

---

# Influence de l'occupation des sols sur les inondations

Jean-Louis Besème

---

**F**in 1994 et début 1995, une partie de la France a été sous les eaux pendant plus de 15 jours. La Bretagne, la Basse-Normandie, les Ardennes, les Pays de Loire et l'Île-de-France notamment ont été touchés, soit en tout près de 2 700 communes classées en catastrophe naturelle dans 31 départements.

Ces événements ont bien évidemment relancé les polémiques sur les causes et les responsabilités à appeler dans les phénomènes d'inondation. Au banc des accusés, sont cités, l'agriculture principale fautive, l'État et sa politique de remembrement, les collectivités territoriales et l'urbanisation non maîtrisée. Ces critiques ne sont pas nouvelles, les inondations de Nîmes en 1988 et de Vaison-La-Romaine en 1992, avaient déjà suscité de nombreuses réactions.

Le fondement de ces accusations ne s'avère pas toujours très clair et provient parfois d'idées reçues, médiatisées. Il y a souvent confusion dans les interprétations et généralisations de cas particuliers.

Ainsi, l'étude bibliographique présentée ici se propose d'analyser objectivement l'ensemble des données concernant le sujet et d'établir un bilan des connaissances actuelles des liens entre occupation du sol et inondation.

Les inondations, rappelons-le, ont pour origine première une forte précipitation. L'étude présentée ici ne traite que des facteurs de l'occupation des sols qui modifient artificiellement les écoulements. D'autre part, les inondations ne sont qu'un aspect particulier de l'hydrologie des bassins. Le

problème des étiages n'est pas abordé ici bien que leurs conséquences sur l'écologie et la qualité des eaux soient tout aussi grandes.

La mesure de l'influence de l'occupation des sols sur l'hydrologie des crues conduit à se poser les questions suivantes :

- à quelle échelle de l'espace peut-on actuellement évaluer cette influence ?

- à quelle intensité de crues se font ressentir ces effets et jusqu'à quelle limite pourra-t-on intervenir sur les bassins versants pour réduire les crues ?

Avant de présenter l'influence de l'occupation des sols, nous déterminerons rapidement la répartition actuelle de l'utilisation des sols et son évolution.

Ensuite, l'influence de l'occupation des sols sera abordée et des axes de recherche seront proposés pour compléter les connaissances actuelles des liens entre occupation des sols et inondations.

## L'état actuel de l'occupation des sols et son évolution

Connaître la répartition et l'évolution de l'occupation des sols est essentiel pour évaluer ses conséquences sur l'hydrologie.

Les statistiques nationales rapidement exposées dans ce paragraphe, constituent une moyenne. Chaque région, chaque bassin versant possède une répartition du territoire particulière.

L'exemple de la Bretagne montrera justement les caractéristiques propres de cette région très agricole.

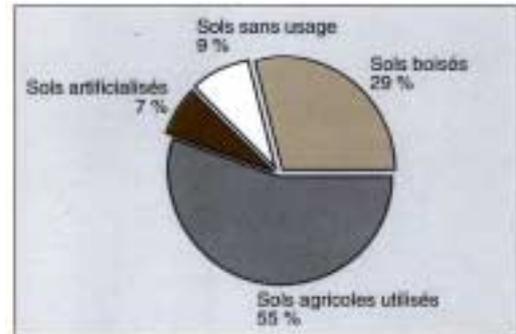
**J.-L. Besème**  
Agence de l'Eau  
Loire-Bretagne  
Av. de Buffon  
BP 6339  
45063 Orléans Cedex 02

### ■ Présentation générale du territoire français

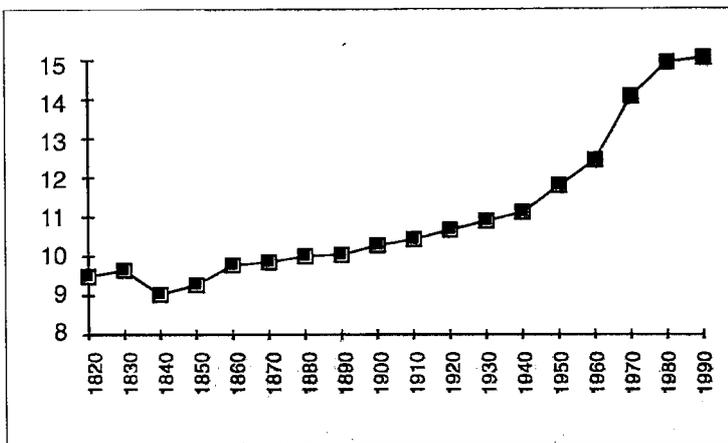
Les chiffres présentés proviennent des services statistiques du ministère de l'agriculture.

