

## ROLE DU BOCAGE DANS LA CIRCULATION DE L'EAU: PREMIERS RESULTATS

Ph. MEROT, C. CARNET, J.-L. MONTEX,  
F. PIGNAULT, A. RUELLAN \*

---

L'espace rural, dans les régions de l'Ouest de la France, et en particulier en Bretagne, se structure autour d'un réseau de haies complexes (talus boisés longés de fossés) : c'est le bocage.

Depuis une quinzaine d'années, on assiste à la disparition de ce bocage, soit à l'initiative directe des agriculteurs, soit à la suite des opérations connexes du remembrement.

Le présent article est consacré aux premiers résultats des études pédologiques et hydrologiques, commencées en 1973 et consacrées à l'évolution des sols (caractères morphologiques, biologiques, physiques, chimiques) et à l'évolution des eaux (dynamique et géochimie des rivières, des nappes, des eaux saturantes) après la suppression des talus, des haies et des fossés.

On a suivi particulièrement :

— l'étude de la distribution des sols en fonction des talus, des haies, des fossés ;

— l'étude comparative de deux petits bassins versants de 32 hectares chacun, l'un ayant conservé la plupart de ses talus, l'autre ayant perdu la plupart des siens.

---

\* *Laboratoire des Sciences du sol et Laboratoire du Génie rural ; INRA. ENSA. Rennes.*

## 1. — LES BASSINS VERSANTS

### 1.1. — Situation. Critère de choix des bassins

Le travail est réalisé dans le Morbihan, sur le bassin du Scorff (Fig. 1), en collaboration avec le Laboratoire de Zoologie (hydrobiologie) de l'INRA à Rennes.

Le choix du terrain d'étude s'est fait, sur granite, en fonction des deux types de paysages caractéristiques : le bocage et les paysages « ouverts ».

Dans chaque paysage, on a sélectionné une rivière et son bassin versant les caractéristiques des deux bassins versants choisis sont très proches.

Les critères de choix des bassins versants ont été les suivants :

- Echelle de paysage très petite, de l'ordre de 50 hectares ; c'est l'échelle d'un bassin versant élémentaire, première unité hydrologique, qui permet de faire l'analyse des mécanismes hydrologiques. C'est également une unité naturelle pédologique.

- Sous-sol granitique : les bassins se situent sur le granite à deux micas de Pontivy.

- Morphologie : les deux bassins ont une surface bien définie. La zone de drainage des ruisseaux est donc bien connue. On contrôle les entrées (pluie), en divers points, et les sorties (débit d'eau) à l'exutoire. L'appareillage simple mis en place ne permet pas cependant de se faire une idée des sorties aux limites, par écoulement souterrain.

- Couverture pédologique comparable sur les deux bassins.

- Couverture végétale et agricole représentative du paysage et semblable sur les deux bassins, aux talus près (forêt, maïs, prairie permanente, cultures fourragères).

- Absence de constructions (village, ferme, route...) dans le périmètre des deux bassins. On n'a pas pu éviter la présence d'une route goudronnée dans le Nord du bassin bocager.

En définitive ont été retenus les deux bassins versants suivants (fig. 2) :

— Kermaninon, aux talus arasés, situé sur la commune d'Inguiniel.

— Penety, bocager, situé sur la commune de Persquen.

### 1.2. — Caractéristiques des bassins versants (tableau 1)

Les deux bassins sont situés, à vol d'oiseau, à une distance de 3,500 km l'un de l'autre.

La seule différence notable se situe au niveau de la topographie. La région choisie sans talus présente une pente plus accentuée que la région bocagère. Nous avons à en tenir compte très soigneusement lors de l'interprétation du rôle hydrologique du bocage (cf. § 3-3).

