

CAMPAGNE DE SIMULATION  
DE  
PLUIES EN MILIEU URBAIN

---

OUAGADOUGOU AVRIL 1987

---

C. BOUVIER  
J. M. DELFIEU  
J. L. JANEAU



UR F4 UR B2

UNIVERSITE DES SCIENCES ET  
TECHNIQUES DU LANGUEDOC

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE  
MATHEMATIQUE

DECEMBRE 1987

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

#### 1. RAPPELS SUR LES MECANISMES DE L'INFILTRATION SOUS PLUIES SIMULEES

- 1.1. Description de l'appareil de mesure
- 1.2. Analyse de l'hydrogramme de ruissellement
  - 1.2.1. Phase d'imbibition
  - 1.2.2. Phase de régime transitoire
  - 1.2.3. Phase de régime permanent
  - 1.2.4. Phase de vidange

#### 2. CHOIX DU PROTOCOLE DE MESURES

#### 3. CHOIX DES PARCELLES

- 3.1. Description des sols rencontrés sur les bassins urbains de Ouagadougou
- 3.2. Description des parcelles

#### 4. DEPOUILLEMENT DES MESURES

#### 5. INTERPRETATION DES MESURES

- 5.1. La qualité des mesures
- 5.2. Coefficients de ruissellement
- 5.3. Pluie d'imbibition
- 5.4. Intensité d'infiltration à saturation
- 5.5. Influence de  $I_p$  sur l'intensité d'infiltration
- 5.6. Représentativité des mesures

#### 6. MODELISATION DE L'INFILTRATION

- 6.1. Evaluation de  $D_m$
- 6.2. Evaluation de  $S_i$
- 6.3. Calcul des coefficients  $F_o$  et  $k$

### CONCLUSION

### BIBLIOGRAPHIE

Annexe : Légende de la méthode de description des parcelles

A l'initiative de l'UR F4, cette campagne de simulation des pluies s'est déroulée en milieu urbain à Ouagadougou du 26.03.87 au 08.04.87. Nous tenons à remercier J.M. LAMACHERE, ainsi que toute l'équipe de l'UR B2 de Ouagadougou, d'avoir oeuvré pour faciliter le déroulement de cette campagne.

J.M. DELFIEU a assuré le suivi des opérations sur le terrain et les dépouillements des mesures effectuées.

J.L. JANEAU, pédologue d'Adiopodoumé, s'est attaché à la description des états de surface lors d'un passage à Ouagadougou. Ses conclusions feront d'autre part l'objet d'un rapport de synthèse portant sur la relation ruissellement-état de surface de l'ensemble des parcelles étudiées en milieu urbain.

C. BOUVIER présent à Ouagadougou du 22 au 29.03.87, a effectué le choix des parcelles et s'est chargé de l'interprétation des mesures, ainsi que de la rédaction de ce rapport.

### **INTRODUCTION : EXPOSE DES MOTIVATIONS**

Les modèles de transformation pluie-débit utilisés pour l'évaluation du ruissellement urbain, d'origine américaine ou européenne pour la plupart, sont appliqués en considérant que les surfaces perméables du bassin ne participent pas au débit de pointe de la crue.

Cette hypothèse ne semble pas convenir aux bassins urbains africains, dont le ruissellement, aussi bien au niveau de la production que du transfert, semble très influencé par la capacité d'absorption des sols.

Un travail de synthèse, réalisé à partir de mesures hydropluviométriques effectuées à Ouagadougou, Niamey, Lomé, Cotonou, Bamako et Abidjan, vise à proposer un modèle de transformation pluie-débit adapté aux spécificités hydrologiques des bassins urbains africains.

La campagne de pluies simulées entreprise à Ouagadougou s'inscrit dans une série de mesures analogues, relative à chacune des villes précitées.

Son principal objectif est de fournir une évaluation expérimentale des pertes par infiltration, évaluation à laquelle nous comparerons les valeurs obtenues par calage du modèle.

## 1- RAPPEL SUR LES MECANISMES DE L'INFILTRATION SOUS PLUIES SIMULEES

### 1.1. Description de l'appareil de mesure (Figure 1)

Le simulateur de pluie utilisé est le fruit d'une dizaine d'années d'expérimentations effectuées par l'ORSTOM, et sous sa forme actuelle, permet de reproduire assez fidèlement les caractéristiques de l'averse :

- énergie cinétique des gouttes d'eau : initialement conçu par des pédologues pour étudier l'érodibilité des sols, l'asperseur est placé sur un bâti d'une hauteur d'environ 5 m.
- grosseur des gouttes d'eau : l'asperseur est constitué par un gicleur produisant un jet dont la grosseur des gouttes d'eau se règle à partir du débit de la pompe d'alimentation en eau.
- intensité de la pluie : celle-ci est variable et obtenue par le réglage de l'angle de balayage de l'asperseur.

La pluie est concentrée sur une parcelle carrée de 1 m de côté, dont l'écoulement est recueilli sur la bordure aval et dirigé vers une cuve dont le niveau est enregistré par un limnigraphe.

### 1.2. Analyse de l'hydrogramme de ruissellement

L'hydrogramme de ruissellement obtenu dans les conditions du paragraphe précédent, a fait l'objet de nombreuses études en laboratoire ou sur le terrain. LAFFORGUE, qui a utilisé un dispositif expérimental semblable au nôtre, se différenciant exclusivement par la taille de la parcelle (5 m x 10), en donne la description suivante :

"la figure 2 est la traduction graphique de ce qui est le plus généralement observé à l'exutoire.

Le temps a été porté en abscisse avec pour origine l'instant correspondant au début de la pluie. En ordonnée sont portées en millimètre par heure, les variations d'intensité des différents termes du bilan de surface qui sont :

- la hauteur de pluie cumulée  $P(t)$  à laquelle correspond l'intensité de ruissellement  $I_p(t)$
- la lame d'eau ruisselée cumulée  $L(t)$ , à laquelle correspond l'intensité de ruissellement  $R(t)$ ,
- la lame d'eau infiltrée cumulée  $W(t)$  à laquelle correspond l'intensité d'infiltration  $F(t)$ ,
- la lame d'eau stockée à la surface de la parcelle  $S(t)$ . Ce terme peut être considéré comme la somme de l'écoulement retenu en surface sous forme de flaques d'une part, et de la hauteur moyenne de la lame d'eau en mouvement à la surface de la parcelle ( $D_m$ ).

L'hydrogramme de ruissellement (en trait plein sur la figure 2) est constitué, si l'averse est suffisamment longue, par quatre portions de courbe correspondant à des phases bien individualisées du processus : une phase d'imbibition ( $R = 0$ ), une phase transitoire ( $R$  croissant), une phase de régime permanent ( $R$  constant) et une phase de vidange".

#### 1.2.1. Phase d'imbibition

En début de pluie, le ruissellement est nul pendant une durée  $t_i$ . Au cours de cette durée, les pertes à l'écoulement sont donc égales au volume de pluie précipité et sont représentées par :

- le remplissage des dépressions naturelles du sol (volume  $S_i$ ),
- le volume infiltré.

Le mode opératoire que nous utilisons ne permet pas de dissocier ces deux facteurs au cours de cette phase.

La phase d'imbibition est caractérisée par la mesure de la pluie d'imbibition  $P_i$ , égale à l'intensité de la pluie que multiplie la durée d'imbibition  $t_i$ .

### 1.2.2. Phase du régime transitoire

Au cours de cette phase, les valeurs prises par l'intensité de ruissellement  $R(t)$  résultent de la superposition de trois phénomènes variables :

- diminution continue de l'infiltration,
- augmentation de la hauteur moyenne de la lame d'eau en mouvement à la surface de la parcelle (détention mobilisable  $D_m(t)$ ),
- augmentation du stockage sous forme de flaques

Ce que traduit le bilan suivant :

$$P(t) - L(t) - W(t) - D_m(t) - S(t) = 0$$

soit en dérivant par rapport au temps:

$$I_p(t) - R(t) - F(t) - d D_m(t)/d_t - d S(t)/d_t = 0$$

Vu la complexité des mécanismes en présence que le mode opératoire que nous utilisons ne permet pas d'analyser séparément, la phase de régime transitoire ne peut être caractérisée simplement.

### 1.2.3. Phase de régime permanent

En régime permanent, la quantité  $I_p(t) - R(t)$  est constante et représente effectivement une intensité d'infiltration, que nous noterons  $F_N$ .

### 1.2.4. Phase vidange

Cette phase correspond à la vidange des réserves superficielles mobilisables après l'arrêt de la pluie. Le bilan de surface, écrit à l'instant de la fin du ruissellement  $t_f$  permet d'exprimer  $D_m$  en fonction de la détention superficielle récupérable pour le ruissellement  $D_R$ , directement accessible aux mesures de terrain :

$$D_R = D_m + S(t_u) - S(t_f) + W(t_u) - W(t_f)$$

ou

$$D_m - D_R = S(t_f) - S(t_u) - W(t_u) + W(t_f)$$

quantité minorée par 0 (valeur atteinte dans le cas d'une parcelle imperméable) et majorée par  $F_N \cdot t_R$ , où  $t_R$  désigne le temps de vidange (ou de concentration) de la parcelle.

## 2. CHOIX DU PROTOCOLE

Compte tenu de nos motivations, nous nous sommes orientés vers un protocole défini pour répondre aux questions suivantes concernant les mécanismes d'infiltration :

- 1) quelle est l'évolution de l'intensité d'infiltration au cours du temps et au bout de combien de temps le régime permanent est-il atteint ?
- 2) quelle est l'influence de l'intensité de la pluie sur l'intensité d'infiltration ?
- 3) quelle est l'influence de l'humidité du sol sur l'intensité d'infiltration ?

La première question nous a conduit à simuler des pluies d'intensité constante, de durée voisine d'une heure. Les premières conclusions obtenues ont permis d'envisager des variations d'intensité de pluie, répondant ainsi partiellement à la deuxième question.

Quant au troisième point, partant de l'hypothèse que, pour les sols rencontrés en milieu urbain, les conditions de ruissellement sont peu sensibles au degré d'humidité des sols, nous avons procédé pour chaque parcelle, à au moins une mesure de ruissellement sur sol sec et une sur sol très humide. Cette façon de faire s'est traduite par une succession de pluies séparées par des temps de ressuyage relativement courts réalisés sur un même site et permet de réduire :

- a) les déplacements de l'appareil, toujours délicats en ville,
- b) la durée de la campagne de façon générale.

Plus précisément, le protocole peut être résumé ainsi, pour une parcelle donnée :

jour n° 1 matin	pluie n° 1	40 mm/h pendant une heure
jour n° 1 après-midi	pluie n° 2	40 mm/h pendant 30 minutes 120 mm/h pendant 15 minutes 40 mm/h pendant 15 minutes
jour n° 2 matin	pluie n° 3	40 mm/h pendant 30 minutes 120 mm/h pendant 15 minutes 80 mm/h pendant 15 minutes 40 mm/h pendant 15 minutes

Chaque pluie est précédée et suivie d'un étalonnage de contrôle des intensités de pluie.

A la fin de chaque pluie, nous avons procédé à une pluie secondaire très courte, survenant moins de dix minutes après la fin de la pluie principale. Cette démarche avait pour but principal de permettre une analyse fine de l'infiltration, mais s'est finalement avérée assez décevante (voir paragraphe 6).

### 3. CHOIX DES PARCELLES

#### 3.1. Description des sols rencontrés sur les bassins urbains de Ouagadougou

Notre premier souci a été d'étudier la variété des sols sur l'ensemble de la ville et une série de prélèvements à la tarière a été préalablement effectuée.

Les parcelles ont été choisies en fonction des différents états de surface représentés sur les bassins expérimentaux étudiés de 1977 à 1979 : sur ces bassins, les sols sont principalement sablo-argileux avec des affleurements de la cuirasse latéritique çà et là ; le couvert végétal y est très faible, voire inexistant.

Le nombre des parcelles a été fixé à 6 : pour des raisons parfois pratiques, parfois administratives, ces emplacements peuvent se situer en dehors des bassins, mais dans ce cas, nous nous sommes assurés que le choix de ces parcelles était compatible avec ce que nous avons observé sur les bassins (figure 3)

- Parcelle n° 1 : Cour ORSTOM
- n° 2 : Cour concession
- n° 3 : Terrain Ecole
- n° 4 : Terrain Mission Catholique I
- n° 5 : Terrain Mission Catholique II
- n° 6 : Piste carrossable

Chaque emplacement choisi a fait l'objet d'une description détaillée complétée par la méthode préconisée par C. VALENTIN. Les parcelles ont également fait l'objet d'une analyse granulométrique sur les cinq premiers centimètres du sol, et d'une couverture photographique consacrée à l'aspect général de la parcelle avant et après la pluie, d'une part, à des vues de profil pédologique (sur les dix premiers centimètres et sur les cinquante premiers centimètres) d'autre part.

Enfin, des prélèvements du sol ont été effectués, à des profondeurs variables après chaque pluie, pour obtenir des mesures d'humidité pondérales. Ces prélèvements ont été effectués à une distance de 20 à 30 cm à l'extérieur des côtés de la parcelle (tableaux 22 et 23).

#### 3.2. Description des parcelles

Deux types d'états de surface se dégagent :

- a) - Les parcelles n° 1, 5 et 6 possèdent un recouvrement d'éléments grossiers (taille > 2 mm) supérieur à 40% de la surface totale. Inter gravillons, des sables grossiers sont pris en masse sur 3 mm d'épaisseur formant un premier microhorizon, le deuxième est constitué de sables fins puis apparaît une fine pellicule plasmique où sont enchassés de nombreux gravillons, l'ensemble formant une croûte à charge grossière (figure n° 4).
- b) - Les parcelles n° 2, 3 et 4 sont des croûtes structurales reconnaissables à leurs trois microhorizons bien distincts : sables grossiers en surface suivi de sables fins blanchis et enfin une pellicule plasmique à forte porosité vésiculaire (figure n° 5).

Les parcelles n° 1 et 2 sont situées sur des sols gravillonnaires dès 20 ou 30 millimètres de profondeur.

Les parcelles n° 3 et 4, sont situées sur des sols d'apports latéritiques de 40 mm d'épaisseur sous-jacents à un couvert de gravillons ferrugineux libres et de sables grossiers déliés et éléments grossiers de faible diamètre (2 à 4 mm).

La parcelle n° 6 a la particularité de posséder un microhorizon de surface essentiellement sableux (sables très grossiers) et éléments grossiers de faible diamètre (2 à 5 mm), sur sol à texture sablo-argileuse dans les 60 premiers centimètres.

La parcelle n° 5 est située sur une piste carrossable, en zone très compactée à forte charge d'éléments grossiers et sur apport latéritique.

Pour l'ensemble des parcelles : aucune végétation, aucune zone cultivée, peu ou pas d'activité faunique.

Les tableaux n° 19 à 21 établissent une description récapitulative des parcelles suivant la notation préconisée par C. VALENTIN (voir en annexe la légende explicative).



#### 4. DEPOUILLEMENT DES MESURES

A l'occasion de cette campagne, les mesures ont porté principalement sur le ruissellement et l'infiltration. Nous avons procédé au total à 3 pluies sur chaque parcelle, soit 18 pluies sur l'ensemble des parcelles.