Le territoire français s'étend sur près de 55 millions d'hectares et est réparti en quatre grands groupes (figure 1).

- Le territoire forestier
- Le territoire agricole
- Le territoire artificialisé ou urbanisé
- Le territoire sans usage



▲ Figure 1. - Répartition de l'utilisation des sols du territoire national (données 1994) Source : Agreste



▲ Figure 2. - Evolution des sols boisés (données 1994) Source : Agreste

**Le territoire forestier.** Aujourd'hui les forêts occupent 29 % du territoire soit 16 millions d'hectares. Ceci n'a pas toujours été le cas (figure 2). En effet, vers 1820, les forêts étaient à leur minimum avec huit millions d'hectares et des efforts considérables ont été réalisés notamment pendant la période de 1945 à 1980 (la surface des forêts est passée de 11 millions en 1945 à 15 millions d'hectares en 1980).

Actuellement, les surfaces boisées continuent à progresser lentement. Cependant à l'intérieur de cet ensemble, la répartition des peuplements change. En effet, les bosquets et les arbres isolés ou appartenant aux haies disparaissent tandis que s'étendent les massifs forestiers (130 000 hectares en 1994).

**Le territoire agricole** quant à lui, régresse et perd entre 1981 et 1994 un peu moins d'un million d'hectares. Les cultures qui ont progressé aux dépens des prairies jusque dans le début des années 90, reculent actuellement. En effet depuis 1993, les prairies sont dominantes et occupent la moitié du territoire agricole. La nouvelle réforme de la Politique Agricole

Commune (PAC) a contribué à un accroissement sensible des jachères qui ont atteint en 1994 un peu moins de 3 % du territoire national.

En 30 ans, le linéaire de haies a considérablement diminué et l'on peut estimer que 770 000 km ont disparu sur l'ensemble du territoire.

Le remembrement progresse en France très rapidement à raison de plus de 250 000 hectares par an. La surface remembrée en 1990 était de 14 millions d'hectares contre trois millions d'hectares en 1960.

Le drainage s'est essentiellement développé au cours des années 80. Vers la fin de cette décennie, son évolution a nettement ralenti notamment à cause des sécheresses de 1988 et de 1989, et à cause de la nouvelle réforme de la PAC. Aujourd'hui, les surfaces drainées occupent 5 % du territoire national soit environ 2,7 millions d'hectares.

**Le territoire urbanisé** qui occupe 7 % du territoire français est un domaine en forte expansion. Il progresse de façon constante et a gagné de 1982 à 1994 environ 700 000 hectares sur le territoire agricole soit 23 % de progression par rapport à 1982. Les sols imperméabilisés qui correspondent aux sols revêtus (routes) et aux sols bâtis et dont les impacts sur l'hydrologie sont importants, représentent 4 % du territoire français, soit environ 2,3 millions d'hectares. L'urbanisation se développe principalement dans les corridors fluviaux et les zones touristiques (littoral, montagne).

**Le territoire sans usage.** Ces surfaces correspondent à des terrains difficiles à exploiter et non affectés à un usage anthropique particulier.

Il représente en tout 9 % du territoire national avec 3 % de roches affleurantes, de plans d'eau, gla-

ciers et zones humides et 6 % de friches, de landes et de maquis.

Les plans d'eau, glaciers et zones humides gagnent 75 000 hectares.

Actuellement, les friches, landes et maquis augmentent après une période de recul durant les années 1980.

### ■ **Approche de la disparité géographique : la Bretagne**

La Bretagne illustre l'existence d'une disparité régionale au niveau de la répartition de l'occupation des sols et de l'importance des évolutions de chaque ensemble.

La figure 3 donne la répartition de l'utilisation des sols et met en évidence le caractère fortement agricole de cette région. Le territoire agricole domine avec 68 %.