# PLAN DE SITUATION

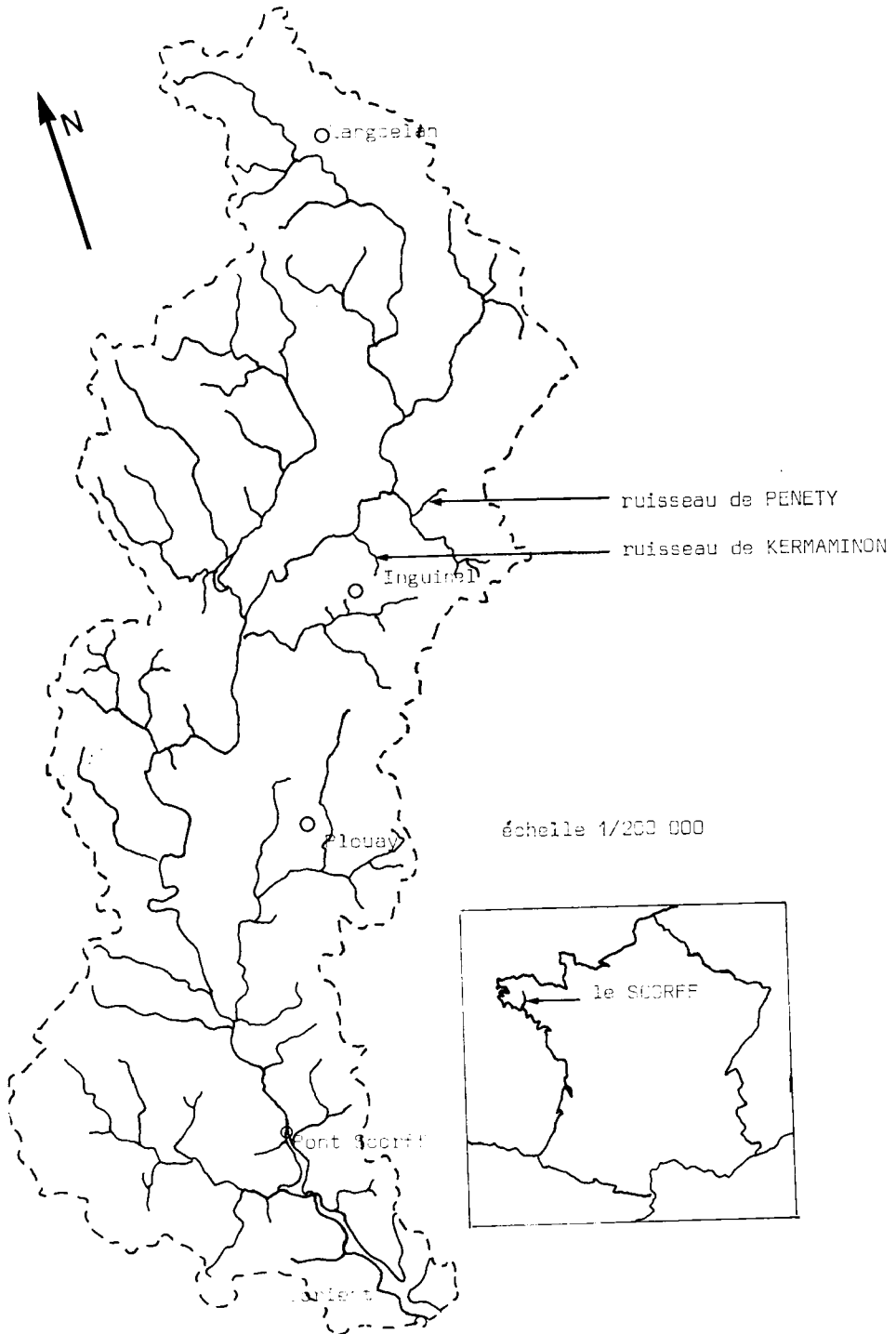


Fig. 1 - Bassin Versant du Scorff