Le dépouillement des enregistrements (tableaux 1 à 18) a permis de calculer pour chaque expérience :

- le début de l'écoulement observé à la sortie de la goulotte, en mn
- $I_p(t)$ , l'intensité de la pluie à l'instant  $t$ , en mm/h
- $L_p(t)$ , la lame précipitée à l'instant, en mm
- $R(t)$ , l'intensité de ruissellement à l'instant  $t$ , en mm/h
- $L_R(t)$ , la lame ruisselée à l'instant  $t$ , en mm
- $(I_p - R)(t)$ , l'intensité des pertes à l'écoulement à l'instant  $t$ , en mm/h
- $(L_p - L_R)(t)$ , la lame des pertes à l'écoulement à l'instant  $t$ , en mm
- $K_R(t)$ , le coefficient de ruissellement à l'instant  $t$ , en %
- $D_R$ , la rétention récupérable à la fin de la pluie, en mm
- $t_R$ , le temps de vidange de la  $D_R$ , en mn.

Pour le dépouillement, nous avons procédé de la façon suivante :

- 1) calcul du volume ruisselé moyen sur des pas de temps successifs de 5 mn, sauf pour le début de l'écoulement.

Ex : si le début de l'écoulement se produit à 2'30", on calcule le volume ruisselé moyen de 2'30" à 5', de 5' à 10', de 10' à 15', etc.

- 2) calcul de l'intensité moyenne de ruissellement  $R$  pendant les mêmes pas de temps.
- 3) calcul de la quantité  $I_p - R$  pendant les mêmes pas de temps, par différence entre  $I_p$ , intensité de la pluie, et  $R$ , intensité de ruissellement.

Un changement d'intensité de la pluie définit le début d'un intervalle, au cours duquel le volume ruisselé moyen est calculé avec des valeurs d'intensités de ruissellement extrapolées à partir de l'établissement du régime permanent comme le montre la figure 6.

Dans le tableau figurent donc, dans le cas d'un changement d'intensité de pluie, des valeurs d'intensité de ruissellement et d'infiltration extrapolées, alors que la valeur de la lame ruisselée est celle qui est effectivement indiquée sur le diagramme ( $L_{R_0}$  sur la figure 6).

Cette façon de procéder permet d'une part, de traduire plus fidèlement l'évolution des valeurs d'infiltration et d'autre part, de calculer si on le souhaite les variations de la rétention mobilisable de surface consécutive à un changement d'intensité de pluie.

Les valeurs extrapolées (changement d'intensité de pluie ou autre raison) figurent dans les tableaux entre parenthèses.

Pour tracer les courbes représentatives de l'intensité des pertes à l'écoulement  $(I_p - R)(t)$ , la valeur moyenne de l'intensité a été datée au centre de l'intervalle  $dt$ .

## 5. INTERPRÉTATION DES MESURES

Sur les figures 7 à 12, nous avons représenté, pour chaque parcelle, l'évolution des valeurs obtenues en soustrayant l'intensité du ruissellement R à l'intensité de la pluie  $I_p$ , en fonction du temps. Comme nous l'avons vu au paragraphe 1.2, ces valeurs ne peuvent être assimilées à des intensités d'infiltration qu'à partir du début du régime permanent.

Nous avons admis que l'indice de saturation  $I_k$  fournit une représentation convenable de l'état d'humidité du sol et nous avons associé les deux états extrêmes d'humidité à  $I_k = 0$  et  $I_k = 70$  ; cette seconde valeur, assez arbitraire, caractérise la plupart du temps les pluies survenant à la fin de notre protocole. Des mesures d'humidité pondérale du sol ont été réalisées sur les 25 premiers centimètres du sol (tableaux 22 et 23).

### 5.1. La qualité des mesures

En dépit d'une surveillance assez étroite des expériences, certains facteurs peuvent venir affecter la précision des mesures. Nous citerons, parmi les principaux, les fluctuations de la pression de débit ou des perturbations dues à des courants d'air intempestifs. (erreur sur  $I_p$ ), ainsi que l'obstruction partielle des trous de vidange du cadre de la parcelle (erreur sur R).

Si ces erreurs ont finalement peu de conséquences sur les valeurs de ruissellement mesurées, il n'en est pas de même pour les intensités d'infiltration, dont l'ordre de grandeur est parfois voisin de la précision des mesures. Par exemple, si on s'accorde à fixer à 5% la précision de l'étalonnage de l'appareil, l'incertitude sur l'intensité d'infiltration sera de 5mm/h pour une intensité de pluie de 100 mm/h et de 2 mm/h pour une intensité de pluie de 40 mm/h. Ainsi, devra-t-on interpréter avec la plus grande prudence les résultats relatifs aux faibles valeurs d'infiltration et aux fortes valeurs de pluie.

Le tableau 24 indique les valeurs des intensités de pluies obtenues lors du pré-étalonnage et du post étalonnage effectués systématiquement pour chaque expérience : ces valeurs sont très rarement (deux fois) supérieures à 5%.

### 5.2. Coefficient de ruissellement

Pour chaque parcelle, nous avons calculé les coefficients de ruissellement relatifs à des pluies de 40 mm, pour les états d'humidité du sol correspondant à  $I_k = 0$  et  $I_k$  max (au moins égal à 70), définissant ainsi  $K_r$  sec et  $K_r$  humide :

$$K_r = (L_r(t_0) + D_r) / 40$$

avec  $t_0$  = durée de la pluie de hauteur 40 mm.

Le tableau suivant :

Parcelle	1	2	3	4	5	6
$K_r$ sec (%)	85	81	78	77	81	75
$K_r$ saturé (%)	95	98	93	92	91	97

montre que ces valeurs sont remarquablement fortes, puisqu'elles dépassent toutes 75% sur sol sec et 91% sur sol saturé.

### 5.3. Pluie d'imbibition

La pluie d'imbibition  $P_i$  est définie comme étant la quantité de pluie totalement interceptée (infiltration + stockage + évaporation) au début de l'averse.

En toute rigueur, la comparaison des quantités  $P_i$  n'est significative que pour des intensités de pluie identiques, puisque l'intensité de remplissage des dépressions naturelles du sol est proportionnelle à  $I_p$ , alors que l'intensité d'infiltration ne l'est pas.

En pratique, compte tenu de la faiblesse des volumes stockés, nous considérerons que la quantité  $P_i$  ne dépend que des caractéristiques du sol et pourrons comparer ainsi les réactions initiales de chaque parcelle, pour chaque pluie.

Nous avons calculé ces valeurs (tableau 25) :  $P_i$  varie de 1,7 à 4 mm sur sol sec ( $I_k = 0$ ) et 0,3 à 1,7 mm sur sol humide ( $I_k = 70$ ).

### 5.4. Intensité d'infiltration à saturation $F_N$

Après le début du ruissellement, survenant généralement assez tôt (moins de 5 minutes dans la plupart des cas), l'intensité de ruissellement  $R$  croît et se stabilise autour d'une valeur constante  $R_x$ . A ce moment, les pertes dues au remplissage des dépressions du sol sont nulles et la valeur  $F_N = I_p - R_x$  correspond effectivement à une intensité d'infiltration.

Le tableau 26 indique pour chaque pluie de chaque parcelle les valeurs de  $F_N$ , ainsi que la durée approximative  $t_s$  écoulée pour atteindre cette valeur limite. Il apparaît systématiquement que  $F_N$  et  $t_s$  décroissent lorsque  $I_k$  augmente :

le régime permanent est atteint entre 20 à 40 minutes sur sol sec  
et entre 10 à 25 minutes sur sol saturé

l'intensité limite d'infiltration  $F_N$  alors atteinte est de l'ordre de

4 à 6 mm/h sur sol sec  
1 à 2 mm/h sur sol saturé.

### 5.5. Influence de l'intensité de la pluie $I_p$ sur l'intensité d'infiltration

L'influence de  $I_p$  sur le ruissellement expérimental  $R$  ou son complémentaire  $I_p - R$  est assez difficile à caractériser :

- en cours de régime permanent, les variations effectuées sur l'intensité de la pluie ne provoquent pas de variations significatives de l'intensité d'infiltration ; les écarts enregistrés semblent en effet aléatoirement positifs ou négatifs et ont une amplitude qui ne dépasse guère la précision que l'on peut atteindre en ce qui concerne l'étalonnage de la pluie.
- en régime transitoire ou d'imbibition, compte tenu de la complexité et de la superposition de plusieurs mécanismes, seul un nombre important d'expériences pourrait permettre de répondre à cette question de façon statistique.

Plus généralement, en régime transitoire ou en phase d'imbibition, la représentation expérimentale des pertes à l'écoulement est liée aux choix de l'intensité de la pluie.

Par exemple, imaginons 2 parcelles dont les caractéristiques hydrodynamiques sont absolument identiques :

- mêmes capacités d'infiltration  $F$
- mêmes capacités de stockage  $S$

et imaginons que l'on procède à une pluie simulée sur chacune d'elles dans des conditions expérimentales identiques, à l'exception de l'intensité de la pluie simulée.

Supposons par exemple que  $I_1 = 2I_2$  et supposons que le stockage superficiel est terminé à la fin du palier d'imbibition et que l'intensité d'infiltration ne dépende pas de l'intensité de la pluie, ce qui simplifiera notre raisonnement sans perdre en généralité. Dans ces conditions, la figure n° 17 représente approximativement les courbes expérimentales des pertes à l'écoulement que nous obtiendrons : les courbes obtenues sont assez différentes et semblent démentir l'identité des caractéristiques hydrodynamiques des 2 parcelles que nous avons posé par hypothèse, alors que ce biais n'est imputable qu'au mode opératoire choisi.

Plus généralement, lorsqu'il s'agit de comparer les résultats expérimentaux obtenus sur un ensemble de parcelles dont les reliefs et les rugosités différentes induisent des variations de volume stocké ou de détention mobilisable superficielle, il conviendrait, pour obtenir des comparaisons significatives :

- 1) de travailler avec une intensité de pluie commune avant l'établissement du régime permanent pour l'ensemble des expériences;
- 2) de s'affranchir de la représentation actuelle ne permettant pas de distinguer séparément les mécanismes de rétention en présence avant le régime permanent. Cette question fait l'objet du paragraphe 6.

Les résultats expérimentaux seront donc à référencer à cette intensité de pluie choisie, sans qu'il existe de relation connue permettant de les transposer à une autre intensité de pluie.

Dans notre étude, nous avons utilisé systématiquement une intensité de pluie égale à 40 mm/h jusqu'à établissement du régime permanent.

### 5.6. Représentativité des mesures

L'examen des figures 13 et 14 sur lesquelles ont été tracées les courbes représentatives des pertes à l'écoulement sur chaque parcelle, respectivement pour  $I_k = 0$  et pour  $I_k = 70$ , montre que, pour un  $I_k$  donné, les valeurs  $(I_p - T)(t)$  sont très voisines.

A partir de chacun de ces faisceaux de courbes, nous avons construit des courbes médianes, respectivement pour  $I_k = 0$  et  $I_k = 70$  (figures 15 et 16).

Pour  $I_k$  donné, nous avons procédé de la façon suivante :

- calcul de la pluie d'imbibition  $P_i$  médiane
- calcul des valeurs médianes de  $I_p - R$ , pour des valeurs de  $t$  suffisamment grandes pour que les paliers initiaux soient terminés.
- représentation lissée de la courbe médiane pour une intensité  $I_p = 40$  mm/h.

Les valeurs médianes calculées figurent dans les tableaux 27 et 28.

Nous avons ensuite déterminé à l'aide de ces courbes les valeurs cumulées des pertes à l'écoulement (lame infiltrée + lame stockée) en fonction du temps (tableau 29), de la manière suivante :

pour une durée  $t_0$  donnée,

- nous avons d'abord calculé par intégration l'aire comprise entre l'axe des abscisses et la courbe médiane  $I_p - R$ , l'axe des ordonnées et l'axe  $t = t_0$ .

- à cette valeur il convient en toute rigueur de retrancher le volume de ruissellement récupéré après la fin de la pluie, c'est à dire  $D_R$  si le régime permanent est atteint,  $\alpha(t) \cdot D_R$  sinon avec  $0 \leq \alpha(t) < 1$

Compte tenu du faible ordre de grandeur de  $D_R$  par rapport à la précision de la mesure, nous avons négligé cette correction. Ces courbes médianes peuvent être considérées comme représentatives de chacun des bassins expérimentaux de Ouagadougou étudiés de 1977 à 1979.

## 6. MODELISATION DE L'INFILTRATION

Nous avons vu que les résultats expérimentaux  $I_p-R$  ne représentent effectivement des intensités d'infiltration qu'au cours de la phase de régime permanent.

Avant l'établissement de ce régime permanent, la prise en compte d'autres mécanismes de rétention peut nuire à la qualité des comparaisons des résultats expérimentaux sur un ensemble de parcelles. C'est le cas notamment des expériences démarrant avec des intensités de pluie différentes, ou encore des expériences pour lesquelles une mauvaise installation de la parcelle conduit à un stockage exagéré (par suite du mauvais fonctionnement des trous de la parcelle, ou de mauvaise estimation du sens de la pente).

Ceci nous a incité à essayer d'analyser séparément les différents mécanismes de rétention en présence au cours des expériences sous pluies simulées.

- le stockage superficiel  $S$ , dont nous supposons que le maximum est atteint à l'instant  $t_i$ , ce qui consiste à négliger le terme  $S_m$  (voir figure2),
- la détention mobilisable superficielle  $D_m$ ,
- la courbe de l'infiltration réelle  $F$ ,

Ce domaine a déjà été exploré par LAFFORGUE qui préconisait

- 1) de réaliser un train de pluie pour déterminer le volume stocké  $S_i$  à la surface de la parcelle,
- 2) de caractériser une relation entre  $D_R$  et  $D_m$  au moyen de deux coefficients  $A$  et  $\omega$  et qui proposait un système d'équation permettant de déterminer les paramètres  $F_0$ ,  $F_N$  et  $k$  de l'infiltration représentés conceptuellement sous la forme d'une fonction de type Horton.  
$$F(t) = F_N + (F_0 - F_N) \exp(-kt)$$

Nous avons pour notre part adapté ces méthodes à notre protocole.

### 6.1. Evaluation de la détention mobilisable superficielle $D_m$

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1.2.4, la quantité  $D_m - D_R$  est minorée par 0 et majorée par  $F_N \cdot t_R$ , où  $t_R$  désigne le temps de vidange de la parcelle

Le tableau 30 indique quelles sont les valeurs de  $D_R$  et de  $D_R + F_N t_R$  obtenues pour toutes les pluies.

Compte tenu des faibles ordres de grandeur de  $F_N$ , on obtient finalement une estimation de  $D_m$  relativement précise. Choisir comme valeur de  $D_m$  le milieu de l'intervalle permet en particulier d'avoir des estimations de  $D_m$  à moins de 20% près dans la plupart des cas.

