

## TRANSFERTS D'ECHELLE ET ETUDE DES ECOULEMENTS DE SURFACE SUR UNE PENTE.

---

PLANCHON O.

### RESUME

De nombreuses études, concernant les bilans d'eau au sens large, se situent à une échelle intermédiaire entre la parcelle élémentaire et le bassin versant : le versant, le champ, ... Il est le plus souvent impossible d'effectuer des mesures directement à ces échelles. Nous sommes donc contraints à réaliser des observations à des échelles différentes. C'est ainsi qu'apparaît la question du transfert de ces informations de l'échelle de mesure à l'échelle d'étude.

Selon cette présentation, il apparaît que beaucoup de questions concernant les transferts d'échelle ont avant tout une origine métrologique.

A partir d'études menées sur le ruissellement des versants à Booro-Borotou (Côte d'Ivoire) et à Bidi (Burkina-Faso), nous montrerons comment il est possible de contourner partiellement la question du transfert d'échelle en menant les observations à une échelle proche de celle que l'on étudie.

Dans un deuxième temps, on constate que l'infiltrabilité globale d'une portion de versant est d'autant plus grande que les caractéristiques locales de l'infiltration y sont hétérogènes (toutes choses égales par ailleurs, et en particulier la valeur moyenne de ces caractéristiques). Ces résultats peuvent fournir une base conceptuelle à la question du transfert d'échelle appliquée au ruissellement de surface.

### INTRODUCTION

Le transfert d'échelle est une opération courante, presque omniprésente, dans toutes les études du milieu naturel. Elle est parfois implicite ; ainsi, l'hydrologue qui calcule une hauteur d'averse sur un bassin-versant à partir de quelques pluviomètres de 400 cm<sup>2</sup> effectue-t-il un transfert d'échelle...

Le transfert d'échelle consiste généralement à utiliser une connaissance, quantitative ou qualitative, acquise sur un objet pour connaître (ou mieux connaître) un autre objet plus grand contenant le premier. Il peut répondre à plusieurs motivations, que l'on peut séparer en deux groupes : la connaissance quantitative des "grands" objets (pour reprendre l'adjectif utilisé plus haut) et celle, qualitative, des phénomènes qui en régissent le fonctionnement interne. La seconde peut être nécessaire à la première.

La connaissance des objets peut porter sur la pluie d'un bassin-versant, le ruissellement d'une pente, la hauteur d'eau infiltrée dans un champ au cours d'une averse, etc... Un transfert d'échelle est généralement rendu nécessaire, dans ce cas, par l'impossibilité d'instrumenter le "grand" objet : comment construire un pluviomètre d'un hectare d'étendue, mesurer le flux de ruissellement traversant une ligne de 500 mètres de long ou le stock hydrique de quelques dizaines de milliers de mètres cubes de sol ? Nous n'avons pas d'appareils de cette taille.

La connaissance des phénomènes internes nécessite, par définition, une étude aux deux échelles qui bornent le domaine de connaissance, objet de l'investigation.

Les problèmes rencontrés dans ces transferts proviennent des nouveaux phénomènes, spécifiques du "grand" objet et non pris en considération lors de l'étude du "petit". Certes, les lois de la physique sont universelles, mais elles s'appliquent aux différentes échelles avec des magnitudes qui leurs sont propres, si bien que les lois dont la prise en compte est efficace à une échelle peuvent être inutiles à la caractérisation de l'autre. Les concepteurs de modèles hydrologiques connaissent bien ce problème : lorsqu'il s'agit de reconstituer les débits d'un petit bassin-versant, ils se heurtent au calcul du bilan, c'est à dire à la "fonction de production", tandis que sur les grands bassins, l'opération la plus délicate est la propagation des crues, c'est-à-dire la "fonction de transfert".

A travers l'exemple des écoulements de surface sur les versants de Booro-Borotou (programme HYPERBAV, Côte d'Ivoire), nous montrons une démarche possible dans un des cadres énumérés ci-dessus.

## DEFINITION DE L'ECHELLE D'ETUDE

L'échelle d'étude est celle d'une zone homogène au regard de la carte du paysage de la figure 1, document synthétique établi au moyen d'un Système d'Informations Géographiques (ARC/INFO). La construction de cette carte est décrite en détail par Mitja et Planchon (1989). Dans ses grandes lignes, elle consiste à croiser 6 cartes au 1/2500, à faire l'analyse factorielle des correspondances sur un tableau issu de la carte croisée et à regrouper les caractères élémentaires décrits par les six cartes pour définir 7 unités paysagères synthétiques. Ces zones sont homogènes au sens de trois

des six cartes, sélectionnées d'après l'AFC pour la définition des unités paysagères. Elles possèdent de nombreux autres caractères communs, tant au regard des trois autres cartes que pour des propriétés non explicitement contenues dans le jeu de données initial, mais dont l'influence a été reconnue dans l'organisation de l'espace factoriel.