**A** : BASSIN VERSANT à TALUS ARASES

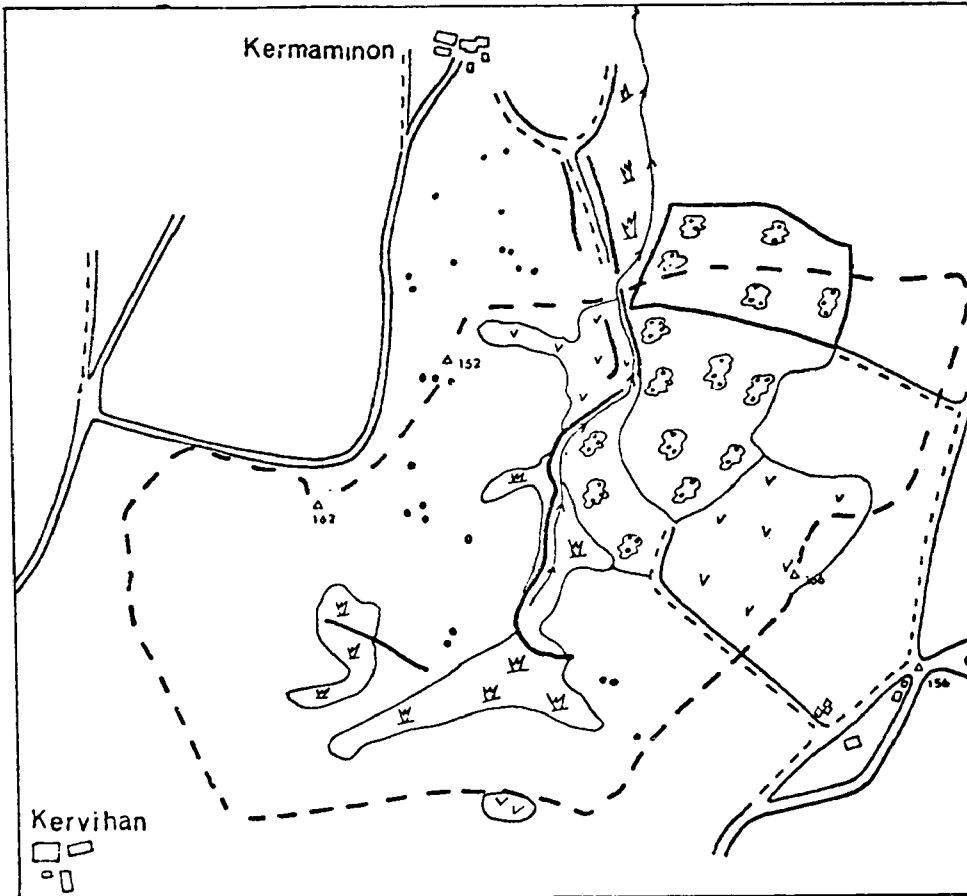
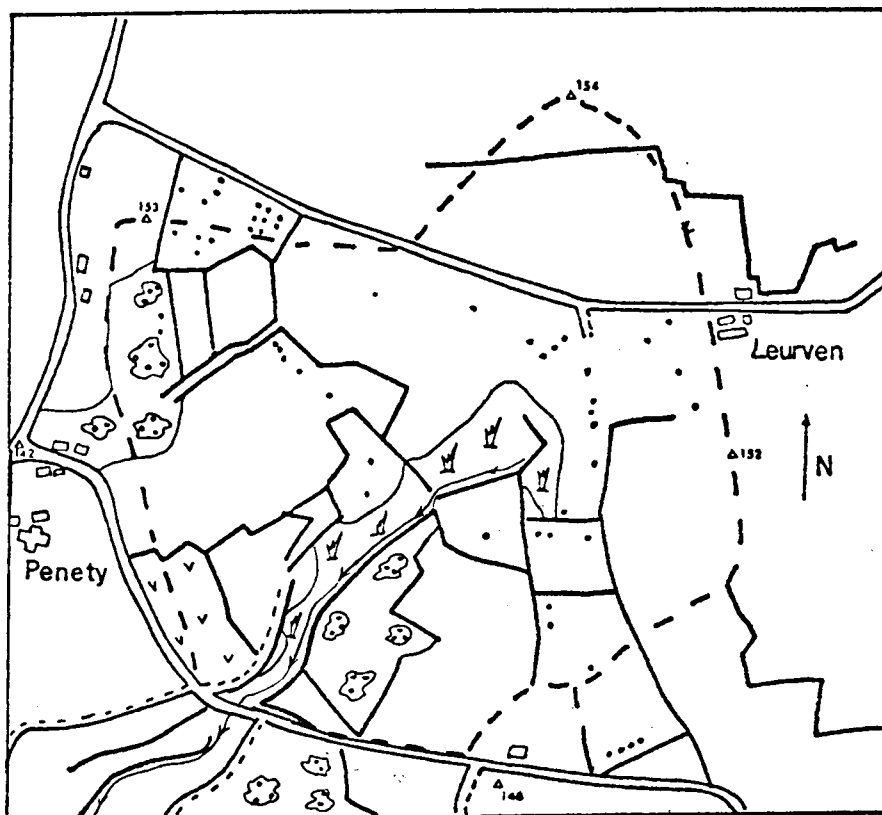