### 6.2. Evaluation du volume stocké $S_i$

- Nous supposerons que l'intensité d'infiltration reste égale à  $F_0$  pendant une durée assez courte (5 à 10 mn) après la fin de la pluie.
- dans ce cas, si nous procédons à une deuxième pluie survenant aussitôt après que l'eau de la première se soit totalement infiltrée sur la parcelle, et à condition que le laps de temps séparant la fin de la première pluie et le début de la seconde pluie soit suffisamment court, on peut assimiler le volume d'eau  $S_i$  stocké à la surface de la parcelle à la quantité.

$$S_i = \int_0^{t_s} (I_p - R)(t) dt - F_N t_s - D_m$$

$t_s$  désigne l'instant où  $(I_p - R)(t) = F_N$  et correspond pratiquement dans ce cas à  $t_f$ , instant de la fin du stockage.

On peut arrêter cette deuxième pluie dès la saturation du sol, atteinte très rapidement.

Le tableau 31 indique quelles sont les valeurs de  $S_i$  obtenues pour toutes les pluies.

Il est assez décevant de constater que le volume stocké ne semble pas être un invariant de la parcelle puisque, à l'exception de la parcelle n°4, les valeurs de  $S_i$  obtenues sur chaque parcelle pour l'ensemble des trois pluies sont assez dispersées. Il faut certainement y voir les limites de la méthode qui implique des données expérimentales dont l'ordre de grandeur est inférieur à la précision de la mesure, et qui se fonde elle-même sur nombre d'approximations. En particulier, il eut sans doute fallu tenir compte du décalage dans le temps dû au temps de transfert de l'écoulement sur la parcelle.

### 6.3. Détermination des coefficients $F_0$ et $k$

La résolution du problème de détermination des coefficients  $F_0$  et  $k$  conduit à deux systèmes d'équations suivant le cas où l'intensité de pluie est supérieure ou inférieure à l'intensité initiale d'infiltration  $F_0$ .

LAFFORGUE fait intervenir une variable intermédiaire  $F_i$  désignant l'intensité d'infiltration à la date  $t_i$  et obtient deux systèmes de trois équations.

Pour notre part, nous proposons d'écrire le bilan hydrologique de la parcelle entre les instants 0 et  $t_i$  d'une part,  $t_i$  et  $t_u$  d'autre part, ce qui conduit au système d'équations:

$$k = \frac{1}{t_i} \text{Ln} \left( \frac{P_i - S_i - F_N t_i}{P_u - P_i - L_u - D_m - F_N (t_u - t_i)} \right)$$

$$F_0 = F_N + (P_i - S_i - F_N t_i) \cdot \frac{k}{1 - \exp(-k t_i)}$$

valable dans le cas où  $F_0 < I_p$ .

Nous ne discuterons pas plus en détail ces méthodes, qui, dans le cas de notre problème, restent pratiquement inapplicables compte tenu de la relative imprécision des données.

## CONCLUSION

L'étude des sols rencontrés en zone urbaine à Ouagadougou a montré que ceux-ci pouvaient être regroupés en une seule catégorie, en regard de leurs caractéristiques hydrodynamiques;

Le premier résultat important est que, pour un indice d'humectation du sol  $I_k$  donné, les valeurs expérimentales de ruissellement obtenues sur l'ensemble des parcelles sont très proches les unes des autres.

Un second résultat remarquable est que les valeurs du ruissellement sont très fortes.

Ces deux résultats sont très probablement liés au fait que la formation de croûtes superficielles est prépondérante quant au ruissellement, et que les principaux facteurs liés à la formation de croûte de surface sont tous présents à Ouagadougou :

- absence de matières organiques,
- absence de couvert végétal,
- absence de micro-relief lié au travail du sol.

Aussi ne doit-on pas s'étonner que les sols urbains, souvent remaniés et d'apport en matériaux divers, aient malgré tout des caractéristiques hydrodynamiques semblables et obéissent aux mêmes lois que les sols naturels situés en zone rurale. Ceci constitue en tous cas un point très positif en ce qui concerne l'exploitation des résultats expérimentaux, et même en ce qui concerne leur "predictibilité".

A un autre niveau, il convient de s'interroger sur l'invariance des résultats obtenus en fonction des intensités de pluie choisies dans le protocole. A ce sujet, il est bon de rappeler quelques éléments du protocole et les résultats obtenus :

- 1) Une intensité de pluie commune à toutes les expériences et égale à 40 mm/h a été choisie jusqu'à obtention du régime permanent d'infiltration.
- 2) L'intensité de pluie ne semble pas influencer significativement l'intensité d'infiltration en régime permanent.
- 3) Cette influence existe éventuellement en régime transitoire, mais compte tenu des durées relativement courtes nécessaires pour atteindre le régime permanent, elle reste probablement négligeable dans le calcul des pertes à l'écoulement cumulées.

Dans ces conditions, les résultats expérimentaux obtenus peuvent être considérés comme étant indépendant du protocole utilisé.



## Bibliographie :

- HILLEL (D.) : "Soil and Water : Physical principles and processes."  
Academic Press - 1974
- LAFFORGUE (A.) : "Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. Application à une exploitation méthodique des données obtenues sous pluies simulées."  
Cahiers ORSTOM, Sér. Hydrologie, vol. XIV, n°4, 1977
- LAFFORGUE (A.) "Exemple d'analyse expérimentale des facteurs de ruissellement sous pluies simulées."  
NAAH (E.) : Cahiers ORSTOM, sér. Hydrologie, vol. XIII, n° 3, 1976
- LE BARBE (L.) : "Etude du ruissellement urbain à Ouagadougou - Essai d'interprétation théorique."  
Cahier ORSTOM, sér. Hydrologie, vol. XIX, n° 3, 1982
- VALENTIN (C.) : "Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols en région subdésertique (Agadez - République du Niger)- Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau."  
Thèse doctorat 3ème cycle - Université PARIS 7- 1981

## Liste des tableaux

Tableau 1: Pluie simulée n°1 sur la parcelle n°1

Tableau 2: " n°2 " n°1

Tableau 3: " n°3 " n°1

Tableau 4: " n°1 " n°2

Tableau 5: " n°2 " n°2

Tableau 6: " n°3 " n°2

Tableau 7: " n°1 " n°3

Tableau 8: " n°2 " n°3

Tableau 9: " n°3 " n°3

Tableau 10: " n°1 " n°4

Tableau 11: " n°2 " n°4

Tableau 12: " n°3 " n°4

Tableau 13: " n°1 " n°5

Tableau 14: " n°2 " n°5

Tableau 15: " n°3 " n°5

Tableau 16: " n°1 " n°6

Tableau 17: " n°2 " n°6

Tableau 18: " n°3 " n°6

Tableau 19: Description des parcelles - Recouvrement

Tableau 20: Description des parcelles - Organisation de surface

Tableau 21: Description des parcelles - Sol

Tableau 22: Mesures d'humidité pondérale effectuées sur les parcelles 1,2,3

Tableau 23: Mesures d'humidité pondérale effectuées sur les parcelles 4,5,6

Tableau 24: Intensité des pluies obtenues en pré-étalonnage et en post-étalonnage

Tableau 25: Pluie d'imbibition

Tableau 26: Intensité limite d'infiltration

Tableau 27: Calcul des valeurs médianes - Sol sec

Tableau 28: Calcul des valeurs médianes - Sol humide

Tableau 29: Cumul des pertes à l'écoulement

Tableau 30: Détention récupérable  $D_R$  et mobilisable  $D_m$

Tableau 31: Volume stocké  $S_i$

Tableau 1

Parcelle : OG 1

Date : 26/03/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60$  mn à 79,2 mm/h $I_K = 0$ 

Heure début : 15h30

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 1,8$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 2,0$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
3	79,2	4,0	0	0	79,2	4,0	0
5	79,2	6,6	21,0	0,7	58,2	5,9	11
10	79,2	13,2	78,0	7,2	1,2	6,0	55
15	79,2	19,8	73,2	13,3	6,0	6,5	67
20	79,2	26,4	78,0	19,8	1,2	6,6	75
25	79,2	33,0	72,0	25,8	7,2	7,2	78
30	79,2	39,6	72,0	31,8	7,2	7,8	80
35	79,2	46,2	74,4	38,0	4,8	8,2	82
40	79,2	52,8	73,2	44,1	6,0	8,7	84
45	79,2	59,4	75,6	50,4	3,6	9,0	85
50	79,2	66,0	75,6	56,7	3,6	9,3	86
55	79,2	72,6	73,2	62,8	6,0	9,8	87
60	79,2	79,2	75,6	69,1	3,6	10,1	87
68,5	0	0	0	0	0	0	0
70	79,2	2,0	0	0	79,2	2,0	0
73,5	79,2	6,6	45,6	2,7	33,6	3,9	59
78,5	79,2	13,2	72,0	8,7	7,2	4,5	66

Observations : nettoyage des trous du cadre entre 5 et 20 minutes.

Tableau 2

Parcelle : OG 1

Date : 27/03/87

Pluie n° 2

$I_p =$  30 mn à 80,4 mm/h  
 15 mn à 123,0 mm/h  
 15 mn à 80,4 mm/h

 $I_K = 67$ 

Heure début : 8h42

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 1,4$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 1,5$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p - R)(t)$ mm/h	$(L_p - L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
1,5	80,4	2,0	0	0	80,4	2,0	0
5	80,4	6,7	80,0	4,4	0,4	2,3	66
10	80,4	13,4	78,0	10,9	2,4	2,5	81
15	80,4	20,1	78,0	17,4	2,4	2,7	87
20	80,4	26,8	78,0	23,9	2,4	2,9	89
25	80,4	33,5	79,2	30,5	1,2	3,0	91
30	80,4	40,2	79,2	37,1	1,2	3,1	92
35	123,0	50,5	(118,8)	46,6	(4,2)	3,9	92
40	123,0	60,7	118,8	56,5	4,2	4,2	93
45	123,0	71,0	122,4	66,7	0,6	4,3	94
50	80,4	77,7	(79,2)	73,3	(1,2)	4,4	94
55	80,4	84,4	78,0	79,8	2,4	4,6	95
60	80,4	91,1	79,2	86,4	1,2	4,7	95
67,5	0	0	0	0	0	0	0
68,5	80,4	1,3	0	0	80,4	1,3	0
72,5	80,4	6,7	72,0	4,8	8,4	1,9	72
77,5	80,4	13,4	78,0	11,3	2,4	2,1	84

Tableau 3

Parcelle : OG 1

Date : 27/03/87

Pluie n° 3

$I_p =$  30 mn à 39,6 mm/h  
 15mn à 124,8 mm/h  
 15mn à 79,8 mm/h  
 15mn à 39,6 mm/h

 $I_K = 154$ 

Heure début : 16h07

Durée de la pluie : 75mn

 $D_{R_1} = 1,0$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 6 mn. $D_{R_2} = 0,9$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2,5	39,6	1,7	0	0	39,6	1,7	0
5	39,6	3,3	33,6	1,4	6,0	1,9	42
10	39,6	6,6	37,2	4,5	1,4	2,1	68
15	39,6	9,9	37,2	7,6	1,4	2,3	77
20	39,6	13,2	37,2	10,7	1,4	2,5	81
25	39,6	16,5	37,2	13,8	1,4	2,7	84
30	39,6	19,8	39,6	17,1	0	2,7	86
35	124,8	30,2	(120,0)	25,8	(4,8)	4,4	85
40	124,8	40,6	124,8	36,2	0	4,4	89
45	124,8	51,0	122,4	46,4	2,4	4,6	91
50	79,8	57,7	(76,8)	53,4	(3,0)	4,9	93
55	79,8	64,3	79,2	60,0	0,6	4,3	93
60	79,8	71,0	78,0	66,5	(1,8)	4,5	94
65	39,6	74,3	(39,6)	70,5	(0)	3,8	95
70	39,6	77,6	40,8	73,9	-1,2	3,7	97
75	39,6	80,9	39,6	77,2	0	3,7	97
85	0	0	0	0	0	0	0
86,5	39,6	1,0	0	0	39,6	1,0	0
90	39,6	3,3	36,0	2,1	3,6	1,2	64
95	39,6	6,6	37,2	5,2	1,8	1,4	79

Tableau 4

Parcelle : OG 2

Date : 31/03/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60 \text{ mn à } 40,8 \text{ mm/h}$  $I_K = 0$ 

Heure début : 10h20

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 0,8 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,7 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p - R)(t)$ mm/h	$(L_p - L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
4,5	40,8	3,1	0	0	40,8	3,1	
10	40,8	6,8	30	2,8	10,8	4,0	41
15	40,8	10,2	33,6	5,6	7,2	4,6	55
20	40,8	13,6	34,8	8,5	6,0	5,1	63
25	40,8	17,0	34,8	14,4	6,0	5,6	67
30	40,8	20,4	34,8	14,3	6,0	6,1	70
35	40,8	23,8	34,8	17,2	6,0	6,6	72
40	40,8	27,2	36,0	20,2	4,8	7,0	74
45	40,8	30,6	36,0	23,2	4,8	7,4	76
50	40,8	34,0	36,0	26,2	4,8	7,8	77
55	40,8	37,4	36,0	29,2	4,8	8,2	78
60	40,8	40,8	36,0	32,2	4,8	8,6	79
70,5	0	0	0	0	0	0	0
71,5	40,8	1,0	0	0	40,8	1,0	0
75	40,8	3,4	31,4	1,8	9,4	1,6	53
80	40,8	6,8	34,8	4,7	6,0	2,1	69

Tableau 5

Parcelle : OG 2

Date : 31/03/87

Pluie n° 2

$I_p =$  30 mn à 39,6 mm/h  
 15 mn à 115 mm/h  
 15 mn à 39,6 mm/h

 $I_k = 44$ 

Heure début : 15h41

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 0,7$  mmDuree de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
3	39,6	2,0	0	0	39,6	2,0	0
5	39,6	3,3	27,0	0,9	12,6	2,4	27
10	39,6	6,6	36,0	3,9	3,6	2,7	59
15	39,6	9,9	36,0	6,9	3,6	3,0	67
20	39,6	13,2	38,4	10,1	1,2	3,1	77
25	39,6	16,5	38,4	13,3	1,2	3,2	81
30	39,6	19,8	37,2	16,4	2,4	3,4	83
35	115	29,4	(110,4)	24,7	(4,6)	4,7	84
40	115	38,9	114	34,2	1,0	4,7	88
45	115	48,6	115,2*	43,8	-0,2	4,8	90
50	39,6	51,9	(37,2)	48,0	(2,4)	3,9	93
55	39,6	55,2	37,2	51,1	2,4	4,1	93
60	39,6	58,5	36,0	54,1	3,6	4,4	93
70	0	0	0	0	0	0	0
71,5	39,6	1,0	0	0	39,6	1,0	0
75	39,6	3,3	36,0	2,1	3,6	1,2	64
80	39,6	6,6	36,0	5,1	3,6	1,4	77

\* apports parasites des bords de la parcelle...