Il s'agit d'unités "en équilibre", dans le sens où elles regroupent un grand nombre de caractères interagissant les uns sur les autres. C'est cette propriété qui a permis d'utiliser le terme "unités paysagères" pour les composantes de cette carte.

L'objectif principal est d'évaluer les écoulements de surface produits par chacune de ces unités, tant sous forme de ruissellement diffus que d'écoulement concentré dans des ravines d'érosion. Ce résultat acquis, on s'attachera à interpréter les différences entre les résultats de cette approche globale et ce que l'on pouvait en supposer au seul vu des mesures ponctuelles réalisées par ailleurs.

Les résultats concernant le ruissellement diffus sont décrits et interprétés par Planchon et Janeau (1989) ; l'ensemble de cette étude a fait l'objet du travail de Planchon (1989). Nous en donnons ici un court résumé pour nous attacher plus particulièrement à la réflexion du changement d'échelle qu'ils permettent de mener.

## **CHOIX D'UNE METROLOGIE ADAPTEE A CETTE ECHELLE**

Nos objectifs portent avant tout sur l'échelle d'étude elle-même plutôt que sur ses relations avec les autres échelles. Nous devons mener nos observations à l'échelle exacte que nous étudions ou, à défaut, à une échelle la plus proche possible de celle-ci.

Il est difficile de creuser un fossé de plusieurs centaines de mètres de long pour collecter et mesurer directement le ruissellement produit par une des unités cartographiques étudiées. Un tel procédé interdirait en outre la mesure de plusieurs unités consécutives le long d'une pente, celles du bas étant privées de leur apport naturel en ruissellement.

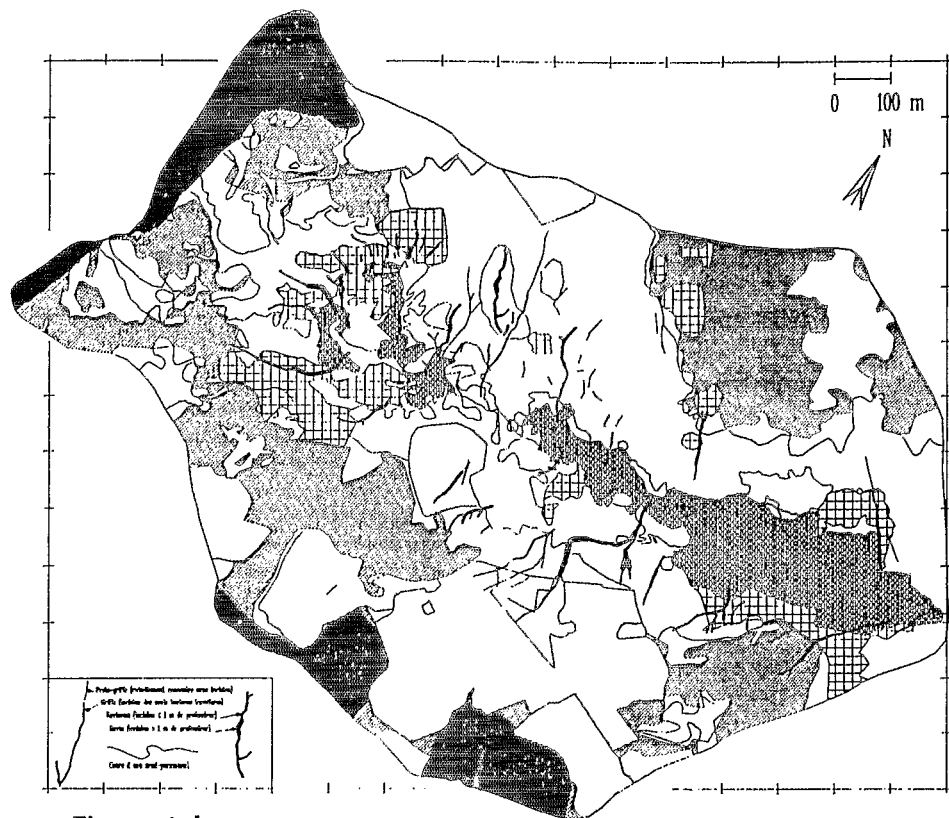


Figure 1 Le paysage

Les unites de paysage :

