eu modification dans la réponse des débits aux précipitations.

Un premier changement (aux alentours de 1965) résulterait de l'achèvement des normalisations de la partie amont du bassin, et par la suite (entre 1970 et 1980), des modifications progressives quant à l'affectation du sol (égoutage des communes, remembrements). Les modifications les plus sensibles (après 1980) semblent résulter de l'achèvement des normalisations du cours juste en amont de la zone restée à l'état naturel, mais également du fait que le réseau d'égoutage de la zone à forte urbanisation est alors achevé. L'influence de ces deux postes va d'ailleurs bien ressortir de l'analyse des hydrogrammes de crues.

IV. ANALYSE DES HYDROGRAMMES DE CRUES

Ces hydrogrammes ont été reconstitués à partir des données horaires enregistrées à la station de Kanne (ministère des T.P.), située en aval de la zone où le cours de la rivière est resté à l'état naturel. Des données de débit sont également disponibles pour une station limnimétrique (Mal) située juste en amont de cette zone et de l'exutoire des eaux d'égoutage recueillies dans la zone urbanisée (Fig. 1), ce qui permettra de cerner l'influence de ces apports.

Par ailleurs, les hydrogrammes ont été mis en relation avec les précipitations horaires enregistrées à Bierset. Deux autres stations pluviométriques situées aux extrémités du bassin ont permis de vérifier si les précipitations s'étaient réparties de façon homogène sur le bassin.

La crue de septembre 1979 (Fig. 3 A) résulte d'une pluie de forte intensité (39 mm recueillis en 3 heures) généralisée à l'ensemble du bassin.

La montée a été rapide avec un premier maximum enregistré dix heures après le début de la pluie, puis plus lente, un second maximum se

(1) Dans ce test, la tendance est considérée comme significative lorsque la valeur Ut dépasse $\pm 1,96$.