Les transferts de type d'occupation des sols constatés en Bretagne, sur la période étudiée (1982 à 1994), sont différents de ceux de la France.

L'étude des statistiques agricoles montre notamment un abandon des terres agricoles qui sont pour la majeure partie laissées en friches et pour une petite part, reprises par le territoire urbain en expansion. De même, contrairement au territoire national, cette région présente une diminution globale des surfaces boisées. La surface occupée par les bosquets et les haies a régressé de 37 000 ha alors que la forêt proprement dite a progressé de 10 000 ha.

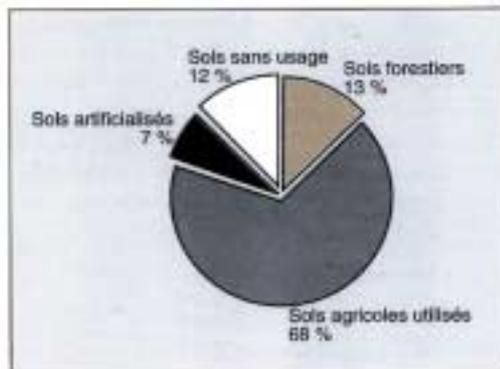
### **Influence de l'occupation des sols**

Les trois principaux ensembles de l'occupation des sols sont repris et les différentes parties traitées sont : l'influence de la couverture végétale, l'influence du milieu rural où les terres sont exploitées par l'agriculture, et l'influence du milieu urbain fortement occupé par l'homme.

#### ■ **Influence de la couverture végétale**

Trois principales entités végétales agissent sur l'hydrologie : les forêts de résineux, les forêts de feuillus et les prairies ou les pelouses.

Une grande partie de l'eau précipitée est soustraite de l'écoulement des bassins versants principalement par l'évapotranspiration des végétaux. Celle-ci peut être très importante dans le cas d'une forêt.



◀ Figure 3 – Répartition des sols de la Bretagne (données 1994)  
Source : Agreste

Les végétaux favorisent l'infiltration de l'eau et permettent ainsi un stockage temporaire de celle-ci dans les sols. Ce stockage est différent selon les formations végétales. Ainsi, d'après le Cemagref, une forêt peut retenir 50 à 300 mm d'eau tandis qu'une prairie ne garde en moyenne que 20 à 100 mm.

La couverture végétale va avoir de nombreuses conséquences sur l'écoulement et va induire :

- une réduction du ruissellement,
- une diminution des écoulements à l'aval due au phénomène d'évapotranspiration,
- un écrêtement sur les débits de pointe de crues,
- une diminution des fréquences de crues,
- un décalage sur l'écoulement du bassin.

Ces effets sont évidemment plus accentués dans le cas d'une forêt puisque les sols ont une plus grande capacité de stockage.

L'analyse des études expérimentales fait surtout ressortir le rôle majeur des forêts de résineux sur l'écrêtement des crues. Leur capacité à réguler l'écoulement serait nettement supérieure à celle des forêts de feuillus.

A titre d'exemple, un changement de 10 % de la couverture végétale entraîne sur l'écoulement, une variation de la lame d'eau annuelle de 40 mm pour les forêts de résineux (ou d'eucalyptus) et de 25 mm pour les forêts de feuillus. Cependant, *a contrario*, elles peuvent de même, provoquer de sévères étia-ges en période estivale, si leur développement est trop important.

La régulation hydrologique des forêts est parfaitement mise en évidence quand il y a destruction partielle ou totale de celle-ci (incendies ou coupes forestières) sur un bassin versant (ex. bassin versant expérimental du Real Collobrière).

Par exemple, l'incendie à 85 % d'une forêt qui occupait l'ensemble de la surface d'un bassin versant de 1,5 km<sup>2</sup>, laisse observer deux ans après l'accident, une diminution de moitié de l'évaporation, un supplément d'écoulement supérieur à 20 % et une augmentation de l'intensité des crues. Quatre crues d'ampleur décennale ont été signalées en deux ans.

Cependant, les effets de la destruction de la couverture végétale s'atténuent avec le temps, au fur et à mesure que la végétation repousse.

Même, si le rôle régulateur des forêts est très important, il devient très modéré et imperceptible pour des événements exceptionnels (au delà du décennal, la couverture du sol perd de son importance car tout l'excédent de pluie ruisselle).