-  Plateaux et talus
-  Milieux fermes
-  Milieux ouverts
-  Bas-fonds
-  Savane boisee hygrophile
-  Milieux anthropises
-  Milieux heterogenes

L'extrapolation des mesures au simulateur de pluie présentent de nombreux inconvénients que nous cherchons à contourner :

- leur échelle est très éloignée de la nôtre ;
- les phénomènes naturels qu'ils tentent de reproduire sont sensiblement différents de ceux que nous cherchons à évaluer. En effet, une parcelle de simulation de pluie ne reçoit d'eau que de l'asperseur alors qu'en tout point d'un versant se combinent les apports par la pluie et par le ruissellement provenant de l'amont ;
- il s'agit d'expérimentations. Autant que faire se peut, il est souhaitable que celles-ci soient utilisées pour reproduire un phénomène naturel connu par ailleurs, de telle sorte que les résultats puissent en être critiqués, et que le biais introduit par les protocoles expérimentaux par rapport aux phénomènes naturels qu'ils sont sensés reproduire soient évalués.

Nous avons donc mis au point une nouvelle méthode de mesure sous pluies naturelles. Deux idées nous ont guidées dans ce travail :

- un flux, quel qu'il soit, intègre en un point, une ligne ou une surface, le résultat d'un certain nombre de phénomènes qui ont lieu respectivement sur une ligne, une surface ou un volume : une mesure ponctuelle de flux donne des informations globales sur l'ensemble du domaine situé à l'amont<sup>1</sup> du point de mesure ;
- à défaut de pouvoir construire un instrument de mesure gigantesque, il est possible d'utiliser un grand nombre de points d'observation éparpillés dans l'espace. Leur combinaison forme un et un seul instrument dont la définition est équivalente au premier<sup>2</sup>.

Deux sites, réputés parmi les plus ruisselants du bassin, ont été instrumentés dans cet esprit : chacun d'eux est constitué d'une quinzaine de points d'observation du flux de ruissellement, miniaturisés et éparpillés sur le site : les mini-pièges.

Un mini-piège est une rigole de 25 cm de long disposée perpendiculairement à la pente ; elle collecte le flux de ruissellement qui la traverse et le déverse dans un bidon de 60 litres. Les mesures fournies sont discontinues. Le volume exact recueilli n'a en effet pas de signification et on se contente de l'état du bidon après l'averse : vide, en partie plein ou débordé.

---

<sup>1</sup> "Amont" est ici utilisé au sens large, c'est à dire au sens des potentiels croissants.

<sup>2</sup> Cette technique a été utilisée en astronomie avec des radio-télescopes.

Le site des Champs couvre la plus grande zone de paysage anthropisé. C'est un champ de riz pluvial. Il est homogène pour la plupart de ses caractéristiques : sols, végétation, états de surface. Il est par ailleurs fortement encroûté et exempt de micro-relief.

Le site de Savane couvre la plus grande zone de paysage ouvert. C'est une savane claire recouverte de croûtes structurales à 2 micro-horizons ou d'érosion, ces deux types étant dérivés de la forme complète à 3 micro-horizons par décapage successif des deux premières sous l'action érosive du ruissellement. La végétation et les états de surface sont homogènes du point de vue cartographique mais présentent des variations locales importantes, tant à l'échelle unitaire qu'à celle de la dizaine de mètres.

A l'échelle unitaire, la répartition de la porosité superficielle est liée à celle des graminées. Au pied des touffes d'herbe, l'activité faunique est importante, principalement celle des vers de terre, si bien que chaque touffe d'herbe est entourée d'une couronne très poreuse de quelques centimètres de largeur. Ce n'est qu'entre les touffes que se développent les croûtes.

A l'échelle décamétrique, le peuplement graminéen subit les irrégularités de celui des ligneux. Lorsque ceux-ci se trouvent suffisamment proches les uns des autres, les graminées caractéristiques des paysages ouverts cèdent la place à celles des zones boisées, accompagnées des états de surface qui leurs sont propres. On observe ainsi des petits bosquets aux formes irrégulières sous-lesquels l'infiltrabilité locale est importante.

Le site est par ailleurs suffisamment grand pour traverser toutes les différenciations pédologiques du versant, depuis les sols ferrallitiques de l'amont jusqu'aux sols sableux du bas de versant, en passant par les carapaces de mi-versant.