Tableau 6

Parcelle : OG 2

Date : 01/04/87

Pluie n° 3

$I_p =$  30 mn à 40,8 mm/h  
 15 mn à 120,0 mm/h  
 15 mn à 79,2 mm/h  
 15 mn à 40,8 mm/h

 $I_K = 80$ 

Heure début : 8h30

Durée de la pluie : 75 mn

 $D_{R_1} = 0,7$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,7$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
1,5	40,8	1,0	0	0	40,8	1,0	0
5	40,8	3,4	32,6	1,9	8,2	1,5	56
10	40,8	6,8	39,6	5,2	1,2	1,6	76
15	40,8	10,2	40,8	8,6	0	1,6	84
20	40,8	13,6	40,8	12,0	0	1,6	88
25	40,8	17,0	39,6	15,3	1,2	1,7	90
30	40,8	20,4	40,8	18,7	0	1,7	92
35	120	30,4	(120)	28,1	(0)	2,3	92
40	120	40,4	120	38,1	0	2,3	94
45	120	50,4	120	48,1	0	2,3	95
50	79,2	57,0	(79,2)	55,1	(0)	1,9	97
55	79,2	63,6	79,2	61,7	0	1,9	97
60	79,2	70,2	79,2	68,3	0	1,9	97
65	40,8	73,6	(40,8)	72,1	(0)	1,5	98
70	40,8	77,0	39,6	75,2	1,2	1,6	98
75	40,8	80,4	39,6	78,7	1,2	1,7	98
85,5	0	0	0	0	0	0	0
87	40,8	1,0	0	0	40,8	1,0	0
90,5	40,8	3,4	28,8	1,7	12,0	1,7	50
95,5	40,8	6,8	38,4	4,9	2,4	1,9	72



Tableau 7

Parcelle : OG 3

Date : 02/04/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60$  mn à 38,4 mm/h $I_k = 0$ 

Heure début : 10h01

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 0,7$  mnDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,7$  mnDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
6	38,4	3,8	0	0	38,4	3,8	0
10	38,4	6,4	18,0	1,2	20,4	5,2	19
15	38,4	9,6	30,0	3,7	8,4	5,9	39
20	38,4	12,8	32,4	6,4	6,0	6,4	50
25	38,4	16,0	32,4	9,1	6,0	6,9	57
30	38,4	19,2	34,8	12,0	3,6	7,2	63
35	38,4	22,4	34,8	14,9	3,6	7,5	67
40	38,4	25,6	33,6	17,7	4,8	7,9	69
45	38,4	28,8	33,6	20,5	4,8	8,3	71
50	38,4	32,0	34,8	23,4	3,6	8,6	73
55	38,4	35,2	34,8	26,3	3,6	8,9	75
60	38,4	38,4	34,8	29,2	3,6	9,2	76
70	0	0	0	0	0	0	0
72	38,4	1,3	0	0	38,4	1,3	0
75	38,4	3,2	32,0	1,6	6,4	1,6	50
80	38,4	6,4	36,0	4,6	2,4	1,8	72

Tableau 8

Parcelle : OG 3

Date : 02/04/87

Pluie n° 2

$I_p =$  30 mn à 38,4 mm/h  
 15 mn à 121,2 mm/h  
 15 mn à 39,6 mm/h

 $I_k = 41$ 

Heure début : 16h00

Durée de la pluie : 60 mn

 $D_{R_1} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 3 mn. $D_{R_2} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 3 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2,5	38,4	1,6	0	0	38,4	1,6	0
5	38,4	3,1	26,4	1,1	12,0	2,0	35
10	38,4	6,2	33,6	3,9	4,8	2,3	63
15	38,4	9,3	34,8	(6,8)	(3,6)	(2,5)	(73)
20	38,4	12,4	33,6	(9,6)	(4,8)	(2,8)	(77)
25	38,4	15,5	33,6	(12,4)	(4,8)	(3,1)	(80)
30	38,4	18,6	33,6	(15,2)	(4,8)	(3,4)	(82)
35	121,2	28,7	(106,8)	(23,4)	(14,4)	(5,3)	(82)
40	121,2	38,8	109,2	(32,5)	(12,0)	(6,3)	(84)
45	121,2	48,9	110,4	(41,7)	(10,8)	(7,2)	(85)
50	38,4	52,2	(33,6)	(46,2)	(4,8)	(6,0)	(89)
55	38,4	55,5	36,0	49,2	2,4	6,3	89
60	38,4	58,8	34,8	52,1	3,6	6,7	89
70	0	0	0	0	0	0	0
71,5	38,4	1,0	0	0	38,4	1,0	0
75	38,4	3,1	30,9	1,8	7,5	1,3	58
80	38,4	6,2	36,0	4,8	2,4	1,4	77

Observation : Trous parcelle bouchés sans doute après 15 mn de pluie. Nettoyage à  $t = 45$  mn.

Tableau 9

Parcelle : OG 3

Date : 03/04/87

Pluie n° 3

$I_p =$  30 mn à 39,6 mm/h  
 15 mn à 126,6 mm/h  
 15 mn à 82,8 mm/h  
 15 mn à 39,6 mm/h

 $I_K = 76$ 

Heure début : 9h02

Durée de la pluie : 75mn

 $D_{R_1} = 0,7$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,7$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2	39,6	1,3	0	0	39,6	1,6	0
5	39,6	3,3	32,0	1,6	7,6	1,7	49
10	39,6	6,6	34,8	4,5	4,8	2,1	68
15	39,6	9,9	36,0	7,5	3,6	2,4	76
20	39,6	13,2	36,0	10,5	3,6	2,7	80
25	39,6	16,5	34,8	13,4	4,8	3,1	81
30	39,6	19,8	37,2	16,5	2,4	3,3	83
35	126,6	30,3	(123,6)	25,5	(3,0)	4,8	84
40	126,6	40,8	126,0	36,0	0,6	4,8	88
45	126,6	51,3	126,0	46,5	0,6	4,8	91
50	82,8	58,2	(78,0)	53,6	(4,8)	4,6	92
55	82,8	65,1	79,2	60,2	3,6	4,9	93
60	82,8	72,0	78,0	66,7	4,8	5,3	93
65	39,6	75,3	(32,4)	70,6	(7,2)	4,7	94
70	39,6	78,6	39,6	73,9	0	4,7	94
75	39,6	81,9	37,2	77,0	2,4	4,9	94
85	0	0	0	0	0	0	0
86,5	39,6	1,0	0	0	39,6	1,0	0
90	39,6	3,3	36,0	2,1	3,6	1,2	64
95	39,6	6,6	36,0	5,1	3,6	1,5	77

Tableau 10

Parcelle : OG 4

Date : 08/04/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60 \text{ mn à } 38,4 \text{ mm/h}$  $I_k = 0$ 

Heure début : 9H35

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 0,7 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 4 mn. $D_{R_2} = 0,7 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
6	38,4	3,8	0	0	38,4	3,8	0
10	38,4	6,4	27,0	1,8	11,4	4,6	28
15	38,4	9,6	28,8	4,2	9,6	5,4	44
20	38,4	12,8	31,2	6,8	7,2	6,0	53
25	38,4	16,0	31,2	9,4	7,2	6,6	59
30	38,4	19,2	32,4	12,1	6,0	7,1	63
35	38,4	22,4	33,6	14,9	4,8	7,5	67
40	38,4	25,6	33,6	17,7	4,8	7,9	69
45	38,4	28,8	32,4	20,4	6,0	8,4	71
50	38,4	32,0	34,8	23,3	3,6	8,7	73
55	38,4	35,2	34,8	26,2	3,6	9,0	74
60	38,4	38,4	33,6	29,0	4,8	9,4	76
70	0	0	0	0	0	0	0
71,5	38,4	1,0	0	0	38,4	1,0	0
75	38,4	3,2	29,1	1,7	9,3	1,5	53
80	38,4	6,4	34,8	4,6	3,6	1,8	72

Tableau 11

Parcelle : OG 4

Date : 08/04/87

Pluie n° 2

$I_p = 30 \text{ mn à } 38,4 \text{ mm/h}$   
 $15 \text{ mn à } 118,8 \text{ mm/h}$   
 $15 \text{ mn à } 38,4 \text{ mm/h}$

 $I_K = 40$ 

Heure début : 16h20

Durée de la pluie : 60mn

 $D_{R_1} = 0,6 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5mn. $D_{R_2} = 0,5 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2,5	38,4	1,6	0	0	38,4	1,6	0
5	38,4	3,2	24,0	1,0	14,4	2,2	31,0
10	38,4	6,4	34,8	3,9	3,6	2,5	61
15	38,4	9,6	36,0	6,9	2,4	2,7	72
20	38,4	12,8	34,8	9,8	3,6	3,0	77
25	38,4	16,0	36,0	12,8	2,4	3,2	80
30	38,4	19,2	37,2	15,9	1,2	3,3	83
35	118,8	29,1	(116,6)	24,4	(7,2)	4,7	84
40	118,8	39,0	118,8	34,3	0	4,7	88
45	118,8	48,9	114,0	43,8	4,8	5,1	90
50	38,4	52,1	(37,2)	48,0	(1,2)	4,1	92
55	38,4	55,3	38,4	51,2	0	4,1	93
60	38,4	58,5	38,4	54,4	0	4,1	93
70	0	0	0	0	0	0	0
71	38,4	0,6	0	0	38,4	0,6	0
75	38,4	3,2	34,5	2,3	3,9	0,9	72
80	38,4	6,4	37,2	5,4	1,2	1,0	84

Observations : Faible charge de la batterie d'alimentation. Panne d'alimentation survenant lors du post étalonnage

Tableau 12

Parcelle : OG 4

Date : 09/04/87

Pluie n° 3

$I_p =$  30 mn à 42,0 mm/h  
 15 mn à 17,6 mm/h  
 15 mn à 8,6 mm/h  
 15 mn à 9,6 mm/h

 $I_k = 77$ 

Heure début : 8h40

Durée de la pluie : 75mn

 $D_{R_1} = 0,5$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5mn. $D_{R_2} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2	42,0	1,4	0	0	42,0	1,4	0
5	42,0	3,5	11,5	1,6	30,5	1,9	46
10	42,0	7,0	37,2	4,7	4,8	2,3	67
15	42,0	10,5	37,2	7,8	4,8	2,7	74
20	42,0	14,0	38,4	11,0	3,6	3,0	79
25	42,0	17,5	38,4	14,2	3,6	3,3	81
30	42,0	21,0	39,6	17,5	2,4	3,5	83
35	117,6	30,8	(116,4)	26,1	(1,2)	4,7	85
40	117,6	40,6	117,6	35,9	0	4,7	88
45	117,6	50,4	116,4	45,6	1,2	4,8	91
50	78,6	56,9	(76,8)	52,6	(1,8)	4,3	92
55	78,6	63,4	78,0	59,1	0,6	4,3	93
60	78,6	69,9	76,8	65,5	1,8	4,4	94
65	39,6	73,2	(37,2)	(69,1)	(2,4)	(4,1)	94
70	39,6	76,5	37,2	72,2	2,4	4,3	94
75	39,6	79,8	36,0	75,2	3,6	4,6	94
85	0	0	0	0	0	0	0
86	39,6	0,7	0	0	39,6	0,7	0
90	39,6	3,3	34,5	2,3	5,1	1,0	70
95	39,6	6,6	38,4	5,5	1,2	1,1	83

Tableau 13

Parcelle : OG 5

Date : 14/04/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60$  mn à 39 mm/h $I_k = 0$ 

Heure début : 9h15

Durée de la pluie : 60 mn.

 $D_{R_1} = 0,5$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 4 mn. $D_{R_2} = 0,5$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 4 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
4,5	39	2,9	0	0	39	2,9	0
10	39	6,5	25,2	2,3	13,8	4,2	35
15	39	9,8	32,4	5,0	6,6	4,8	51
20	39	13,0	33,6	7,8	5,4	5,2	60
25	39	16,3	31,2	10,4	7,8	5,9	64
30	39	19,5	34,8	13,3	4,2	6,2	68
35	39	22,8	34,8	16,2	4,2	6,6	71
40	39	26,0	34,8	19,1	4,2	6,9	74
45	39	29,3	34,8	22,0	4,2	7,3	75
50	39	32,5	37,2	25,1	1,8	7,4	77
55	39	35,8	34,8	28,0	4,2	7,8	78
60	39	39,0	34,8	30,9	4,2	8,1	79
70	0	0	0	0	0	0	0
71,5	39	1,0	0	0	39	1,0	0
75	39	3,3	34,3	2,0	4,7	1,3	61
80	39	6,6	34,8	4,9	4,2	1,7	74

Tableau 14

Parcelle : OG 5

Date : 14/04/87

Pluie n° 2

$I_p =$  30 mn à 39,6 mm/h  
 15 mn à 120 mm/h  
 15 mn à 39,6 mm/h

 $I_k = 41$ 

Heure debut : 16h30

Durée de la pluie : 60 mn

 $D_{R_1} = 0,5$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,4$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 3 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
3	39,6	2,0	0	0	39,6	2,0	0
5	39,6	3,3	27,0	0,9	12,6	2,4	27
10	39,6	6,6	36,0	3,9	3,6	2,7	59
15	39,6	9,9	36,0	6,9	3,6	3,0	70
20	39,6	13,2	37,2	10,0	2,4	3,2	76
25	39,6	16,5	38,4	13,2	1,2	3,3	80
30	39,6	19,8	38,4	16,4	1,2	3,4	83
35	120	29,8	(114,0)	25,0	(6,0)	4,8	84
40	120	39,8	115,2	34,6	4,8	5,2	87
45	120	49,8	115,2	44,2	4,8	5,6	89
50	39,6	53,1	34,8	47,9	(4,8)	5,2	90
55	39,6	56,4	38,4	51,1	1,2	5,3	91
60	39,6	59,7	37,2	54,2	2,4	5,4	91
70	0	0	0	0	0	0	0
71	39,6	0,7	0	0	39,6	0,7	0
75	39,6	3,3	34,5	2,3	5,1	1,0	70
80	39,6	6,6	38,4	5,5	1,2	1,1	83



Tableau 15

Parcelle : OG 5

Date : 15/04/87

Pluie n° 3

$I_p =$  30mn à 39,6 mm/h  
 15mn à 118,8 mm/h  
 15mn à 78,6 mm/h  
 15mn à 39,6 mm/h

 $I_k = 79$ 

Heure début : 9h03

Durée de la pluie : 75 mn

 $D_{R_1} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 5 mn. $D_{R_2} = 0,6$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 5 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2	39,6	1,3	0	0	39,6	1,3	0
5	39,6	3,3	32,0	1,6	7,6	1,7	48
10	39,6	6,6	34,8	4,5	4,8	2,1	68
15	39,6	9,9	37,2	7,6	2,4	2,3	77
20	39,6	13,2	36,0	10,6	3,6	2,6	80
25	39,6	16,5	37,2	13,7	2,4	2,8	83
30	39,6	19,8	37,2	16,8	2,4	3,0	85
35	118,8	29,7	(110,4)	25,0	(8,4)	4,7	84
40	118,8	39,6	111,6	34,3	7,2	5,3	87
45	118,8	49,5	115,2	43,9	3,6	5,6	89
50	78,6	56,0	(72,0)	50,2	(6,6)	5,8	90
55	78,6	62,5	70,8	56,1	7,8	6,4	90
60	78,6	69,0	69,6	61,9	9,0	7,1	90
65	39,6	72,3	(37,2)	65,5	(2,4)	6,8	91
70	39,6	75,6	39,6	68,8	0	6,8	91
75	39,6	78,9	39,6	72,1	0	6,8	91
85	0	0	0	0	0	0	0
86	39,6	0,7	0	0	39,6	0,7	0
90	39,6	3,3	36,0	2,4	3,6	0,9	73
95	39,6	6,6	37,2	5,5	2,4	1,1	83