Il est possible de prévoir par extrapolation des résultats, les conséquences hydrologiques d'une future intervention sur un bassin versant de petite dimension (environ 5 km<sup>2</sup>). Cependant, pour les grands bassins où la diversité végétale augmente généralement, l'influence des différentes composantes des sols et les modifications que l'on peut leur apporter, restent actuellement impossibles à déterminer.

### ■ Influence de l'utilisation des sols agricoles

L'agriculture est souvent perçue comme la principale cause de nombreuses inondations. Il est vrai que le paysage agricole français a considérablement changé depuis les années 1960 et, on ne peut s'empêcher de penser que ces modifications ont certainement des conséquences sur les écoulements.

Dans un premier temps, l'influence des sols agricoles est présentée. Le remembrement est ensuite traité. La troisième partie correspond aux aménagements agricoles.

**L'impact des sols cultivés.** Les sols cultivés ont une capacité de stockage moins importante que les sols occupés en permanence par les végétaux (forêts, prairies). Selon le Cemagref, les sols labourés ne retiennent que 10 à 60 mm d'eau tandis que les prairies en conservent 40 à 100 mm. Cette capacité de stockage dépend évidemment de la nature des sols et des saisons.

Le ruissellement est donc plus important sur les terres cultivées surtout pendant la période hivernale où les sols sont nus. Les inondations sont généralement provoquées soit par une longue séquence pluvieuse

pendant les saisons automne-hiver sur un sol nu qui va progressivement se dégrader, soit par un orage violent pendant les saisons printemps-été après un hiver pluvieux.

On ne possède pour l'instant aucune donnée sur l'influence des types de cultures sur les écoulements et il serait intéressant de développer les recherches dans ce domaine.

**Le remembrement** est un thème d'actualité puisqu'il a été mis en cause lors des inondations qui ont touché une grande partie de la France en 1994. Il correspond en fait, à un aménagement foncier, c'est-à-dire à un échange de parcelles. Son objectif est d'accroître la productivité grâce à des parcelles regroupées et de plus grande taille.

Le remembrement est fréquemment suivi de travaux connexes tels que l'arrachage des haies, le drainage des parcelles, le recalibrage des fossés et des cours d'eau...

Cet aménagement foncier agit donc de manière indirecte et ses effets dépendent de la façon dont il va être appliqué.

**Les aménagements connexes.** Les principaux aménagements agricoles qui ont eu des conséquences marquantes sur le ruissellement des bassins versants au cours des 30 dernières années, correspondent à la disparition des haies et au développement des réseaux d'assainissement et de drainage.

L'arrachage des haies peut entraîner une diminution de la capacité de stockage des sols et une augmentation du ruissellement avec un accroissement des débits de pointe des petites crues.

Une étude sur le Naizin (Bretagne) montrerait une accélération des crues mais sans influence notable sur le volume et le débit de pointe.

Une étude d'un bassin versant du Lot-et-Garonne, montre que la disparition du bocage a provoqué une réduction de la capacité de stockage des sols d'un facteur 4, et une augmentation du ruissellement de plus de 50 %, entre 1950 et 1983.

Le drainage, dont les effets ont été très étudiés, a fait l'objet de nombreuses controverses. Pour les uns le drainage favoriserait les crues, pour les autres il les atténuerait.

Le drainage a pour objectif d'éliminer l'excédent d'eau de certains sols saturés en vue de les rendre

exploitables. Il évacue l'eau excédentaire par un système de fossés ou de tuyaux enterrés dans le réseau hydrographique. En France, il se réalise principalement par tuyaux enterrés.

Le drainage est clairement efficace pour l'économie agricole mais ses conséquences sur l'hydrologie sont contradictoires. En effet, d'une part, il diminue sensiblement le ruissellement mais d'autre part, il augmente les volumes d'eau évacués.

Par exemple, l'étude du site de la Jallière dans le Maine-et-Loire, montre que pour des parcelles drainées de 1 ha, les volumes ruisselés sont réduits d'un facteur de un à huit et que l'augmentation des lames d'eau écoulées est comprise entre 10 et 20 %.

A l'échelle de la parcelle, les débits de pointe sont réduits quand les sols sont saturés en eau pendant la période automne-hiver.

Par contre, à l'échelle du bassin versant, il est très difficile de déterminer les effets de la parcelle drainée.