Fig. 2 - Bassins Versants étudiés. A : Kermaminon ; B : Penety

## B: BASSIN VERSANT BOCAGER



100 m



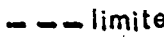

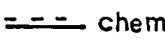
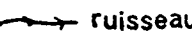


 bois	 talus	 limite
 lande	 chemin	 ruisseau
 marais	 route	

TABLEAU I

	KERMAMINON ouvert	PENETY bocager
Surface totale (ha)	32	32
Surface de marais (ha)	2,5	2,1
Surface bois - landes (ha)	4,5	3,6
Dénivelée (m)	166 - 120	152 - 120
Périmètre (km)	2,5	2,3
Indice de GRAVELIUS (compacité)	1,21	1,14

## 2. — LES SOLS ET LEUR COMPORTEMENT EN FONCTION DU BOCAGE

### 2.1. — Distribution des organisations pédologiques le long des versants

La distribution des organisations pédologiques, le long d'un versant a été, dans ses grandes lignes, reconnue.

Le sol s'épaissit considérablement de l'amont vers l'aval, et les principaux horizons pédologiques sont les suivants (de la surface vers la profondeur) :

- En surface, un horizon cultivé Ap, limono-sableux, organique et lessivé.
- Un horizon A<sub>2</sub>, limoneux. Son organisation (structure, porosité) est celle d'un horizon lessivé. Inexistant à l'amont, il se développe vers l'aval.
- Un horizon B, limono-argileux, d'altération et d'accumulation. Il s'épaissit vers l'aval.
- Un horizon B/C, hétérogène dans sa morphologie et dans sa granulométrie. Son origine et son fonctionnement actuel ne sont pas élucidés : altération ? remaniement ? lessivage ?
- Un horizon C : c'est l'arène dont la structure est celle du granite.

Cette distribution des organisations pédologiques révèle l'importance des migrations de matière, le long des versants, à la surface et dans les sols.

### 2.2. — Distribution des organisations pédologiques et des perméabilités en fonction des talus - haie - fossé

Les organisations pédologiques décrites ci-dessus sont modifiées aux abords des ensembles talus - haie - fossé. Deux faits essentiels :

- les sols s'épaississent à l'amont du talus, et plus particulièrement les horizons organiques de surface ;
- les perméabilités sont modifiées.

Voyons de plus près les résultats concernant les perméabilités.

#### 2.2.1. — Les données

Les mesures de perméabilités, dans les divers horizons pédologiques, ont été effectuées en utilisant la méthode VERGIERE : on a mesuré les perméabilités horizontales et verticales (Fig. 3).

Les prélèvements ont été faits, à différentes profondeurs, en amont et en aval d'un talus perpendiculaire à la pente. La perméabilité, exprimée en cm/h, a été notée après 15 minutes de mise en charge de l'échantillon et après 3 heures.

Les résultats permettent de proposer une interprétation à deux niveaux :

- Interprétation quant à la circulation en général de l'eau dans le sol.
- Interprétation quant au rôle du talus dans cette circulation.