## RESULTATS

Les résultats sont représentés sur les diagrammes de la figure 3. Les trois axes des diagrammes représentent, respectivement et en pourcentage, le nombre de fois que le bidon a été trouvé vide, en partie plein ou débordé. Les ronds blancs représentent les mini-pièges les plus hauts sur la pente dans chacun des sites, les ronds noirs représentent les plus bas, et quatre niveaux de gris intermédiaires permettent de comparer la longueur de pente qui caractérise chacun des mini-piège. De plus, les mini-pièges situés rigoureusement sur la même ligne de pente sont reliés par un trait plein.

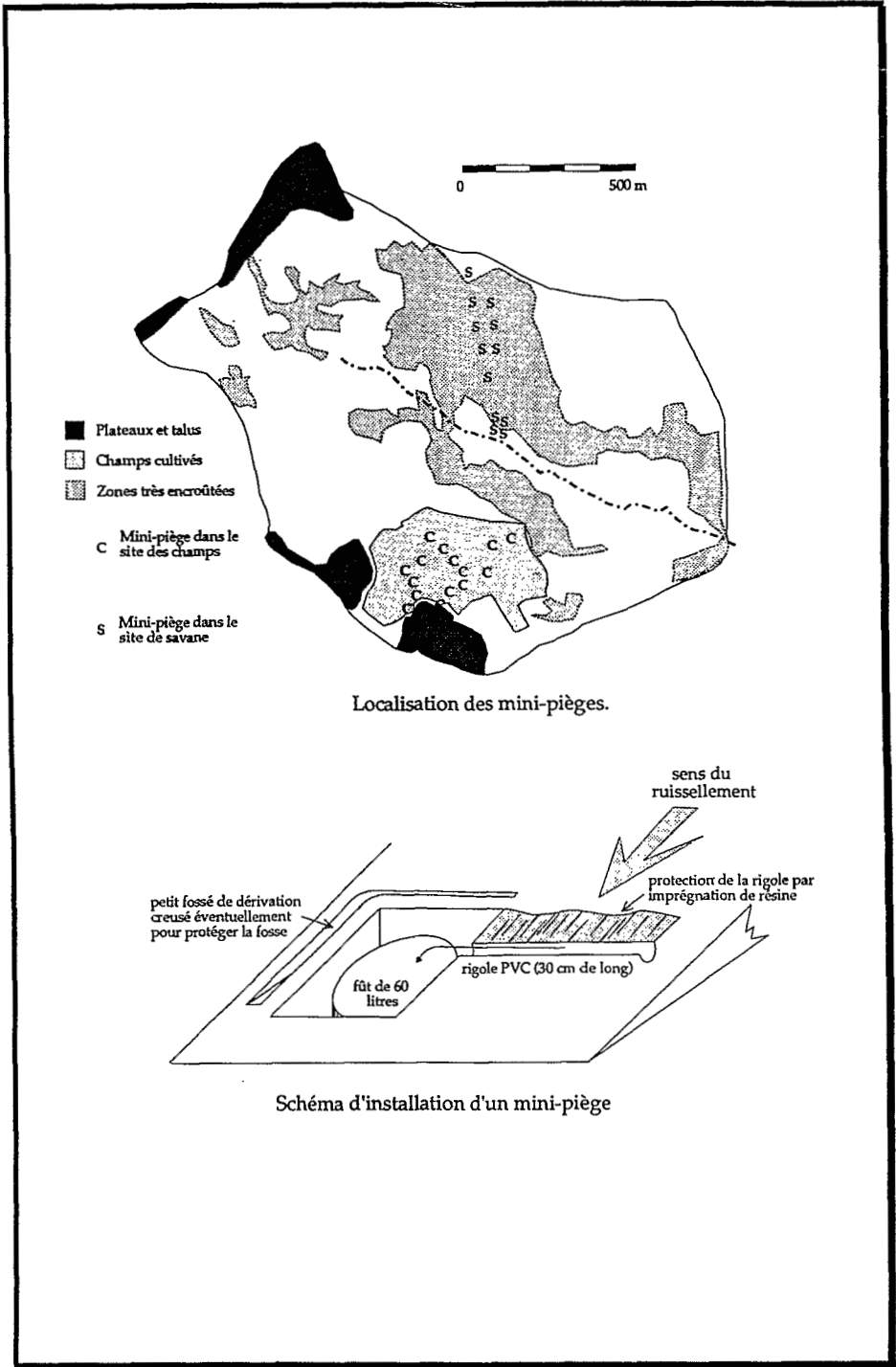


Figure 2 : Description des mini-pièges et de leur implantation sur les sites de mesure, dénommés "Champs" et "Savane".