En fait, la mise en place de parcelles drainées au sein d'un bassin versant entraîne une modification des temps de concentration à l'aval du bassin. Ainsi, dans certains cas, les écoulements issus de la parcelle peuvent s'ajouter au maximum de la crue et augmenter les débits de pointe. Dans d'autres cas, ils sont décalés dans le temps par rapport au maximum de la crue et permettent de réduire les débits de pointe.

De façon générale, pour des crues exceptionnelles, au-delà d'un certain seuil de pluviométrie, les effets du drainage s'estompent complètement.

Les effets du drainage sont souvent confondus avec ceux de leurs réseaux de fossés à ciel ouvert qui permettent d'évacuer l'eau drainée vers les cours d'eau. Ces tranchées accélèrent effectivement les vitesses d'écoulement et augmentent les débits de pointe de crues. Ces effets s'ajoutent aux recalibrages éventuels des rivières à l'aval.

### ■ *Effets de l'utilisation des sols pour l'agriculture*

En conclusion, il est difficile de dissocier les effets des cultures et des aménagements agricoles. Leurs actions sont combinées et actuellement les impacts ne peuvent être étudiés que globalement sur les bassins versants. De plus, les combinaisons deviennent de plus en plus complexes au fur et à mesure

que le bassin augmente de superficie et donc que sa diversité s'accroît.

Cependant, l'utilisation des sols par l'agriculture modifie les écoulements et les études montrent que les activités agricoles peuvent avoir pour conséquence de rendre les surfaces plus aptes à ruisseler. Les petites crues peuvent être ainsi augmentées. Au-delà d'un certain seuil de pluviométrie, l'influence disparaît.

Toutes les pratiques agricoles n'ont pas forcément des effets négatifs sur les crues. Le drainage, par exemple, peut améliorer la situation pour certains bassins versants. Par contre, l'arrachage des haies conduit, en général, à une augmentation du ruissellement et à une aggravation des crues de petite intensité.

Les études concernant les impacts de la disparition du bocage sont peu nombreuses et il serait intéressant de les poursuivre.

### ■ *Influence de l'urbanisation*

A partir des années 1950, l'urbanisation s'est considérablement accélérée entraînant avec elle l'imperméabilisation des sols et la création de chemins artificiels d'écoulement.

L'imperméabilisation tend d'une part, à augmenter les volumes évacués à l'aval et d'autre part, les temps de réponse sont raccourcis du fait de la création des chemins artificiels d'écoulement. Ces chemins sont souvent plus directs, moins encombrés et de rugosité moins élevée que les surfaces naturelles (les chenaux sont fréquemment bétonnés).

La réduction des temps de concentration a pour conséquence d'élever considérablement les débits de pointe de crue. Elle augmente la sensibilité des bassins versants aux pluies. Selon certaines études, la réduction des temps de réponse peut conduire à une multiplication du débit de pointe par un facteur allant de 5 à 50.

L'impact urbain va être plus ou moins marqué selon la couverture initiale. Si une forêt, qui a la capacité de retenir une lame d'eau importante, est remplacée par une surface imperméabilisée, l'augmentation des volumes d'eau évacués et des débits de pointe sera considérable.

Le relief des bassins versants joue sur les effets urbains. Sur un coteau à pente constante, les débits de pointe croissent avec l'importance de la pente. De même, l'augmentation des pointes de

Figure 4 – Courbe illustrant l'évolution des pointes de crues et des temps de concentration en fonction de l'accroissement urbain à pente constante ►