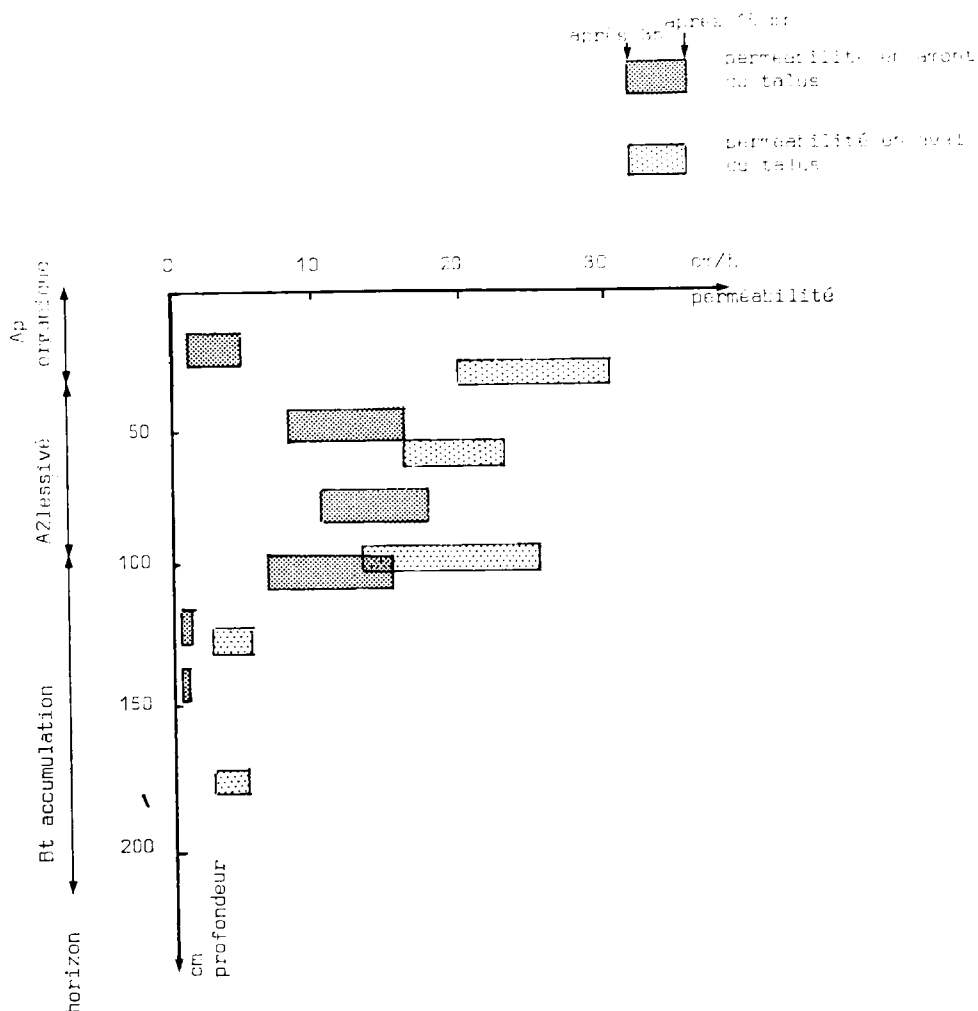


Fig. 3 - Répartition de perméabilité VERGIERES sur la toposéquence de St-Amel

### 2.2.2. — Interprétation générale

Les résultats des mesures permettent de différencier deux horizons caractéristiques, l'un conducteur, l'autre jouant le rôle de barrière à l'eau.

— Le premier est un horizon de surface (0 - 40/100 cm de profondeur), ayant perdu ses éléments fins par lessivage vertical ou oblique. Sa porosité est importante et sa perméabilité à l'eau est forte. C'est l'horizon Ap + A2.

— Le second est un horizon de profondeur (40/100 - 80/200 cm), situé juste sous le précédent. Cet horizon a accumulé une partie des éléments fins (argile) lessivés de l'horizon de surface. De ce fait, sa porosité est faible et sa perméabilité peu importante. Il constitue donc une barrière à la pénétration verticale de l'eau. C'est l'horizon B.

Ainsi l'horizon lessivé, saturé d'eau (en hiver), pourra permettre l'écoulement latéral d'eau sans pénétration profonde dans les sols du fait