Tableau 16

Parcelle : OG 6

Date : 07/04/87

Pluie n° 1

 $I_p = 60 \text{ mn à } 40,8 \text{ mm/h}$  $I_k = 0$ 

Heure début : 9h12

Durée de la pluie : 60 mn

 $D_{R_1} = 0,3 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 2 mn. $D_{R_2} = 0,3 \text{ mm}$ Durée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 2 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2,5	40,8	1,7	0	0	40,8	1,7	0
5	40,8	3,4	19,2	0,8	21,6	2,6	24
10	40,8	6,8	24	2,8	16,8	4,0	41
15	40,8	10,2	28,8	5,2	12,0	5,0	51
20	40,8	13,6	31,2	7,8	9,6	5,8	57
25	40,8	17,0	31,2	10,4	9,6	6,6	61
30	40,8	20,4	33,6	13,2	7,2	7,2	65
35	40,8	23,8	31,2	15,8	9,6	8,0	66
40	40,8	27,2	33,6	18,6	7,2	8,6	68
45	40,8	30,6	34,8	21,5	6,0	9,1	70
50	40,8	34,0	34,8	24,4	6,0	9,6	72
55	40,8	37,4	34,8	27,3	6,0	10,1	73
60	40,8	40,8	34,8	30,2	6,0	10,6	74
66	0	0	0	0	0	0	0
67	40,8	0,7	0	0	40,8	0,7	0
71	40,8	3,4	34,5	2,3	6,3	1,1	68
76	40,8	6,8	34,8	5,2	6,0	1,6	77

Tableau 17

Parcelle : OG 6

Date : 07/04/87

Pluie n° 2

$I_p =$  30 mn à 39,6 mm/h  
 15 mn à 127,2 mm/h  
 15 mn à 39,6 mm/h

 $I_k = 43$ 

Heure début : 15h42

Durée de la pluie : 60 mn

 $D_{R_1} = 0,4$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 2 mn. $D_{R_2} = 0,3$  mmDurée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 2 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p - R)(t)$ mm/h	$(L_p - L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
2	39,6	1,3	0	0	39,6	1,3	0
5	39,6	3,3	32,0	1,6	7,6	1,7	48
10	39,6	6,6	36,0	4,6	3,6	2,0	70
15	39,6	9,9	34,8	7,5	4,8	2,4	76
20	39,6	13,2	36,0	10,5	3,6	2,7	79
25	39,6	16,5	37,2	13,6	2,4	2,9	82
30	39,6	19,8	38,4	16,8	1,2	3,0	85
35	127,2	30,4	(121,2)	25,7	(6,0)	4,7	85
40	127,2	41,0	118,8	35,6	8,4	5,4	87
45	127,2	51,6	124,8	46,0	2,4	5,6	89
50	39,6	54,9	(36,0)	49,9	(3,6)	5,0	91
55	39,6	58,2	37,2	53,0	2,4	5,2	91
60	39,6	61,5	36,0	56,0	3,6	5,5	91
70	0	0	0	0	0	0	0
71	39,6	0,7	0	0	39,6	0,7	0
75	39,6	3,3	36,0	2,4	3,6	0,9	73
80	39,6	6,6	36,0	5,4	3,6	1,2	82

Tableau 18

Parcelle : Date : 08/04/87 Pluie n° 3

$I_p =$  30mn à 40,8 mm/h  $I_k = 81$   
 15mn à 122,4 mm/h  
 15mn à 81 mm/h  
 15mn à 40,8 mm/h

Heure début : 8h20

Durée de la pluie : 75 mn

$D_{R_1} = 0,4$  mm

Durée de vidange de la  $D_{R_1}$  : 2 mn.

$D_{R_2} = 0,4$  mm

Durée de vidange de la  $D_{R_2}$  : 2 mn.

t mn	$I_p(t)$ mm/h	$L_p(t)$ mm	R(t) mm/h	$L_R(t)$ mm	$(I_p-R)(t)$ mm/h	$(L_p-L_R)(t)$ mm	$K_R(t)$ %
0,5	40,8	0,3	0	0	40,8	0,3	0
5	40,8	3,4	32,0	2,4	8,8	1,0	71
10	40,8	6,8	38,4	5,6	2,4	1,2	82
15	40,8	10,2	37,2	8,7	3,6	1,5	85
20	40,8	13,6	39,6	12,0	1,2	1,6	88
25	40,8	17,0	39,6	15,3	1,2	1,7	90
30	40,8	20,4	39,6	18,6	1,2	1,8	91
35	122,4	30,6	(123,6)	28,1	(-1,2)	2,5	92
40	122,4	40,8	124,8	38,5	-2,4	2,3	94
45	122,4	51,0	124,8	48,9	-2,4	2,1	96
50	81,0	57,7	(81,6)	56,0	(-0,6)	1,7	97
55	81,0	64,4	79,2	62,6	1,8	1,8	97
60	81,0	71,1	82,8	69,5	-1,8	1,6	98
65	40,8	74,5	(40,8)	73,1	(0)	1,4	98
70	40,8	77,9	40,8	76,5	0	1,4	98
75	40,8	81,3	39,6	79,8	1,2	1,5	98
85	0	0	0	0	0	0	0
86	40,8	0,7	0	0	40,8	0,7	0
90	40,8	3,4	28,5	1,9	12,3	1,5	56
95	40,8	6,8	39,6	5,2	1,2	1,6	77

Tableau 19 : Description des parcelles - Recouvrement

Parcelle	OG1	OG2	OG3	OG4	OG5	OG6
couvert végétal %	0	0	0	0	0	0
résidus %	5	1	1	0	0	1

Granulométrie (prélèvement épaisseur 5 cm)

argiles % + limons %	6,6	8,0	8,2	8,2	3,9	10,4
sables fins %	18,2	15,1	21,2	25,4	8,6	23,4
sables grossiers %	55,1	50,8	35,5	51,7	29,6	54,8
éléments grossiers > 2 mm	20,0	26,1	35,1	14,7	57,9	11,4

Estimation de visu en surface

gravillons et graviers libres %	45,0	5,0	10,0	1	60,0	20,0
cailloux %	0	0	0	0	1	1

Tableau 20 : Description des parcelles - Organisation de surface

Parcelle	OG1	OG2	OG3	OG4	OG5	OG6
microrelief hauteur (cm) obstruction	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
algues et mousses	0	0	0	0	0	0

activité mésofaunique

couvert % porosité	1 1	0 0	1 3	1 1	0 0	1 1
gravillons enchassés	60	2	1	1	30	5
fentes	0	0	0	0	0	0
hydromorphie de surface	0	0	0	0	0	0
prise en masse des sables	2	3	2	2	2	2
porosité vésiculaire	3	2	2	3	2	3

Pellicule plasmique

continuité	2	2	0	3	1	3
épaisseur	2	2	1	3	1	3

complexité des micro-organisations pelliculaires  
superficielles

Type de micro horizon autre	1 2 3	GL GI SG SF PPC	SG SF PPC	GL GI SG SF PPC	SG SF PPC	GL GG SG SF PPC	SG SF PPC
type de croute	G	ST3 var SDL	G G	ST3	G	ST3 var SDL	
érosion	1	0	0	1	0	1	

TABLEAU 21 : Description des parcelles - Sol

Parcelle	OG1	OG2	OG3	OG4	OG5	OG6
Profondeur d'apparition d'un horizon à drainage limité.						
	1	0	3	0	1	3
texture (0-20 cm)	0	0	1	1	1	1
porosité (0-20 cm)	1	1	2	1	2	2
hydromorphie (0-20 cm)	0	0	0	0	2	2
classe de drainage	2	3	4	1	4	3

Tableau 22 : Mesures d'humidité pondérale effectuées sur les parcelles 1, 2 et 3.

Parcelle	Pluie	Profondeur (cm)	Poids humide (g)	Poids sec (g)	Hp (%)	Ik
1	1	0 - 5	285,43	284,57	0,3	0
		10 - 15	367,67	357,08	3,0	
		20 - 25	306,63	298,22	2,8	
	2	0 - 5	237,05	218,76	8,4	67
		10 - 15	143,71	137,16	4,8	
		20 - 25	132,71	128,92	2,9	
	3	0 - 5	173,08	160,82	7,6	154
		10 - 15	127,23	120,47	5,6	
		20 - 25	Refus			
2	1	0 - 5	227,88	224,91	1,3	0
		10 - 15	220,60	212,93	3,6	
		20 - 25	247,83	237,25	4,5	
	2	0 - 5	313,99	297,61	5,5	44
		10 - 15	194,15	184,12	5,4	
		20 - 25	242,74	231,42	4,9	
	3	0 - 5	296,91	273,37	8,6	66
		10 - 15	206,33	198,83	3,8	
		20 - 25	265,30	253,31	4,7	
3	1	0 - 5	408,98	407,13	0,4	0
		10 - 15	343,96	334,19	2,9	
		20 - 25	374,24	362,56	3,2	
	2	0 - 5	349,15	323,42	8,0	41
		10 - 15	274,14	266,16	2,2	
		20 - 25	337,00	326,47	3,2	
	3	0 - 5	320,70	302,46	6,0	76
		10 - 15	300,90	284,20	5,9	
		20 - 25	266,31	254,50	4,6	

Les mesures d'humidité pondérale du sol ont été effectuées avant chaque pluie.

Avant chaque pluie donc un prélèvement unique a été réalisé sur le bord extérieur de la parcelle et des échantillons du sol sur 3 profondeurs (0 - 5 cm, 10 - 15 cm et 20 - 25 cm) ont été recueillis.



Tableau 23 : Mesures d'humidité pondérale effectuées sur les parcelles 4, 5 et 6.

Parcelle	Pluie	Profondeur (cm)	Poids humide (g)	Poids sec (g)	Hp (%)	lk
4	1	0 - 5	288,93	288,22	0,2	0
		10 - 15	283,96	279,54	1,6	
		20 - 25	285,22	280,50	1,7	
	2	0 - 5	309,35	276,20	12,0	40
		10 - 15	284,37	265,20	7,2	
		20 - 25	308,52	302,65	1,9	
	3	0 - 5	197,68	187,42	5,5	77
		10 - 15	254,08	248,97	2,0	
		20 - 25	267,00	261,86	2,0	
5	1	0 - 5	331,40	329,23	0,7	0
		10 - 15	283,39	273,37	3,7	
		20 - 25	259,14	248,45	4,3	
	2	0 - 5	260,43	238,43	9,2	41
		10 - 15	261,34	249,54	4,7	
		20 - 25	280,45	268,85	4,3	
	3	0 - 5	300,00	279,53	7,3	79
		10 - 15	294,87	284,29	3,7	
		20 - 25	327,27	315,74	3,6	
6	1	0 - 5	317,24	316,00	0,4	0
		10 - 15	247,57	238,19	3,9	
		20 - 25	303,91	287,58	5,7	
	2	0 - 5	254,34	238,92	6,4	43
		10 - 15	240,69	232,83	3,4	
		20 - 25	244,80	233,96	4,6	
	3	0 - 5	223,76	207,03	8,1	81
		10 - 15	212,81	205,06	3,8	
		20 - 25	269,20	253,48	6,2	

Les mesures d'humidité pondérale du sol ont été effectuées avant chaque pluie.

Avant chaque pluie donc un prélèvement unique a été réalisé sur le bord extérieur de la parcelle et des échantillons du sol sur 3 profondeurs (0 - 5 cm, 10 - 15 cm et 20 - 25 cm) ont été recueillis.

Tableau 24 : Intensités de pluies obtenues en pré-étalonnage et en post-étalonnage

Parcelle Pluie	Pré-étalonnage	Post-étalonnage	Ecart Relatif (%)
OG1-1	79,2	79,2	0
OG1-2	79,2 121,2	80,4 124,8	1,5 2,9
OG1-3	39,6 80,4 124,8	39,6 79,2 124,8	0 1,5 0
OG2-1	40,8	40,8	0
OG2-2	39,6 114,0	39,6 116,4	0 2,1
OG2-3	40,8 79,2 118,8	40,8 79,2 121,2	0 0 2,0
OG3-1	38,4	38,4	0
OG3-2	37,2 -	39,6 121,2	6,3 -
OG3-3	39,6 84,0 126	39,6 81,6 127,2	0 2,9 0,9
OG4-1	38,4	38,4	0
OG4-2	38,4 118,8	- -	- -
OG4-3	42,0 79,2 118,8	39,6 78,0 116,4	5,9 1,5 2,0
OG5-1	38,4	39,6	3,1
OG5-2	38,4 116,4	38,4 117,6	0 1,0
OG5-3	39,6 79,2 118,8	39,6 78,0 118,8	0 1,5 0
OG6-1	40,8	40,8	0
OG6-2	39,6 127,2	39,6 -	0 -
OG6-3	40,8 81,6 122,4	40,8 80,4 120,0	0 1,5 2,0

Tableau 25 : Pluie d'imbibition

Parcelle	Pluie	$I_k$	$I_p$ mm/h	$t_i$ mn	$P_i$ mm
1	1	0	79,2	3	4,0
	2	67	80,4	1,5	2,0
	3	154	39,6	2,5	1,7
2	1	0	40,8	4,5	3,1
	2	44	39,6	3	2,0
	3	80	40,8	1,5	1,0
3	1	0	38,4	6	3,8
	2	41	38,4	2,5	1,6
	3	76	39,6	2	1,3
4	1	0	38,4	6	3,8
	2	40	38,4	2,5	1,6
	3	77	42,0	2	1,4
5	1	0	39	4,5	2,9
	2	41	39,6	3	2,0
	3	79	39,6	2	1,3
6	1	0	40,8	2,5	1,7
	2	43	39,6	2	1,3
	3	81	40,8	0,5	0,3

Tableau 26 : intensité limite d'infiltration

Parcelle	Pluie	$I_k$	$I_p$ mm/h	$F_N$ mm/h	$t_s$ mn
1	1	0	79	5	30
	2	67	80	2	10
	3	154	40	1	10
2	1	0	41	5	20
	2	44	40	2	15
	3	80	41	1	10
3	1	0	38	4	30
	2	41	38	3	10
	3	76	38	2	10
4	1	0	38	4	35
	2	40	38	2	25
	3	77	42	1	25
5	1	0	39	4	25
	2	41	40	2	15
	3	79	40	2	10
6	1	0	41	6	40
	2	43	40	3	15
	3	81	41	1	15

Tableau 27 : Calcul des valeurs médianes - Sol sec

Parcelle	1	2	3	4	5	6	Médiane
$P_t$	4,0	3,1	3,8	3,8	2,9	1,7	3,5
$I_{7,5}$	(1,2)	3,6	20,4	11,4	13,8	16,8	12,6
$I_{12,5}$	(6,0)	3,6	8,4	9,6	6,6	12,0	7,5
$I_{17,5}$	(1,2)	1,2	6,0	7,2	5,4	9,6	5,7
$I_{27,5}$	7,2	2,4	3,6	6,0	4,2	7,2	5,1
$I_{37,5}$	6,0	1,0	4,8	4,8	4,2	7,2	4,8
$I_{47,5}$	3,6	2,4	3,6	3,6	1,8	6,0	3,6
$I_{57,5}$	3,6	3,6	3,6	4,8	4,2	6,0	3,9
$D_R$	1,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,3	0,7

Avec  $I_t$  = intensité des pertes à l'instant t en mm/h  
 $P_t$  = pluie d'imbibition en mm.