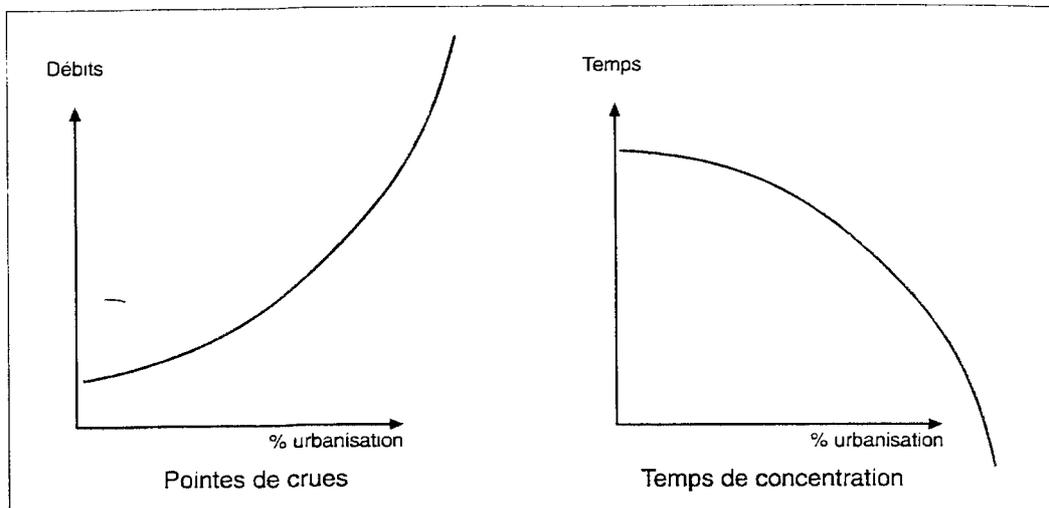
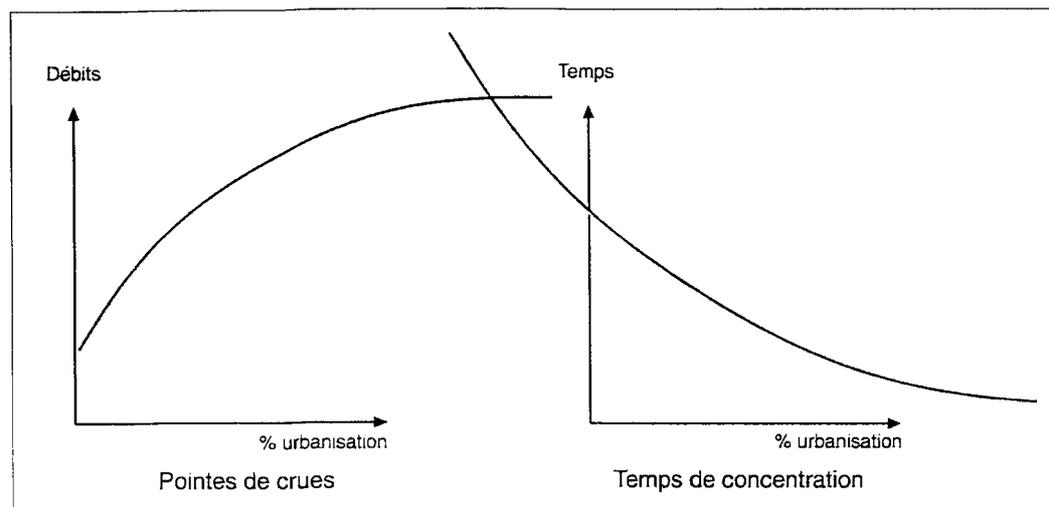


Figure 5. – Courbe illustrant l'évolution des pointes de crues et des temps de concentration en fonction de l'accroissement urbain à pente variée. ►



crues et la diminution des temps de réponse ne sont pas proportionnelles à l'accroissement de l'urbanisation.

Les pointes de crues augmentent de plus en plus vite et les temps de concentration diminuent de plus en plus rapidement avec l'accroissement de l'urbanisation (figure 4).

Sur un coteau dont la pente s'adoucit en aval, la convexité des courbes va évoluer de façon inverse (figure 5).

L'augmentation des pointes de crues est de moins en moins sensible et le taux de diminution du temps de concentration s'affaiblit au fur et à mesure du développement urbain.

Peu d'études ont été réalisées sur les impacts de l'urbanisation et ce domaine reste à développer.

Malgré tout, des études récentes montrent que l'imperméabilisation n'est jamais totale et que l'infiltration à travers les surfaces revêtues peut être relativement importante. Tous ces phénomènes pourraient être atténués par le développement de chaussées réservoirs perméables permettant l'infiltration dans le sous-sol.

Enfin, l'accroissement des dommages liés aux inondations n'a pas pour origine une aggravation des aléas de crues mais plutôt une augmentation de la vulnérabilité des villes. On fait notamment de nombreuses constructions dans les zones inondables.