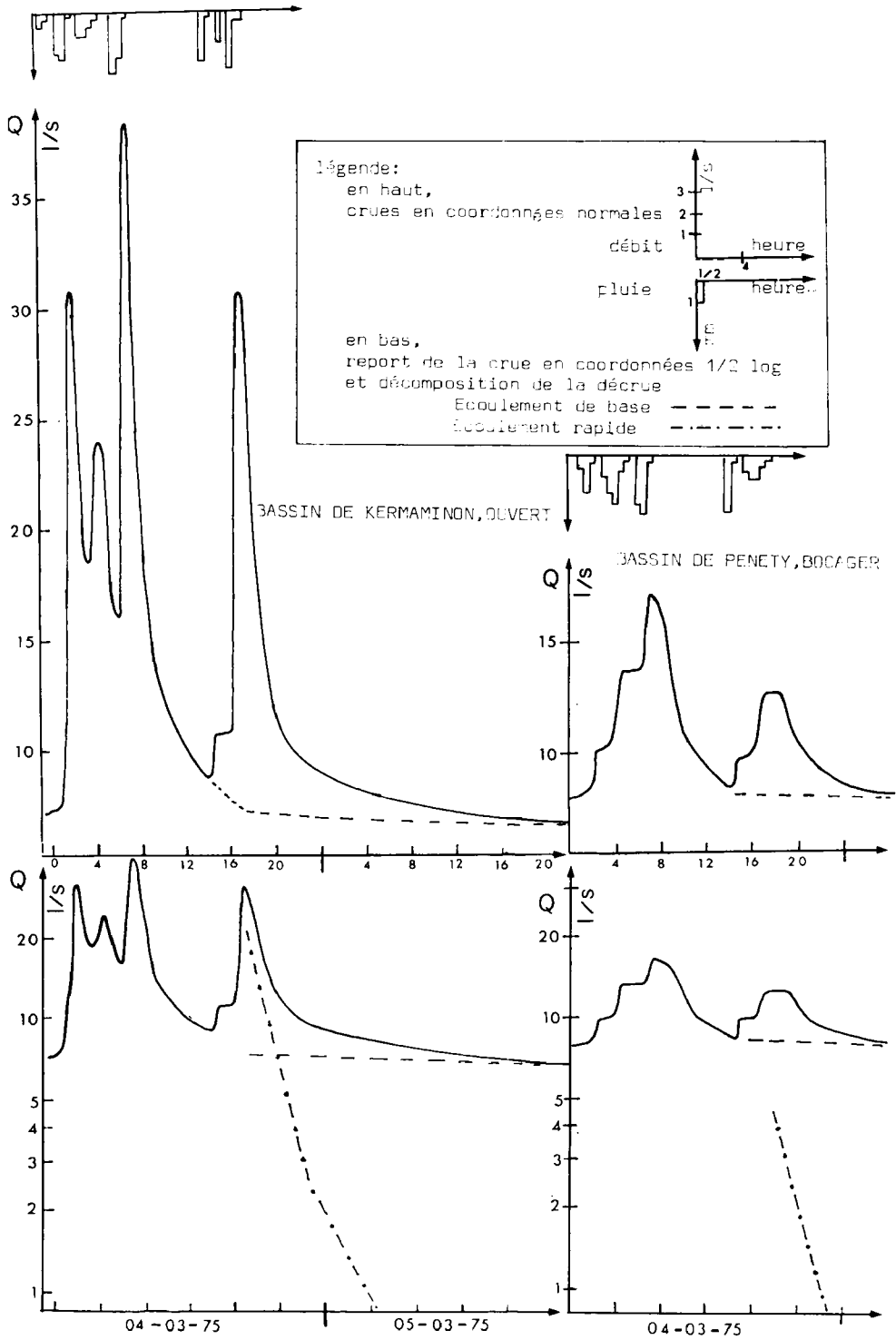


Fig. 4 - Hydrogramme des crues du 3-4-75



du rôle de barrière du deuxième horizon. Nous pouvons donc, par ces mesures, confirmer la possibilité d'une circulation latérale de l'eau dans les horizons de surface des sols.

### **2.2.3. — Rôle du talus dans la circulation de l'eau**

Afin de saisir le rôle du talus, on compare les résultats de perméabilité obtenus en amont et en aval d'un talus situé perpendiculairement à la pente. Ces résultats (figure 3) montrent que les perméabilités observées en amont du talus sont inférieures à celles observées en aval.

L'interprétation de ces résultats est délicate. Deux hypothèses sont possibles :

— il y a, à l'amont du talus, accumulation fréquente d'eau, d'où altération préférentielle des minéraux donnant naissance à des particules plus fines donc à un matériau moins perméable ;

— il y a, à l'amont du talus, accumulation, dans les sols, de particules fines qui ont été transportées latéralement par l'eau qui circule.

### **2.3. — Conclusions**

On retiendra, de cette étude pédologique, deux conclusions essentielles pour ce qui est de la circulation des eaux et, éventuellement, des particules qu'elles transportent :

— Il y a, dans et sur les sols, des migrations latérales importantes.