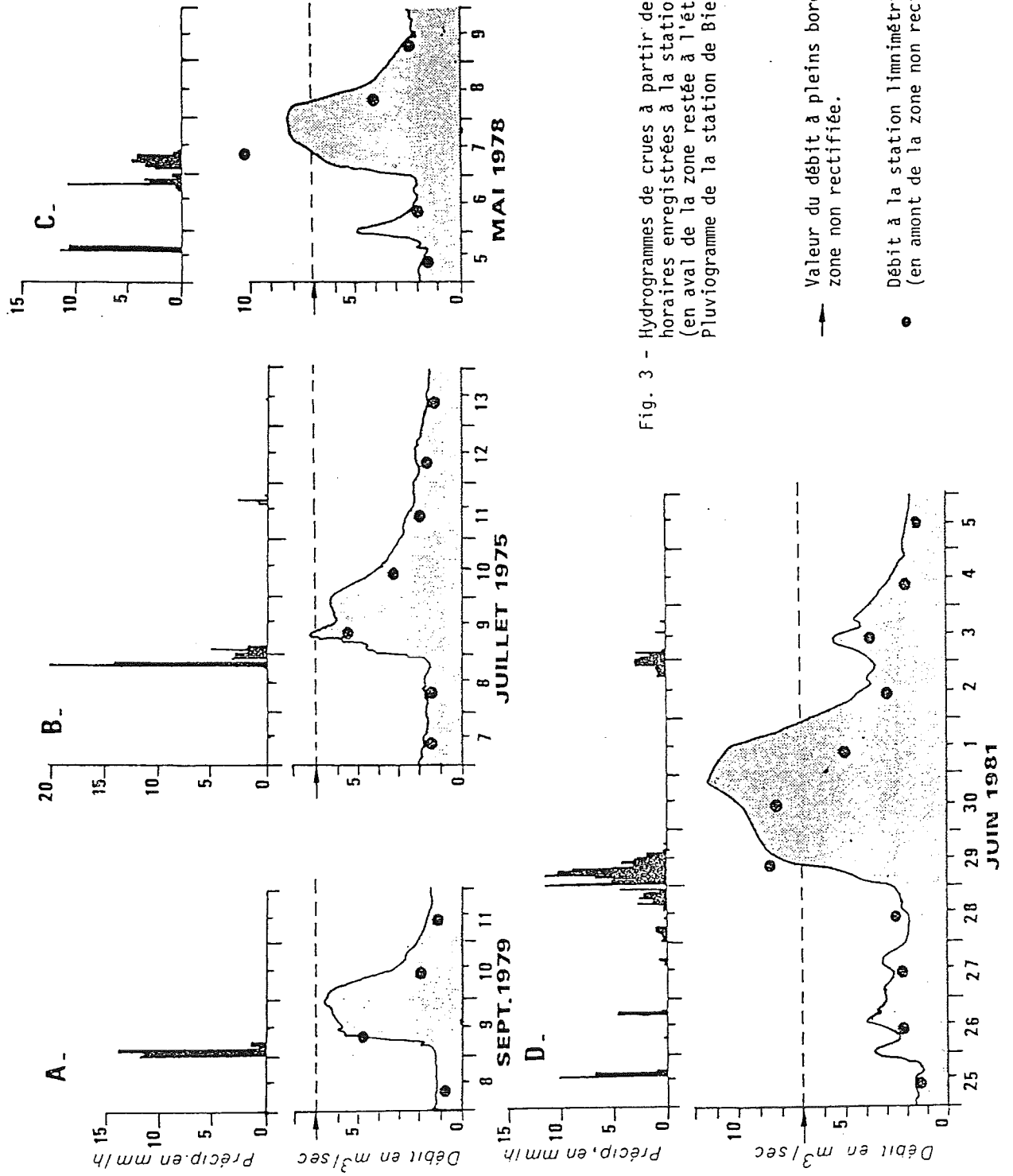


Fig. 3 - Hydrogrammes de crues à partir des données horaires enregistrées à la station de Kanne (en aval de la zone restée à l'état naturel). Pluviogramme de la station de Bierset.

produisant douze heures plus tard. L'allure de cet hydrogramme ne résulte pas de la répartition des précipitations dans le temps (influence d'une averse parasite) ni d'un écrêtement dû à une inondation - le débit à pleins bords n'est en effet pas dépassé - mais, comme nous allons le voir, de la succession de deux flots. En effet, si l'on compare à un même moment dans la montée de la crue (le 9 sept. à 8 h) le débit de la station amont et celui de la station aval, on constate que ce dernier est plus important. Ceci implique l'existence d'un apport important entre ces deux stations qui peut provoquer une première montée marquée à la station d'aval, le second maximum résultant du flot provenant de l'amont. Ces apports locaux représentent les eaux de ruissellement et d'égoutage en 1979, mais aussi, dans une moindre mesure, l'apport par ruissellement sur la section d'autoroute raccordée directement à la rivière (0,6 m³/s).

Cette influence est plus apparente encore sur l'hydrogramme de la crues de juillet 1975 (Fig. 3 B) : le premier maximum est, dans ce cas, le plus marqué des deux, du fait que les précipitations ont été beaucoup plus importantes, sur la partie urbanisée du bassin (35 mm en deux heures à Bierset contre 16 mm à la station de Lanaye). Toutefois, malgré la forte intensité de la pluie, l'intervalle de temps qui sépare le début de la pluie du premier maximum est relativement important (15 h) vis-à-vis de ce qui se produira lorsque le réseau d'égoutage sera installé (voir exemple de juin 1981).

Au cours de la crue de mai 1978 (Fig. 3 C), on note une forte inversion des débits entre la station amont située au contact entre le cours rectifié et la zone restée à l'état naturel, et la station en aval de cette dernière. Ceci met bien en évidence le stockage temporaire, lors d'inondations, d'une importante masse d'eau dans le lit majeur et l'écrêtement de la crue qui en résulte.