Tableau 28: Calcul des valeurs medianes - Sol humide.

Parcelle	1	2	3	4	5	6	Médiane
$P_t$	1,7	1,0	1,6	1,4	1,3	0,3	1,4
$I_{7,5}$	1,4	1,2	4,8	4,8	4,8	2,4	3,6
$I_{12,5}$	1,4	0	3,6	4,8	2,4	3,6	3,0
$I_{17,5}$	1,43	0	3,6	3,6	3,6	1,2	2,4
$I_{27,5}$	0	0	2,4	2,4	2,4	1,2	1,8
$I_{37,5}$	0	0	0,6	0	7,2	(-2,4)	0
$I_{47,5}$	(3,0)	0	(4,8)	(1,8)	(6,6)	(-0,6)	2,4
$I_{57,5}$	(1,8)	0	4,8	1,8	9,0	(-1,8)	1,8
$D_{it}$	1,0	0,7	0,7	0,5	0,6	0,4	0,7

Avec  $I_t$  = intensité des pertes à l'instant t en mm/h  
 $P_t$  = pluie d'imbibition en mm.

Tableau 29 : Cumul des pertes à l'écoulement.

t mn	Pertes sur sol initialement sec mm	Pertes sur sol initialement humide mm
2	1,4	1,4
5	3,5	2,4
10	4,9	2,7
15	5,6	2,9
20	6,1	3,1
30	6,8	3,4
40	7,5	3,7
50	8,1	4,1
60	8,8	4,4

Tableau 30 : Détention récupérable  $D_R$  et détention mobilisable de surface  $D_m$

Parcelle	Pluie	$t_R$ mn	$F_N$ mm/h	$D_R$ mm	$D_R + t_R F_N$ mm	Ecart relatif %	$D_R + 0,5 t_R F_N$ mm
1	1	5	5	1,8	2,2	20	2,0
	2	5	2	1,4	1,6	13	1,5
	3	6	1	1,0	1,1	10	1,1
2	1	5	5	0,8	1,2	40	1,0
	2	5	2	0,7	0,9	25	0,8
	3	5	1	0,7	0,8	13	0,8
3	1	5	4	0,7	1,0	35	0,9
	2	3	3	0,6	0,8	29	0,7
	3	5	2	0,7	0,9	25	0,8
4	1	4	4	0,7	1,0	35	0,9
	2	5	2	0,6	0,8	29	0,7
	3	5	1	0,5	0,6	18	0,6
5	1	4	4	0,5	0,8	46	0,7
	2	5	2	0,5	0,7	33	0,6
	3	5	2	0,6	0,8	29	0,7
6	1	2	6	0,3	0,5	50	0,4
	2	2	3	0,4	0,5	22	0,5
	3	2	1	0,4	0,4	0	0,4



Tableau 31 : volumes stockés  $S_i$ ,

Parcelle	Pluie	$S_i$ avec $D_m = D_R + 0,5 t_R \cdot F_N$ mm	$S_i$ avec $D_m = D_R$ mm
1	1	1,0	1,2
	2	0,1	0,2
	3	0,1	0,2
2	1	0,2	0,4
	2	0,1	0,2
	3	0,7	0,7
3	1	0,6	0,7
	2	0,3	0,4
	3	0,1	0,2
4	1	0,4	0,5
	2	0,3	0,3
	3	0,3	0,3
5	1	0,4	0,5
	2	0,5	0,5
	3	0	0,1
6	1	0,2	0,3
	2	0,2	0,3
	3	1,0	1,0

## Liste des figures

- Figure 1 : Le simulateur de pluie
- Figure 2 : Hydrogramme de ruissellement sous pluie simulée
- Figure 3 : Emplacements des parcelles
- Figure 4 : Surface de type grossier
- Figure 5 : Surface de type structural 3
- Figure 6 : Dépouillement du diagramme dans le cas d'un changement d'intensité de pluie
- Figure 7 : Parcelle OG1 - Pluie 1,2,3
- Figure 8 : Parcelle OG2 - "
- Figure 9 : Parcelle OG3 - "
- Figure 10 : Parcelle OG4 - "
- Figure 11 : Parcelle OG5 - "
- Figure 12 : Parcelle OG6 - "
- Figure 13 : Comparaison des pertes à l'écoulement sur sol sec - Parcelles 1-2-3-4-5-6
- Figure 14 : Comparaison des pertes à l'écoulement sur sol humide - Parcelles 1-2-3-4-5-6
- Figure 15 : Courbe médiane des pertes à l'écoulement sur sol sec
- Figure 16 : Courbe médiane des pertes à l'écoulement sur sol humide
- Figure 17 : Résultats expérimentaux obtenus avec des intensités de pluie différentes

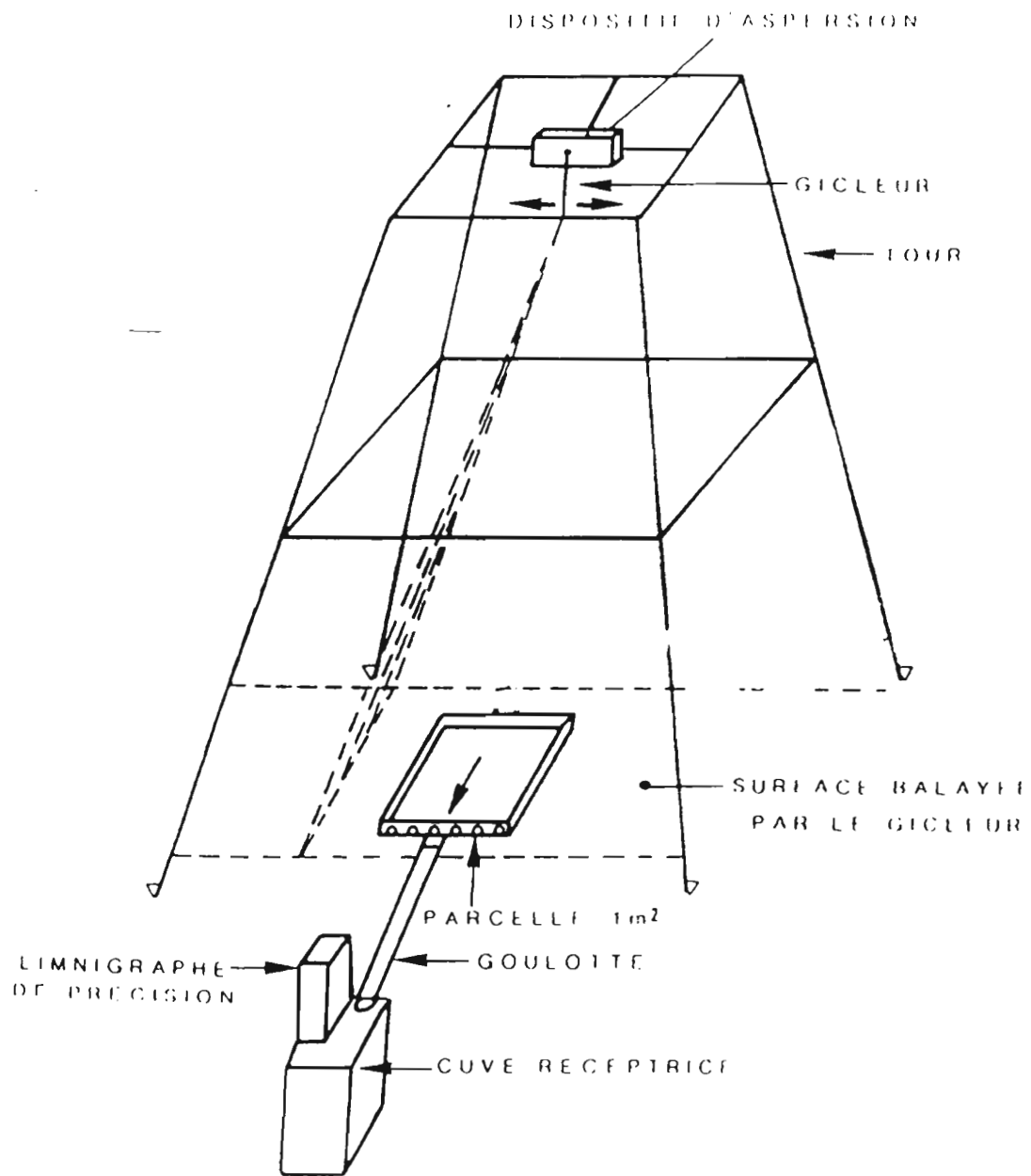


Fig- 1 SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU SIMULATEUR DE PLUIE  
(d'après B. THEBE)

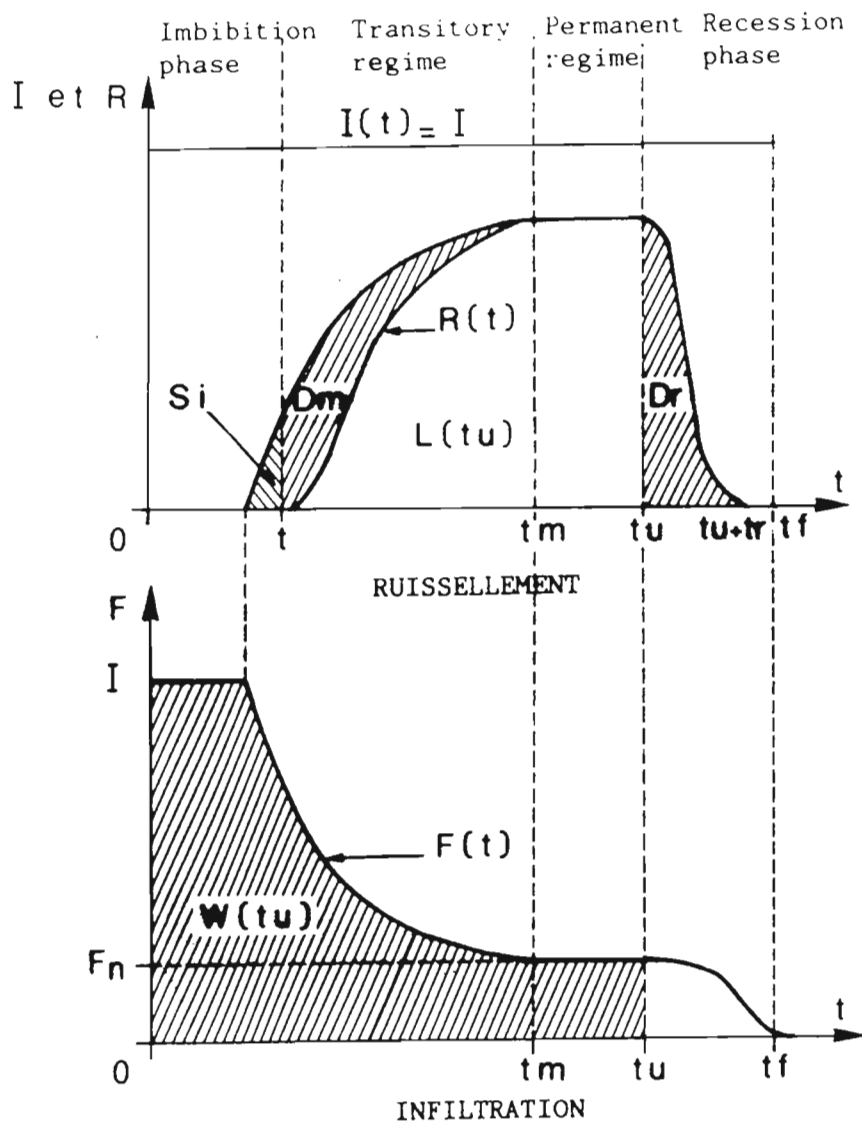


figure 2 : hydrogramme de ruissellement sous pluie simulée d'intensité constante (d'après Lafforgue)