— Les ensembles talus - haie - fossé sont des barrages à ces circulations, superficielles et internes, qui concernent les eaux et éventuellement, les éléments transportés par ces eaux.

## **3. — ETUDE HYDROLOGIQUE**

Les mesures hydrologiques ont nécessité l'installation sur chacun des bassins versants, d'un limnigraphe, d'un pluviographe, de 2 pluviomètres.

On connaît donc, sur les deux rivières simultanément, les pluies et les crues correspondantes.

Un certain nombre de caractéristiques de crues ont été identifiées et comparées sur les deux rivières.

### **3.1. — Description des principales données**

La figure 5 récapitule un certain nombre de données sur les crues. D'autre part, nous avons sélectionné quelques crues représentatives des deux bassins (fig. 4).

### **3.2. — Comparaison des débits maximum observés (Fig. 5)**

Les différences, évidentes, entre les débits maximum observés sur les deux bassins s'expliquent par deux facteurs :

— la présence ou l'absence de bocage,

— la pente, plus forte sur le secteur ouvert.



Fig. 5 — Graphique des débits maxima des crues simultanées

Nous allons chercher à éliminer le facteur pente pour voir s'il reste encore des différences, explicables alors seulement par le rôle du bocage.

On utilise la formule de Peter E. BLACK qui donne le débit maximum d'une crue d'un cours d'eau en fonction de la pente de son bassin versant :

$$Q \text{ max} = 1,05 \cdot S^{0,39}$$

$Q \text{ max}$  : débit maximum

$S$  : pente

De façon à éliminer toute incertitude quant à la précision de cette formule, nous l'appliquerons avec l'hypothèse suivante :

Pente du bassin ouvert = 2 x pente du bassin bocager réel.

$$S_k = 2 \times S_p$$

Nous prenons là une hypothèse qui va bien au delà des différences réelles de pente entre les deux bassins (pente de Kermaminon = 1,3 pente du Penety).

Si nous appelons :

$Q_p$  le débit maximum de crue observé sur le bassin bocager à pente faible  
 $S_p$  de Penety.

$Q_{pco}$  le débit maximum de crue, corrigé, sur un bassin bocager à pente  
 $S_k = 2 S_p$ .

$Q_k$  le débit maximum de crue observé sur le bassin ouvert à pente  
 $S_k = 2 S_p$  de Kermaminon.

On a :

$$Q_p = 1,05 S_p^{0,39}$$

$$Q_{pco} = 1,05 (2 S_p)^{0,39}$$

ce qui donne, en faisant le rapport des deux équations et après simplification :

$$Q_{pco} = 1,3 Q_p$$

Cette relation nous permet de calculer les débits corrigés en fonction de la pente, sur le bassin bocager, à partir de  $Q_p$ . Pour un bassin bocager théorique de pente égale à deux fois la pente du bassin bocager réel, le débit  $Q_{pco}$ , débit maximum de crue théorique sera égal à 1,3 fois le débit réel  $Q_p$ .

Si le bocage n'avait pas de rôle,  $Q_{pc}$  et  $Q_k$  devraient être identiques. On a opéré un test t d'égalité des moyennes, sur 25 crues, entre  $Q_{pc}$  et  $Q_k$ , pour contrôler cette identité des débits.

Tous calculs effectués, nous trouvons des différences très significatives entre les débits maximum de crue corrigés sur le bassin bocager et ceux observés sur le bassin sans talus.

N.B. On a opéré de la même façon, à partir de la formule de Peter E. BLACK en prenant comme hypothèse  $S_k = 4 S_p$  (ce qui donne  $Q_{pc} = 1,69 Q_p$ ). On a trouvé là aussi des différences très significatives entre les débits de crue des régions bocagères et ouvertes.

En conclusion, toutes choses étant égales par ailleurs (cf. Tableau I), il semble donc que seul le facteur bocage puisse expliquer les différences des fonctions de transfert pluie-débit des deux bassins, signifiées en particulier par l'importance plus grande du débit maximum de crue sur le bassin ouvert.

### 3.3. — Comparaison des coefficients d'écoulement rapide

Le coefficient d'écoulement rapide désigne le rapport de la quantité de pluie qui s'est retrouvée rapidement à l'exutoire du bassin, au volume total de l'averse. Il est souvent assimilé au coefficient de ruissellement. C'est de lui que dépend la violence des crues et de l'érosion.