### Le site des champs

La figure 3a illustre les résultats obtenus pour le site des champs. On constate que :

- les mini-pièges situés rigoureusement le long d'une même ligne de pente sont alignés, sur le diagramme, le long d'axes caractérisés par une valeur "vide" constante. Cela signifie qu'un mini-piège déborde d'autant plus souvent qu'il est bas dans la pente et que, sur une même ligne de pente, du ruissellement apparaît partout, ou nulle part : la pente ruisselle dans son ensemble ou ne ruisselle pas du tout ;
- à longueur de pente égale (pour les points de même niveau de gris), le nombre de fois que le mini-piège a débordé reste à peu près constant.

### Le site de savane

Sur le site de savane en revanche, (figure 3c), il est impossible de mettre en évidence une telle organisation :

- en haut du versant (points blancs), les mini-pièges sont souvent vides (près de 9 fois sur 10). pour les 10% restant, l'un d'entre eux déborde toujours et l'autre pratiquement jamais ;
- de l'amont vers l'aval du versant, même les mini-pièges situés exactement sur la même ligne de pente ne sont pas alignés sur l'axe théorique, ce qui signifie que les conditions locales d'infiltration dominent sur l'organisation générale du ruissellement à l'échelle du versant ;
- en bas du versant (points noirs), les mini-pièges débordent moins d'une fois sur trois, et trois d'entre eux moins de deux fois sur 10. Ces valeurs sont à comparer au résultat du site des Champs, pour lequel les mini-pièges situés les plus bas sur le site, c'est à dire juste à l'amont de la rupture de pente de mi-versant, débordent près de deux fois sur trois. Ceci signifie, là encore, que quelles que soient les modalités du ruissellement dans la partie supérieure du versant, celui-ci est susceptible de s'infiltrer avant d'atteindre le bas de la pente.



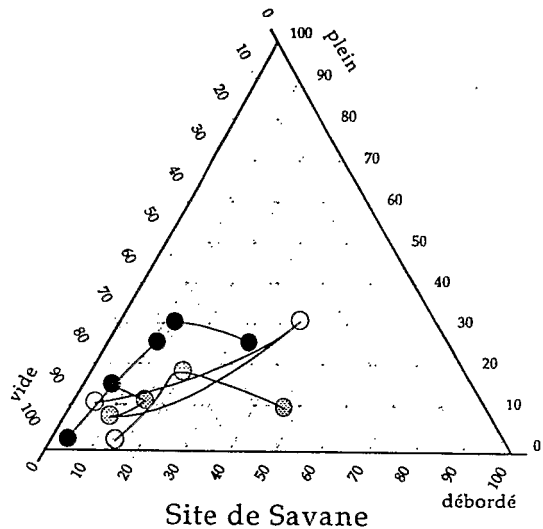
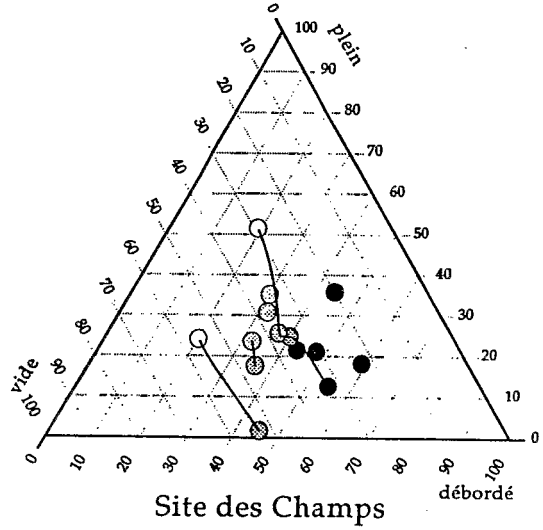
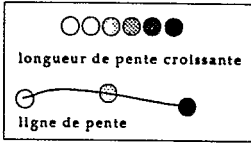


Figure 3

## INTERPRETATION

Dans les champs, c'est à dire dans un milieu sans micro-relief et homogène pour les sols, les états de surface et la végétation, l'organisation des résultats sur le diagramme ternaire montre que le ruissellement est cumulatif de l'amont vers l'aval : le flux de ruissellement augmente avec la longueur de pente, si bien qu'une même averse a d'autant plus de chance de provoquer un flux supérieur à 60 litres pour 25cm (seuil de débordement des bidons) que le point d'observation est bas dans la pente. Il est possible, dans ce cas, d'envisager l'utilisation de mesures ponctuelles, effectuées par exemple au simulateur de pluie, pour prévoir le ruissellement d'une zone entière. La relation ne sera probablement pas proportionnelle et le coefficient permettant de passer d'une échelle à l'autre peut être difficile à généraliser, mais l'opération reste cohérente avec les phénomènes observés.