BASSINS URBAINS DE OUAGADOUGOU

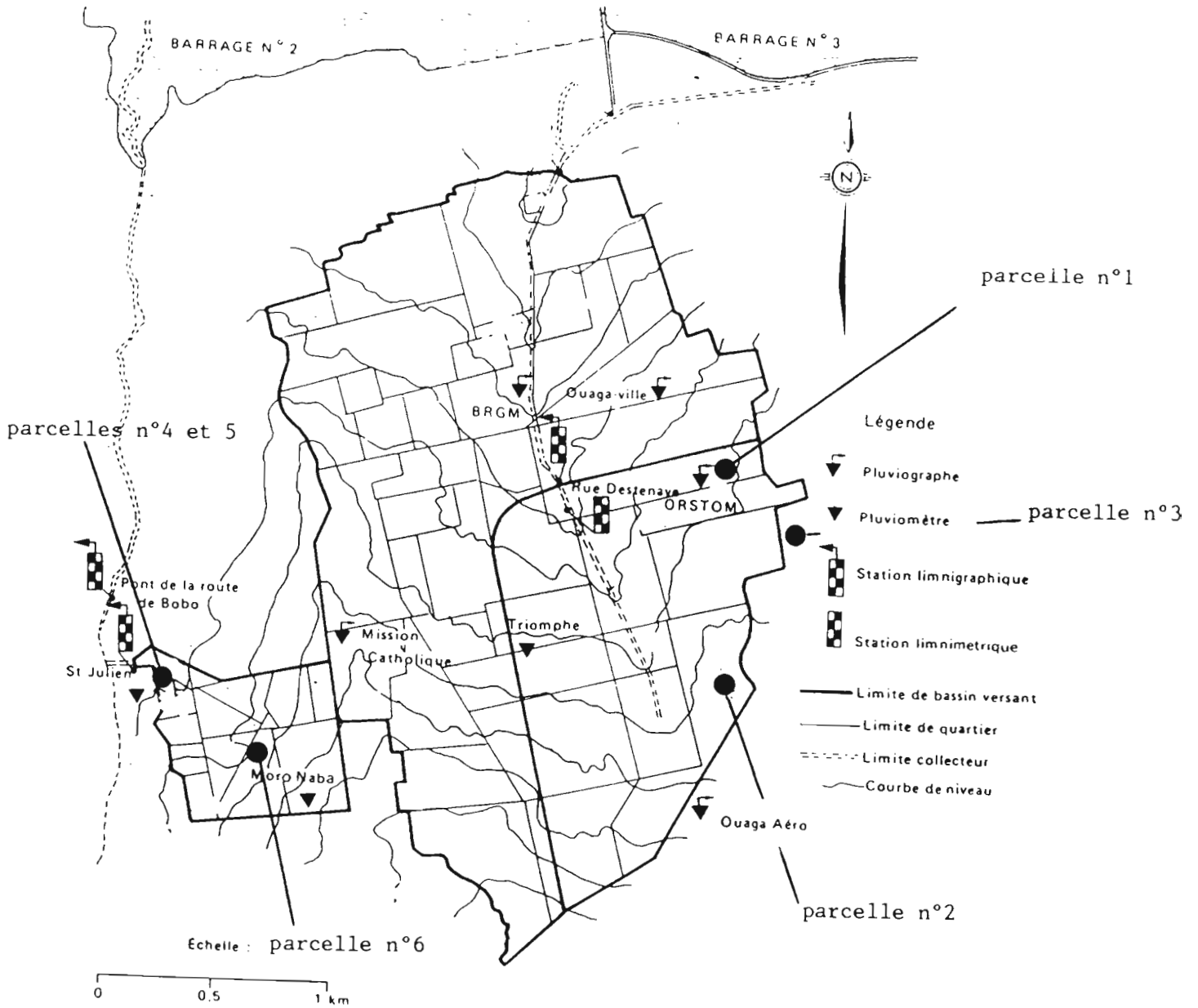
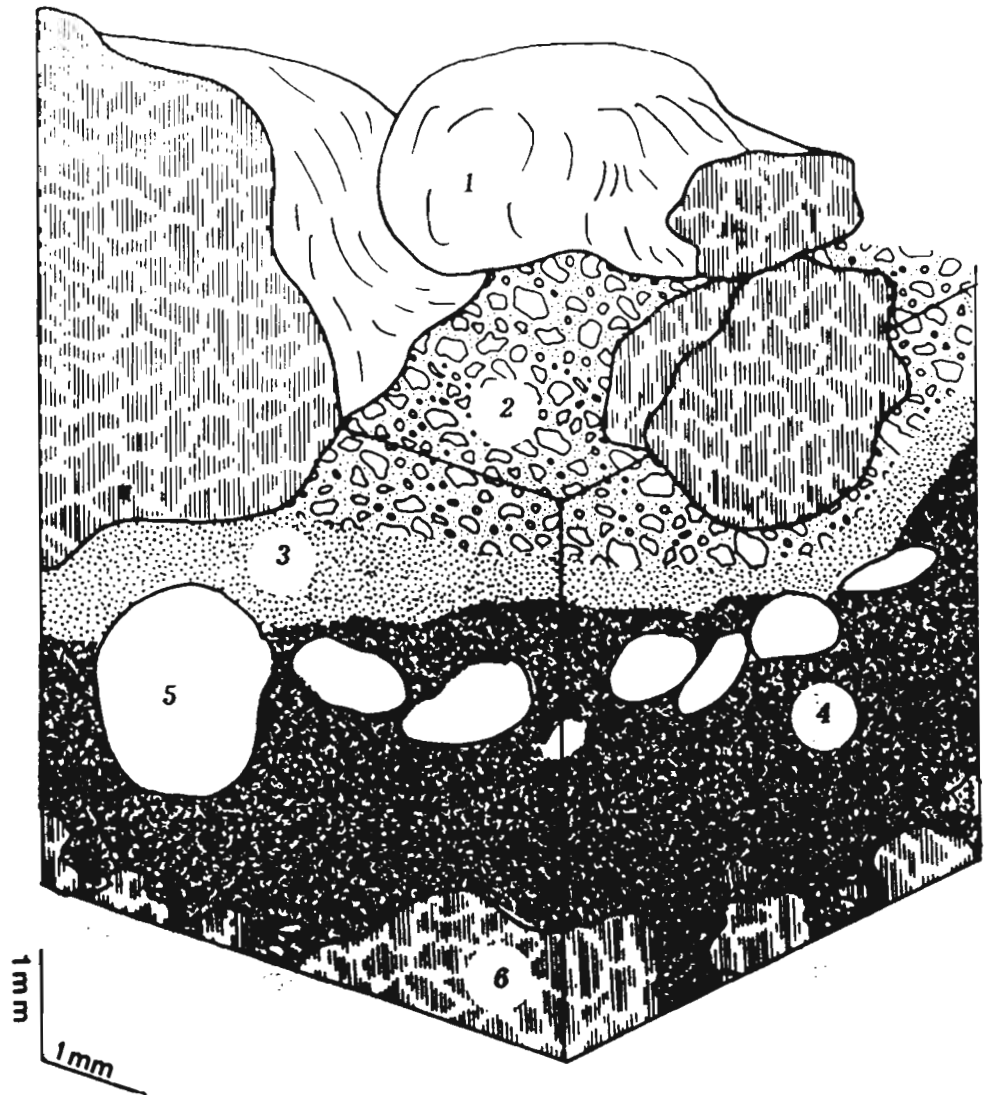


Figure 3 : emplacements des parcelles



**FIG. 4 : SURFACE DE TYPE GROSSIER (d'après C.VALENTIN)**  
*(identique en milieu urbain)*

*Ouagadougou n° 1, 3 et 5*

**1 : ELEMENTS GROSSIERS**

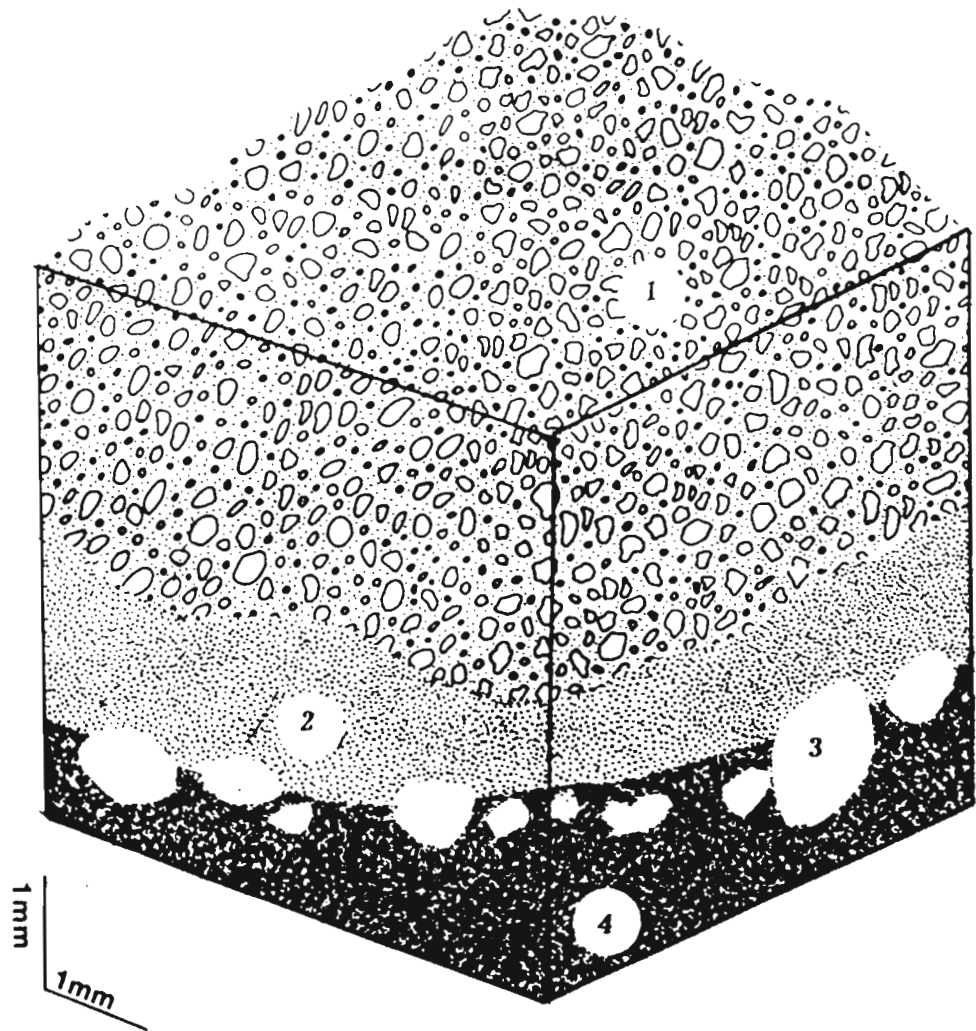
**2 : SABLES GROSSIERS**

**3 : SABLES FINS**

**4 : PLASMA**

**5 : POROSITE VESICULAIRE**

**6 : MATRICE GRAVILLONNAIRE DU 1° HORIZON**



**FIG. 5: SURFACE DE TYPE STRUCTURAL 3**

*Ouagadougou n° 2, 4 et 6*

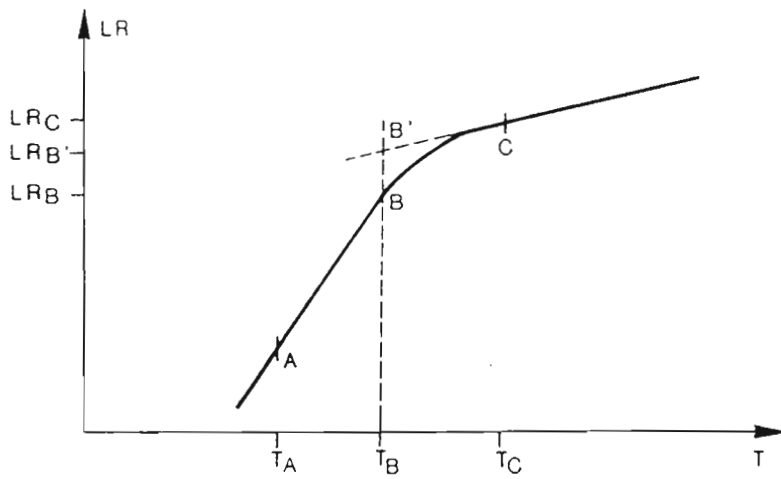
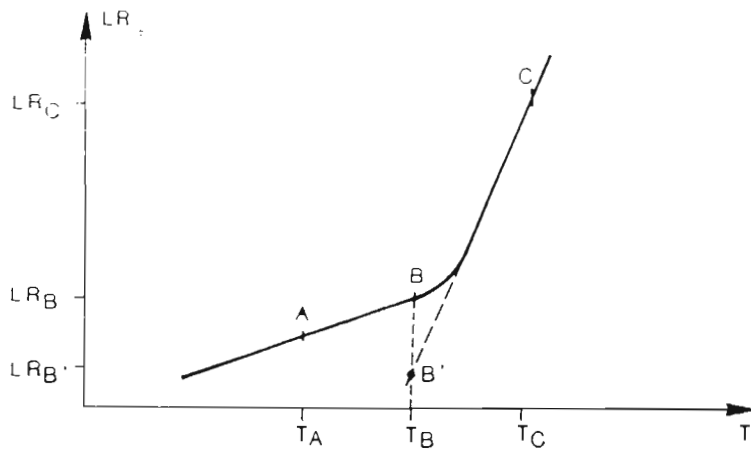
**1 : SABLES GROSSIERS**