L'analyse des résultats obtenus met en évidence deux types de crues ; les crues d'été et les crues d'hiver. Nous ne nous intéresserons ici qu'aux crues d'hiver (Tableau II).

TABLEAU II

Caractéristiques de quelques crues de bassins

	date	Penety (bocage)			Kermaminon (ouvert)			Cr ouvert
		volume de pluie m <sup>3</sup>	volume ruisselé m <sup>3</sup>	coef. écoulement rapide	volume de pluie m <sup>3</sup>	volume ruisselé m <sup>3</sup>	coef. écoulement rapide Cr %	Cr bocage
crues d'hiver	27.09.74	1 280	136	11.0	1 280	267	21.0	1.90
	2.11.74	10 000	570	5.7	10 300	1 200	11.5	2.02
	23.11.74	3 050	126	4.15	3 150	240	7.63	1.83
	2.03.75	2 656	68	2.6	2 830	146	5.0	1.93
	6.03.75	2 240	70	3.1	2 240	115	5.0	1.6

Ces crues d'hiver ont lieu à des périodes où le sol est relativement saturé, du fait de précipitations successives qui provoquent une humidité permanente. C'est lors de ces crues que l'on observe la recharge du débit de base. On remarque, en particulier sur Penety, que les coefficients d'écoulement rapide sont inférieurs à ceux d'été. Ceci semble dû en fait à la méthode graphique de décomposition, des hydrogrammes, qui, dans le cas des crues d'été, et non dans les crues d'hiver, inclut dans l'écoulement rapide l'écoulement retardé pédologique.

On observe :

- d'une part, que les coefficients sont variables avec l'intensité de la crue ;
- d'autre part, qu'il y a une différence notable entre les coefficients d'écoulement rapide des deux bassins : le bassin de Kermaminon, ouvert, un coefficient de ruissellement de 1,6 à 2 fois plus fort que celui de Penety (bocage).

### **3.4. — Comparaison des courbes de concentration**

On désigne ainsi la partie montante d'un hydrogramme. Les crues complexes du 4 et 5-3-75, bien représentatives de l'ensemble des crues (Fig. 4), ont des courbes de concentration spécifiques à chaque bassin :

- courbe en forme de pic sur Kermaminon, individualisant la réponse du bassin à chaque averse ;
- courbe en forme de plateau sur Penety, montrant la réponse plus lente et tamponnée du bassin.

Ces observations tendent à prouver le rôle régulateur du bocage vis-à-vis de l'écoulement rapide en hiver : le système talus - fossé, perpendiculaire à la pente, forme un barrage au ruissellement, limite et régularise celui-ci.

## **4. — CONCLUSION**

Les premiers résultats de l'étude comparative entreprise mettent en évidence le rôle régulateur du bocage dans la circulation de l'eau et des particules.

En effet :

- Les organisations pédologiques indiquent que les migrations latérales de matière sont importantes le long des versants, à la surface et dans les sols.
- Le long des versants, les talus constituent des barrages aux circulations latérales des eaux et, éventuellement, des matières transportées par ces eaux : l'étude des organisations et des perméabilités, à l'amont et à l'aval des talus conduisent à cette conclusion.
- En milieu ouvert, les crues sont beaucoup plus brutales et importantes qu'en milieu bocager ; c'est en effet l'eau qui circule latéralement dans les sols qui alimente, pour l'essentiel, ces crues : après suppression du bocage, cette eau n'est plus freinée.

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions :

- la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale (DATAR) et l'Association pour la Protection du Saumon et de la Truite en Bretagne et Basse Normandie (APPSB), pour le concours apporté à l'étude hydrologique ;
- le Ministère de la Qualité de la Vie et le Ministère de l'Agriculture (DARS) pour le concours apporté aux études pédologiques et hydrologiques.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- BLACK Peter E. (1972) - Hydrograph Responses to geomorphic model. Watershed characteristics and precipitation variables. *Journal of Hydrology*, 19, pp. 309-329.
- CAPPUS P. (1960) - Bassin expérimental d'Alsace. Etude des lois de l'écoulement. Application au calcul et à la prévision des débits. *La Houille Blanche*. Juillet-Août 1960, n° 1, pp. 493-520.