En revanche, il n'en est pas de même dans les zones de savane où :

- le micro-relief est important ;
- la porosité superficielle est organisée à l'échelle du mètre carré, en relation avec les peuplements graminéens ;
- l'infiltrabilité locale est soumise à l'irrégularité des peuplements ligneux.

On observe alors qu'une portion de versant subit des écoulements en relation avec l'infiltrabilité locale du sol, de façon strictement indépendante de sa position le long de la pente et de l'éventuelle existence d'une zone ruisselante à l'amont : le haut et le bas du versant ont un fonctionnement analogue tandis que c'est sur la zone carapacée de mi-versant que les flux mesurés sont les plus importants.

Les résultats du site des champs montre que notre protocole d'observation est à même de mettre en évidence, s'il existe, le rôle de la longueur de pente sur le flux de ruissellement. On conclut donc que le résultat du site de Savane représente une propriété intrinsèque de ce milieu et non une limite du protocole.

Il n'y a donc pas cumul des écoulements le long de la pente et l'application d'une règle de proportionnalité entre les mesures ponctuelles et la production globale de ruissellement est invalide, quelle qu'en soit la formulation.

Les résultats des observations sur les ravines d'érosion (Planchon 1989) permettent de généraliser ce type de fonctionnement à l'ensemble des zones non anthropisées du bassin, tous types d'écoulements confondus :

**En dépit de coefficients d'infiltration parfois très faibles à l'échelle du mètre carré, il est exceptionnel que les versants non cultivés fournissent de l'eau au cours d'eau sous forme d'écoulement superficiel.**

## DISCUSSION

Le paragraphe précédent répond à la question posée : quels sont les écoulements de surface produits par les unités paysagères. La réponse en ce qui concerne les champs est insuffisamment quantifiée, mais cette lacune tient avant tout à l'exploitation trop sommaire des résultats que propose les diagrammes ternaires plutôt qu'à une limite strictement métrologique. La modélisation de la propagation d'un flux de ruissellement sur une pente est en cours. Elle tiendra compte des interactions entre ruissellement et infiltration, mises en évidence au cours de cette étude ; les mini-pièges seront utilisés pour le calage du modèle.

La technique de mesure mise au point est ainsi susceptible de fournir des informations directement à l'échelle d'étude qu'est la portion de versant.

Nous pouvons dès lors comparer ces résultats à ceux fournis par des échelles différentes : le mètre carré et le bassin-versant dans son ensemble.

### Du mètre carré au versant

Un versant ruisselle moins que l'ensemble de ses mètres carrés constitutifs. Un tel défaut d'écoulement peut trouver trois explications :

- les éléments de comparaison sont biaisés : l'infiltrabilité mesurée au simulateur de pluie est inférieure à celle de la même zone sous pluie naturelle ;
- une goutte de pluie peut cheminer quelques mètres à la surface du sol avant de trouver une zone propice à son infiltration ;
- une partie de l'eau est concentrée dans des chenaux et échappe ainsi aux mesures de flux.

La troisième hypothèse est peu plausible dans le cas du site étudié : Une seule ravine se trouve à l'intérieur du site étudié. Son bassin-versant théorique (identifié sur une carte hypsométrique à l'équidistance de 20 cm, dressée pour l'occasion) à une largeur maximale de 25 mètres. Une étude de terrain très fine a par ailleurs permis de repérer toutes les zones dont l'état de surface est marqué par un ruissellement important. Ces zones sont nombreuses sur le

site mais toujours limitées à quelques dizaines de mètres de longueur. Elles ne sont pas connectées les unes aux autres.

Les deux premières hypothèses semblent en revanche se combiner pour expliquer le défaut de ruissellement mis en évidence :

- à l'échelle du mètre carré, la répartition particulière de la porosité a été décrite plus haut : encroûtement dans les zones basses situées entre les touffes d'herbe et porosité importante sur leurs piémonts. Lorsque l'infiltrabilité du sol est conditionnée par la porosité superficielle, une telle géométrie est propice à l'accroissement très important de l'infiltrabilité avec l'épaisseur de la lame d'eau ; ceci non en raison de la simple charge hydraulique mais par l'accès à une porosité importante mais "haut perchée". La simulation de pluie donne des informations globales sur la relation entre les intensités d'averse et d'infiltration sans que le rôle spécifique de l'épaisseur de la lame d'eau ne soit pris en compte. Si celle-ci est importante, tous les résultats s'en trouvent difficiles à interpréter en condition naturelle, puisque là, la lame d'eau dépend non seulement de l'intensité de l'averse mais également, et pour une part importante, de la quantité d'eau provenant de l'amont.