### ■ *Les axes de recherche pour demain*

L'étude bibliographique réalisée met à jour l'existence de limites au-delà desquelles l'influence de l'occupation des sols ne peut plus être déterminée.

En effet, les résultats actuellement disponibles sont obtenus à partir de bassins versants de petite taille de l'ordre de 0,1 à 50 km<sup>2</sup>.

D'autre part, la diversité et la répartition de l'occupation des sols des bassins choisis sont très simples, en général le bassin versant est occupé par un ou deux éléments de couverture.

Ce qui limite l'échelle spatiale des études, est en fait un problème de diversité de l'occupation des sols. La difficulté de déterminer les effets de l'occupation des sols augmente avec la complexité de la couverture des bassins versants.

### **Les outils de l'hydrologie**

On dispose de plusieurs types de modèles hydrologiques pour rendre compte du régime hydrologique d'un bassin versant et de ses variations.

On distinguera principalement les modèles suivants.

*Modèles « de synthèse »* (tels que les modèles AdF (débit - durée - fréquence) par exemple) qui caractérisent le régime hydrologique à partir de quelques paramètres principaux (débit instantané maximal annuel décimal - QIXA10 - par exemple).

Ces modèles fournissent des éléments nécessaires à la gestion des ressources en eau et des risques associés mais ne distinguent pas l'influence de l'occupation du sol parmi les éléments qualifiant le régime hydrologique. Ils ne sont donc pas utilisables pour mettre en évidence les conséquences de telle ou telle modification de l'occupation du sol.

*Modèles « distribués »*. A partir d'un découpage de l'espace en mailles de taille adaptée au problème à traiter, ils simulent les diverses composantes du cycle de l'eau sur chaque maille (ruissellement, infiltration, évapotranspiration) et convoluent les transferts d'eau de maille à maille, jusqu'au réseau hydrographique constitué.

Ces modèles sont complexes à mettre en œuvre et exigent d'importantes quantités de données.

Ils sont bien adaptés à la simulation de la diversité d'un bassin versant (si l'on dispose des données nécessaires) et, surtout lorsqu'ils intègrent une modélisation déterministe de certains processus,

permettent d'identifier les conséquences - par maille - de la modification du cycle de l'eau - par exemple les ratios de ruissellement et d'infiltration - liés à une évolution de l'occupation des sols.

Le choix de petits bassins homogènes permet, de plus, de trouver et d'étudier plusieurs d'entre eux en parallèle, et de disposer de bassins témoins peu ou pas anthropisés.

Ce type d'étude devient difficile, voire impossible, si on traite des bassins de grande taille, hétérogènes, et donc difficilement comparables.

Par ailleurs, les grands bassins ne sont pas retenus, en raison de leur grande hétérogénéité morphologique et météorologique.

Concernant les limites de l'échelle de crues, l'impact de l'occupation des sols sur l'hydrologie diminue avec l'intensité des précipitations et ne se fait plus ressentir pour des événements exceptionnels (au-delà du décennal).

Compte tenu de ces réponses, il semble possible d'envisager quatre axes de recherches sur l'influence de l'occupation des sols sur les régimes hydrologiques.

### **Expérimentation de mode de gestion**

Il s'agit non pas de mesurer l'impact de l'occupation des sols mais de gérer la répartition des sols de façon à réduire les crues. Cette expérimentation pourrait être réalisée dans le cadre d'un Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Le choix devrait se porter sur un bassin versant de 10 à 50 km<sup>2</sup>, qui serait le siège d'inondations fréquentes et connues. Les connaissances de l'influence de l'urbanisation étant peu développées, il serait intéressant que ce bassin de recherche intègre une composante urbaine en voie de développement. L'étude devrait se dérouler au minimum pendant cinq ans.

### **Développement de méthodes de synthèse**

Face à l'incapacité des modèles de synthèse à différencier les composantes hydrologiques dans l'écoulement d'un bassin versant et face à la complexité de la mise en œuvre des modèles déterministes, il serait très utile de disposer de méthodes synthétiques pour mesurer la diversité et la distribution de l'occupation des sols et notamment de rechercher à partir de quelle distribution ou pourcentage d'occupation des sols on peut considérer qu'un élément de la couverture d'un bassin serait homogène.