Au cours de la crue de juin 1981 (Fig. 3 D), l'intervalle de temps entre les pluies et le premier maximum n'est plus que de 10 h. car le réseau d'égoutage de la zone urbanisée est alors achevé. Par ailleurs, le second maximum se présente beaucoup plus tard (33 h après le premier) du fait que le flot d'amont qui engendre ce deuxième maximum, est freiné par des inondations importantes. En effet, lors d'une crue légèrement supérieure au débit à pleins bords (mai 1978), l'écart entre les deux maxima n'était que de 20 h, et de moins de 15 h lorsqu'il n'y a pas de débordement (crue de juillet 1975).

Ceci démontre bien le rôle des débordements en tant que frein à la transmission des crues vers l'aval et, à l'inverse, le risque de propagation plus rapide de ces dernières dans les sections rectifiées, avec ce que cela implique comme conséquence néfaste lorsque des zones non rectifiées se présentent plus en aval.

CONCLUSION

Les effets des rectifications de rivière entreprises à partir de l'amont du bassin et/ou des principaux affluents se marquent par une accélération de l'onde de crue, du fait que, dans ces zones, la rivière présente une moindre rugosité et que des débordements n'y sont plus enregistrés (il faudrait pour cela que le débit atteigne celui de la crue cinquantenaire). Ainsi, l'analyse des hydrogrammes, notamment la comparaison de la transmission des crues de différents types montre bien le rôle des inondations en tant que frein à la transmission des crues.

Par ailleurs, l'installation de réseaux d'égoutage dans des zones à forte urbanisation a pour effet de diminuer les temps de réponse des débits de façon sensible (de 15 à 10 h à la station aval). Le fait que les eaux ainsi collectées se déversent dans une rivière juste en amont de la zone où la rivière n'a pas été normalisée et où elle est donc restée à l'état naturel (capable d'évacuer au maximum 7 m³/s. alors que 18 m³/s sont prévus dans les sections rectifiées juste en amont) a engendré une modification sensible du régime des crues : accroissement de la fréquence des inondations (en moyenne 4 fois par an contre 0,25 avant les différents types de travaux) mais aussi des petites crues où le débit à pleins bords risque d'être frôlé.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN J.R.L (1970) - Physical processes of sedimentation, Earth Science Serie, Wilmer Birkenhead, 248 p.

BOLLINE A., LAURANT A. et BOON W. (1979) - L'érosivité des précipitations à Florennes, révision de la carte des isohyètes et de la carte d'érosivité de la Belgique. Bull. Soc. Géog. de Liège, 15, pp. 77-99.

CHOW V.T (1964) - Handbook of Applied Hydrology, Sect. 14, Mc Graw Hill, pp. 1-54.

COMMISSION INTERMINISTERIELLE DE L'EAU - Annuaire hydrologique de Belgique. Bruxelles.

INSTITUT ROYAL METEOROLOGIQUE - Répartitions horaires et intensité des précipitations. Complément à l'annuaire hydrologique de Belgique. Bruxelles.

LAGNEAUX Ch (1985) - Convention pour l'étude des débits de crue relatifs au bassin hydrographique du Geer. Environnement et Progrès, ronéotypé, 112 p. + annexes.

LAURANT A. et ALEXANDRE J. (1977) - Accroissement récent de l'intensité des fortes averses dans la banlieue bruxelloise. Bull. Soc. Géog. de Liège, 13, pp. 127-132.

MABILLE G. (1985) - Influence des aménagements du cours du Geer et de son bassin versant sur le comportement hydrologique et géomorphologique de la rivière. Mémoire de licence en Sc. Géographiques, conservé à l'Univ. de Liège, ronéotypé, 167 p. + annexes.

SINE L. (1968) - Une méthode de calcul des crues pour petits bassins hydrologiques, Bull. Rech. Agron. Gembloux, III-4, 712-736.

SOCIETE NATIONALE TERRIENNE (1983) - Rapport annuel. Bruxelles, 181 p.