- la deuxième hypothèse n'est pas non plus à exclure en raison de l'hétérogénéité de la répartition des ligneux et donc de celle des encroûtements. On se trouverait ainsi proche du modèle de la "planche à trous" (une planche entièrement imperméable parsemée de trous pouvant supporter un débit illimité). Dans ce cas, l'infiltrabilité globale de la zone dépend davantage de la densité des trous que de leur surface totale et n'est donc pas proportionnelle à la moyenne des infiltrabilités locales.

Ces deux hypothèses ont été développées en détail dans les publications déjà citées, si bien que nous nous contenterons ici du rappel sommaire que nous en avons fait.

### **Du versant au bassin**

La genèse des crues sur le bassin-versant suit quelques mécanismes simples mais dont la rapidité autant que la variabilité spatiale en rend la prise en compte délicate dans un modèle.

Quelques observations permettent de supposer que la genèse des crues à Booro-Borotou répond à la théorie des aires contributives variables :

- pris dans leur globalité, les versants ne ruissellent pas ;

- la forme des crues trouve une explication simple : l'occurrence d'une crue de forme pointue (débit maximum relatif au volume écoulé) est sous la dépendance de l'apparition d'une crue violente (intensité maximale en 15 minutes élevée) alors que le débit de base est également élevé avant l'averse.

La modélisation satisfaisante du bassin-versant de Booro-Borotou aux petits pas de temps a, jusqu'à présent, échappé aux premières tentatives, effectuées avec les modèles les plus classiques utilisés à l'ORSTOM. Les raisons en sont multiples et on déjà été discutées (Chevalier 1988, Chevallier, Planchon, Quinn, 1989). Elles débouchent toutes sur le constat qu'un modèle aux petits pas de temps sur un petit bassin doit simuler le plus exactement possible les phénomènes propres à ce bassin particulier.

On peut comparer un modèle à une horloge : il transforme un signal d'entrée (les battements du ressort / la chronique des pluies) en signal de sortie (le mouvement des aiguilles / la chronique des débits). Ceci se fait au moyen d'un *mécanisme* qui possède lui-même des dispositifs de *réglage*. On conçoit, sur cet exemple simple, que le choix des bons réglages ne peut se substituer à celui des mécanismes. En d'autres termes, quelques soient le jeu de paramètres choisis pour un modèle donné, le signal de sortie fournit par celui-ci appartiendra toujours à une famille limitée de signaux de sortie correspondant à l'expression d'un nombre limité de concepts de base.

Ce sont des études menées à des échelles différentes qui permettent de proposer tel ou tel mécanisme pour le modèle. Ainsi, si les résultats de l'étude des écoulements sur les versants avaient été connus avant que la modélisation hydrologique ne soit entreprise, nous aurions pu éviter l'utilisation de certains modèles, d'avance voués à l'échec car possédant des "mécanismes" manifestement inconciliables avec les processus observés à Booro-Borotou.

Notre étude confirme les conclusions de Chevallier (1988) : la modélisation satisfaisante de Booro-Borotou aux petits pas de temps nécessite la prévision correcte du niveau de la nappe avant l'averse. C'est de lui, en effet, que dépend l'extension de l'aire contributive de l'averse.

Top-Model est un modèle hydrologique qui applique la théorie des aires contributives variables. Son utilisation n'a pas donné entière satisfaction. Ceci doit être attribué à une modélisation trop simpliste de l'extension de l'aire contributive au regard de la complexité des phénomènes qui la régissent à Booro-Borotou :

- la nappe n'est jamais en équilibre et l'est encore moins en cours d'hivernage ;
- elle n'est pas parallèle à la surface du sol, comme le suppose Top-Model ;

- les écoulements des versants, s'ils n'atteignent pas directement le cours d'eau, sont en revanche susceptibles de s'infiltrer à proximité de celui-ci (principalement en tête de vallée) et d'influer sensiblement sur le niveau de la nappe au cours de l'averse. Il a été observé de visu que le point d'affleurement de la nappe en tête du cours d'eau peut remonter de 100 mètres le long du talweg au cours d'une averse, ce qui correspond à une remontée du niveau de la nappe de plus d'un mètre en 20 minutes.