### Étude de processus

Parallèlement, les recherches sur des modèles mathématiques cognitifs pourraient se poursuivre. Il s'agirait de développer des modèles déterministes qui pourront identifier et mesurer l'influence sur les quantités d'eau écoulées de chacune des différentes composantes de l'occupation du sol d'un bassin versant diversifié.

### Étude de cas

Des séries de mesures devraient être effectuées sur un ensemble de bassins versants dont l'occupation des sols doit être modifiée. La taille, la forme, l'occupation des sols et le type d'intervention des bassins versants sélectionnés devraient être très variés.

Ces campagnes de mesures permettraient de constituer une liste de cas très précis de l'influence de la couverture des sols sur l'hydrologie et sur les crues.

### Reconstitution historique

La comparaison des données historiques et systématiques de l'occupation des sols et des crues d'un bassin versant, rend possible la reconstitution de l'influence qu'a eu dans le passé, l'évolution de l'utilisation des sols sur les inondations. Pour ce faire, il est nécessaire de disposer d'un bassin versant dont les données historiques sont nombreuses et éloignées dans le temps.

Des études complémentaires devraient enfin être menées sur les techniques d'aménagement des rivières, l'aménagement de zones d'expansion de crues, ainsi que, dans un autre domaine, sur l'aménagement urbain avec notamment les techniques de chaussées réservoirs. □

### Résumé

Chaque inondation relance la polémique sur la recherche des responsabilités. L'objet de cette étude est de faire une synthèse bibliographique sur les relations entre occupation du sol et inondations. Il est tout d'abord rappelé que les inondations résultent de fortes précipitations et qu'au-delà d'une certaine intensité, l'effet des facteurs liés à l'occupation de l'espace devient secondaire, voire négligeable. Cette étude rappelle certaines évolutions plus ou moins récentes telles que l'accroissement de la forêt, la modification des peuplements, la régression du territoire agricole, la disparition d'un linéaire important de haies, le ralentissement récent du drainage, l'accroissement des surfaces imperméabilisées. L'exemple de la Bretagne met en évidence la variabilité de ces phénomènes sur le territoire. L'analyse bibliographique insiste sur le rôle majeur des forêts, notamment résineux, sur l'écrêtement des crues, le ruissellement plus important constaté sur les terres cultivées, surtout pendant la période hivernale. Le remembrement, et encore plus les travaux connexes, peuvent avoir une influence certaine sur les conséquences de pluies faibles à moyennes. L'arrachage de haies peut accroître le débit de pointe des petites crues. Le drainage peut avoir des effets contradictoires, réduisant sensiblement le ruissellement mais augmentant le volume d'eau évacuée. Il est toutefois difficile de déterminer son effet à l'échelle du bassin versant. Plus que le drainage, le recalibrage du réseau de fossés à ciel ouvert, conjugué par un recalibrage des rivières à l'aval, aggrave généralement les phénomènes de crues. L'urbanisation, avec l'accroissement des surfaces imperméabilisées, raccourcit le temps de réponse. En conclusion, est soulignée la nécessité de poursuivre des études et recherches, et des axes de réflexion sont proposés.

### Abstract

Each flood renews the polemic on establishing responsibilities. This paper aims to produce a bibliographic analysis of the relation between land occupation and flooding. It must first of all be remembered that flooding is caused by heavy rain and that, above a certain intensity, the effects of factors connected with the occupation of the area become secondary, if not negligible. This paper refers to certain fairly recent developments such as the increase of forests, the changes in population, the regression of agricultural land, the considerable reduction in the number of hedgerows, the recent slowing down in drainage and the increase of impermeable surfaces. Brittany is an example of how these developments vary in France. The bibliographic study emphasises the major role of the forests, notably pinewoods, on levelling out floods and increasing the volume of run-off water noted on cultivated land, especially during the winter. Amalgamating fields, in particular the work associated with this, can have a certain influence on the consequences of low to medium rainfall. Grubbing up hedges can increase the peak flow of small floods. Drainage can have contradictory effects, noticeably reducing the run-off water as well as increasing the volume of water evacuated. It is, however, difficult to determine its effect on the whole basin. More than land drainage, changes in the size of the open ditch network as well as downstream rivers has in general aggravated flooding. Town planning, with the increase in impermeable surfaces, shortens the response time. In conclusion, emphasis is placed on the need to continue studies and research and various subjects for consideration are put forward.