## CONCLUSION

Les trois échelles observées simultanément à Booro-Borotou sont régies par des lois qui leurs sont propres :

- l'échelle unitaire est soumise à la variation annuelle des encroûtements et de l'humidité du sol. Pour la résumer d'un mot, c'est l'échelle du ruissellement ;
- l'échelle du versant est liée à la répartition des caractéristiques locales de l'infiltration, plus qu'à leur valeur moyenne. C'est l'échelle de l'infiltration ;
- l'échelle du bassin est liée à la dynamique de la nappe. C'est l'échelle du ruissellement sur surface saturée.

Chacune de ces échelle doit être étudiée avant tout de façon spécifique, avec les instruments et les concepts qui permettent au mieux l'appréhension des phénomènes majeurs qui en régissent le fonctionnement.

Nous avons partagé, en introduction, les transferts d'échelle selon deux types : la connaissance des objets et celle des processus.

En ce qui concerne la connaissance des objets, les problèmes d'échelles nous sont toujours apparus comme strictement métrologiques, liés à l'impossibilité d'effectuer des mesures directement à l'échelle de l'objet étudié. En tant que telles, ces question trouvent des réponses opportunistes plutôt que conceptuelles ; elles doivent être un préalable à l'instrumentation et non un objectif de recherche. C'est ce type de démarche qui a été décrit ici au sujet des mini-pièges et mis en oeuvre avec succès.

Dans la recherche des processus, la conclusion principale que nous tirons de cette étude à différentes échelles est que les résultats d'une étude à une échelle plus fine est avant tout utile pour énoncer des concepts pertinents (construire le mécanisme de l'horloge) plutôt que directement, dans son aspect strictement quantitatif (régler un mécanisme préexistant).

Enfin, l'histoire des mini-pièges n'est pas dénuée d'enseignements. C'est Christian Valentin qui, le premier, a supposé l'absence d'écoulements de surface en bas de versant. Cette hypothèse a été formulée sur la seule base de la description des états de surface : tout le bas-fond est bordé d'une zone caractéristique de 5 à 10 mètres de large tout au plus, sur laquelle on observe d'importants dépôts de sables grossiers et l'absence des croûtes caractéristiques de l'érosion. Valentin a alors supposé que cette zone était le lieu privilégié de l'infiltration des écoulements en provenance des versants et lui a donné le nom de "bande d'arrêt".

Si notre étude montre que l'infiltrabilité des versants pris dans leur ensemble n'est pas exclusivement imputable aux "bandes d'arrêt", il reste que c'est leur description qui nous a incités à étudier plus en détail la propagation des écoulements sur les versants : l'observation a précédé et orienté la mesure. L'enseignement général que l'on peut en tirer est la prédominance de l'observation sur les mesures dans ce type de travail. La tentative de calculer le comportement général par la seule composition des comportements individuels est tentante mais perverse.

Tentante car les différentes échelles ne sont finalement pas si éloignées les unes des autres : on peut voir, à ses pieds, la parcelle de simulation de pluie et lever la tête pour embrasser du regard tout un bassin-versant.

Perverse car, malgré cette proximité, le milieu naturel est et restera toujours plus complexe et plus hétérogène qu'un gaz parfait, qu'un conducteur électrique ou que tout autre objet d'application classique des grandes lois de la physique. Observer par nous-même nos terrains d'étude avant d'y appliquer des concepts établis ailleurs, c'est avant tout faire preuve d'humilité devant cette complexité et de cette hétérogénéité du milieu naturel, qui limitent la portée des théories que nous cherchons à lui appliquer.

Le corollaire de cette nécessaire humilité est que la précision de tout transfert d'échelle effectué a priori est illusoire, et que tout travail dans ce domaine doit se baser sur des observations aux bornes de l'intervalle étudié.

## REFERENCES

- Chevalier (1988). Complexité hydrologique du petit bassin-versant. Exemple en savane humide (Booro-Borotou, Côte d'Ivoire). Etudes et thèses. ORSTOM. 331 p.
- Chevallier, Planchon, Quinn, (1989). In : Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin-versant de savane humide. Etudes et thèses. ORSTOM. pp. 91-104.

- Mitja et Planchon (1989). Etude du paysage du bassin. *In* : Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin-versant de savane humide. Etudes et theses. ORSTOM. pp. 91-104.
- Planchon (1989). Le relief, le paysage et les formes d'érosion linéaires : leur importance dans le fonctionnement d'un petit bassin-versant. (Booro-Borotou, Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat. USTL, Montpellier. 225 p.
- Planchon et Janeau (1989). Le fonctionnement hydrodynamique à l'échelle du versant. *In* : Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin-versant de savane humide. Etudes et theses. ORSTOM. pp. 165-184.