**2 : SABLES FINS**

**3 : POROSITE VESICULAIRE FINE**

**4 : PLASMA**

Cas d'un changement d'intensité en début d'un intervalle



$$R(T) = \frac{LR_C - LR_{B'}}{T_C - T_B} \text{ pour } T_B \leq T < T_C$$

Figure 6 : dépouillement du diagramme en cas de changement d'intensité de pluie



Parcelle n° 1      Pluies n° 1-2-3

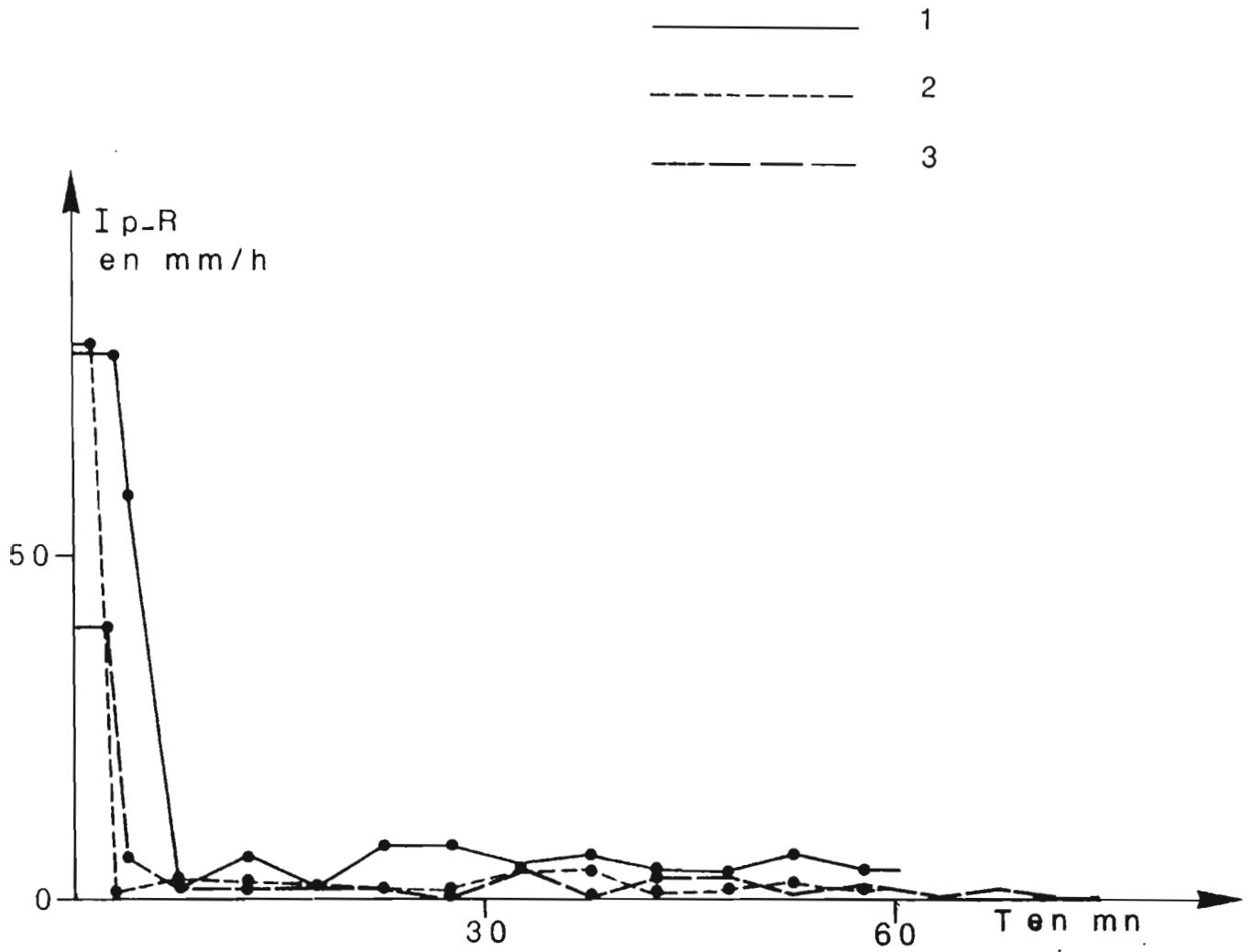


Fig. 7

Parcelle n° 2      Pluies n° 1-2-3

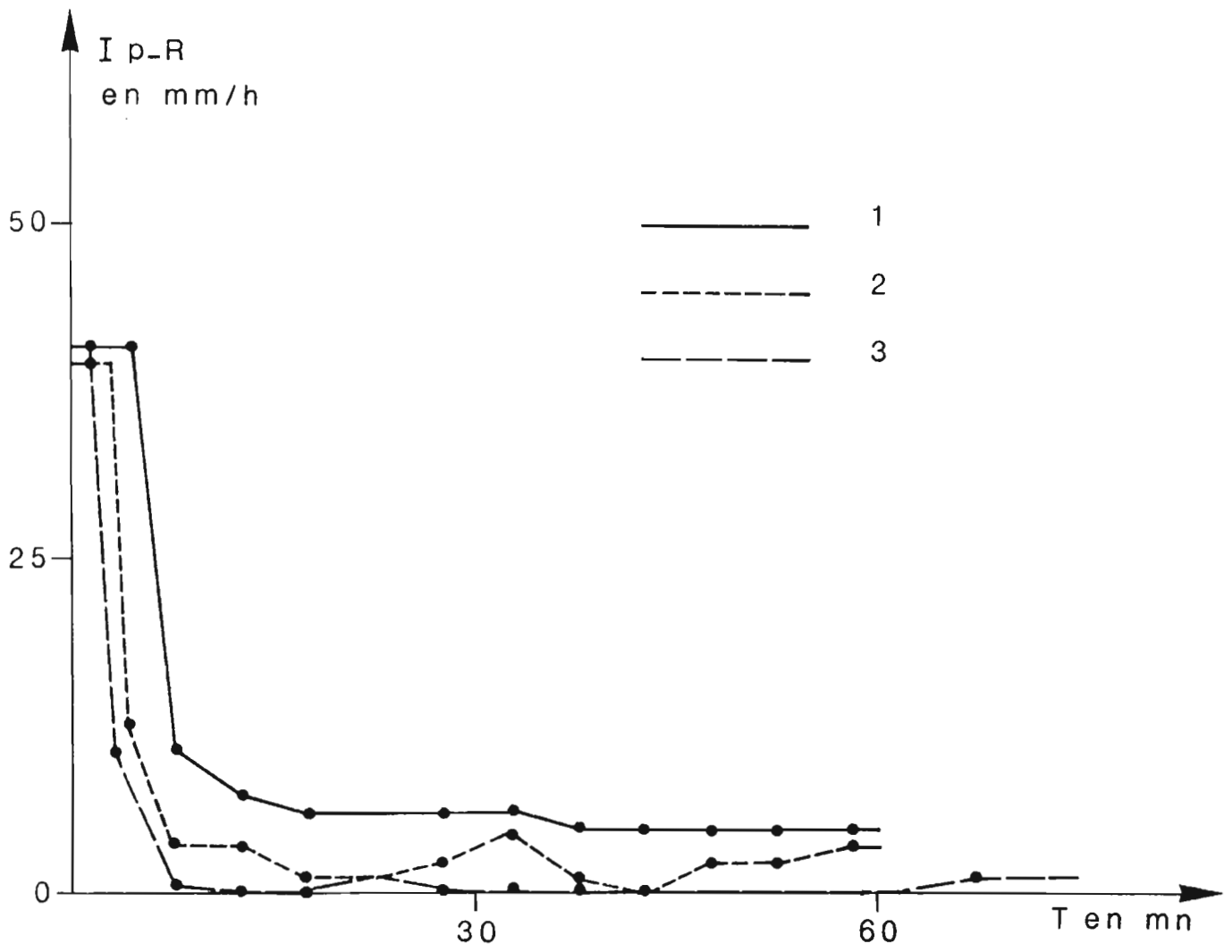


Fig. 8

Parcelle n° 3 Pluies n° 1-2-3

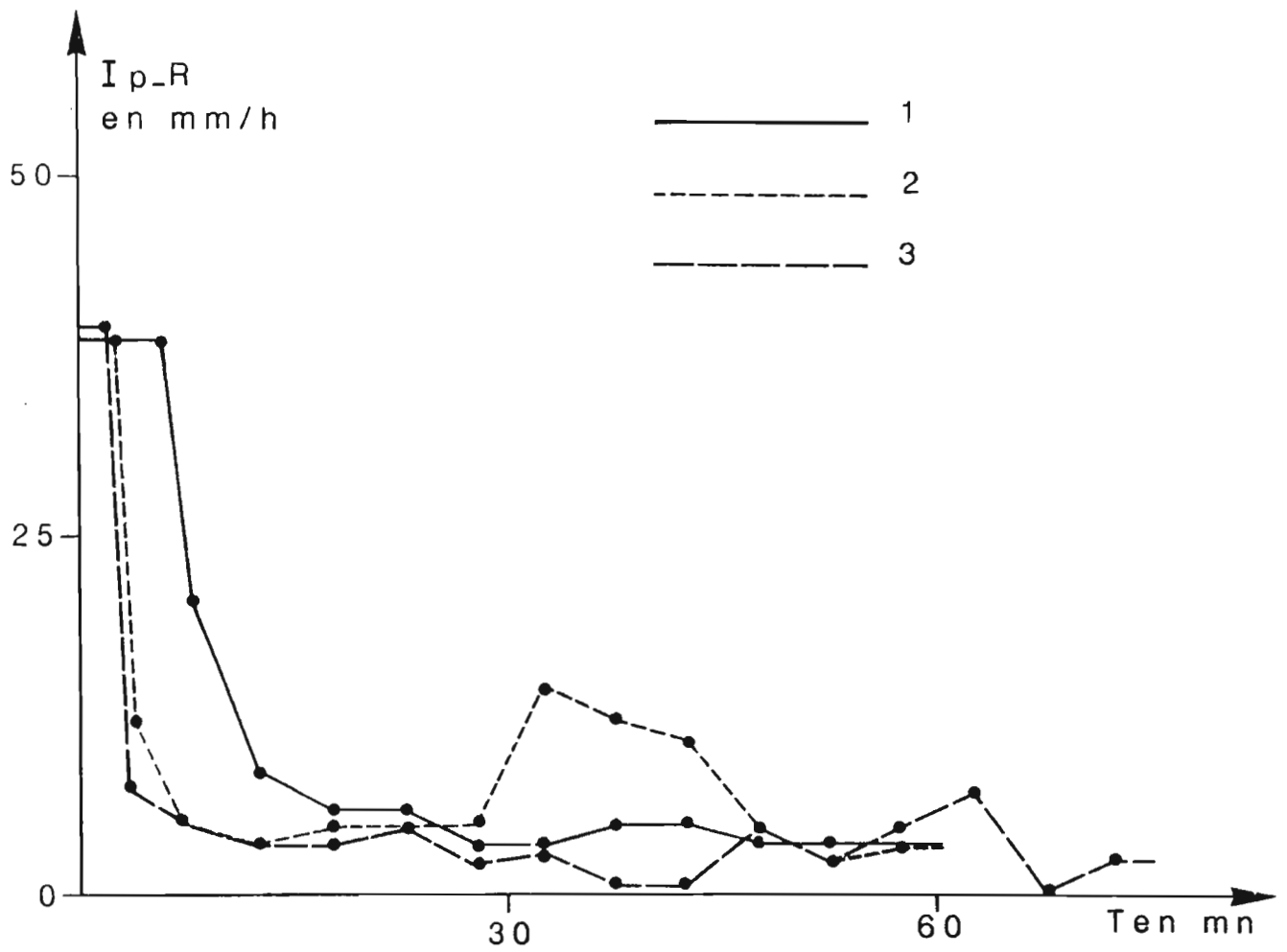


Fig. 9

Parcelle n° 4

Pluies n° 1\_2\_3

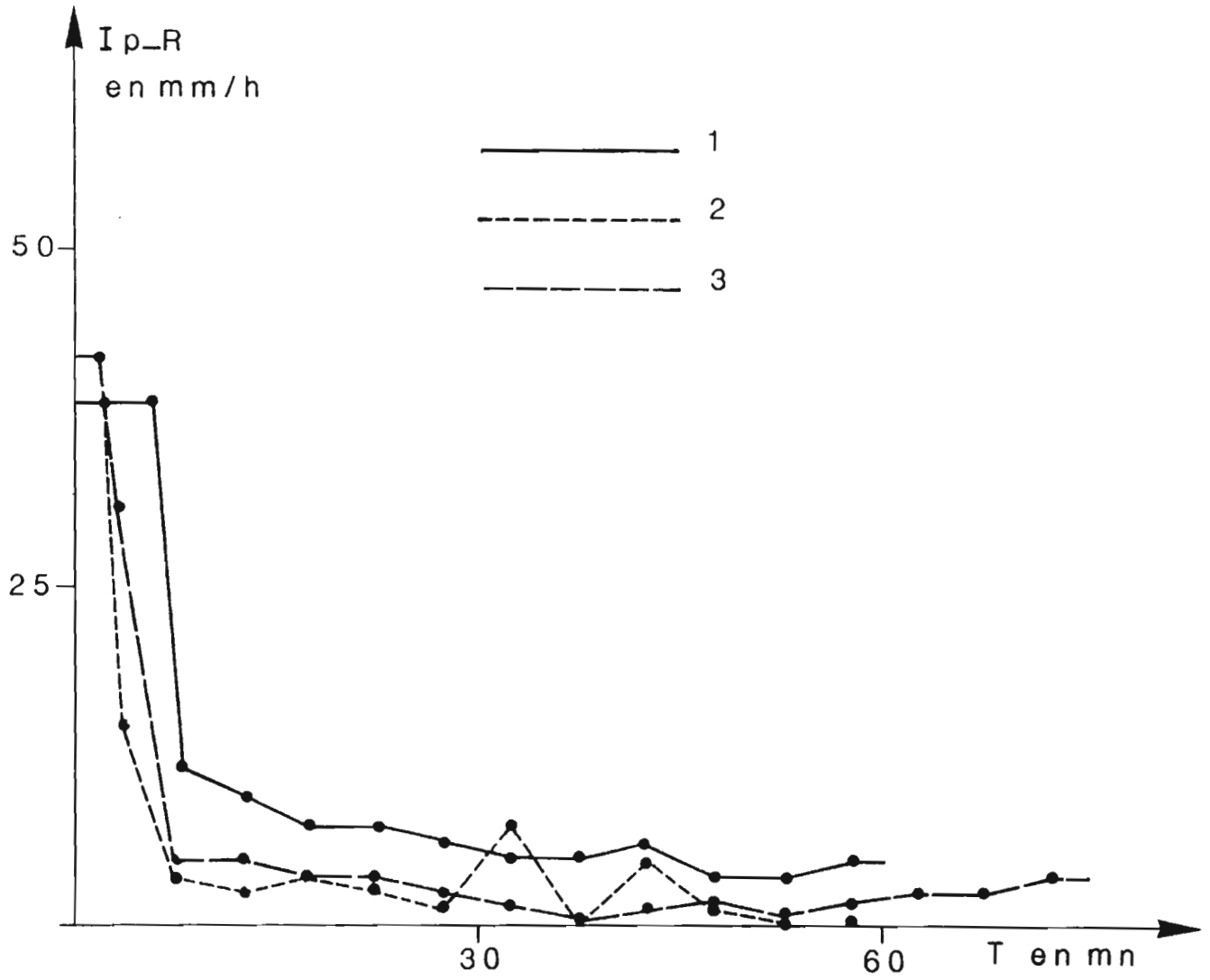


Fig.10

Parcelle n° 5

Pluies n°1-2-3

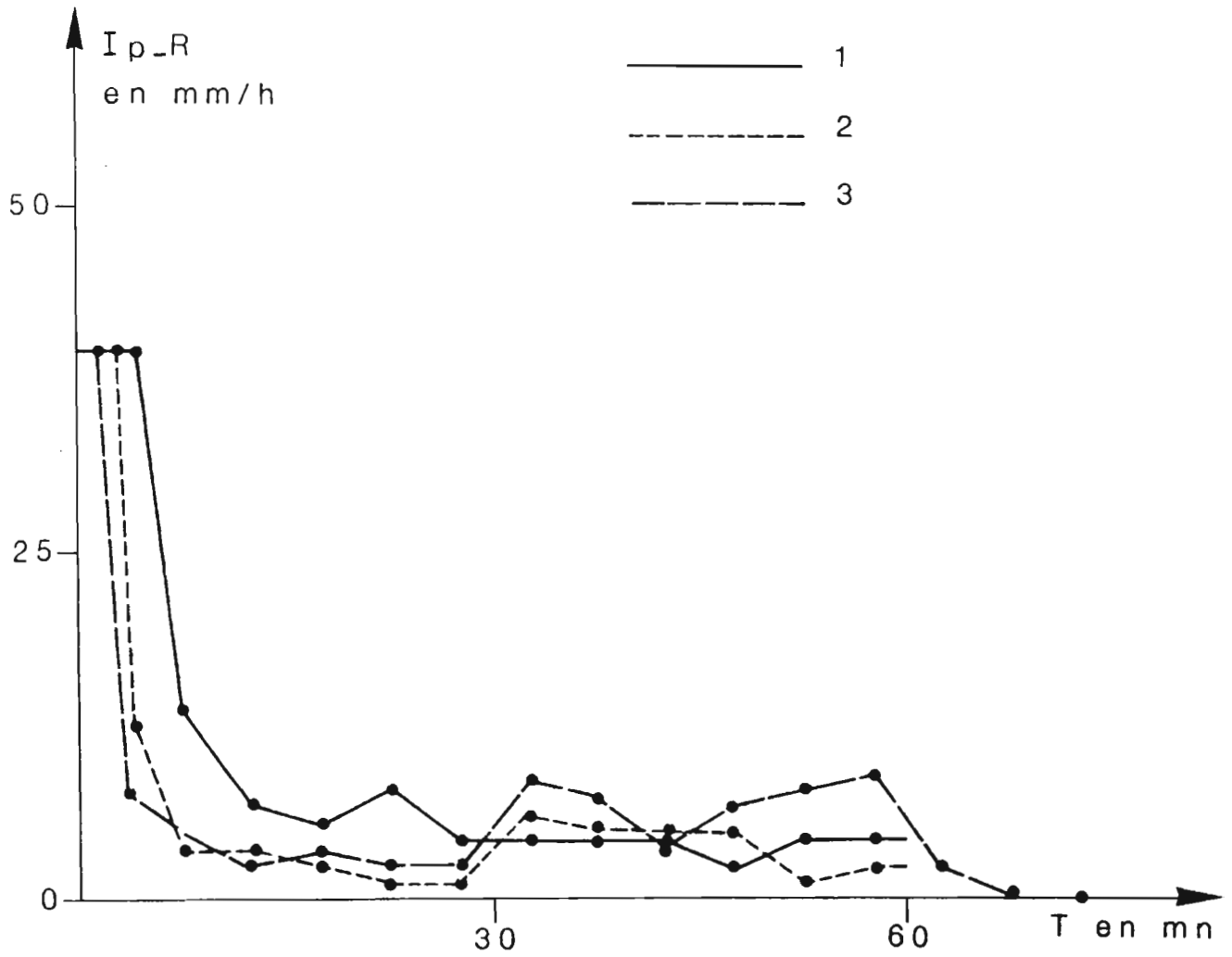


Fig. 11

Parcelle n° 6

Pluies n° 1\_2\_3

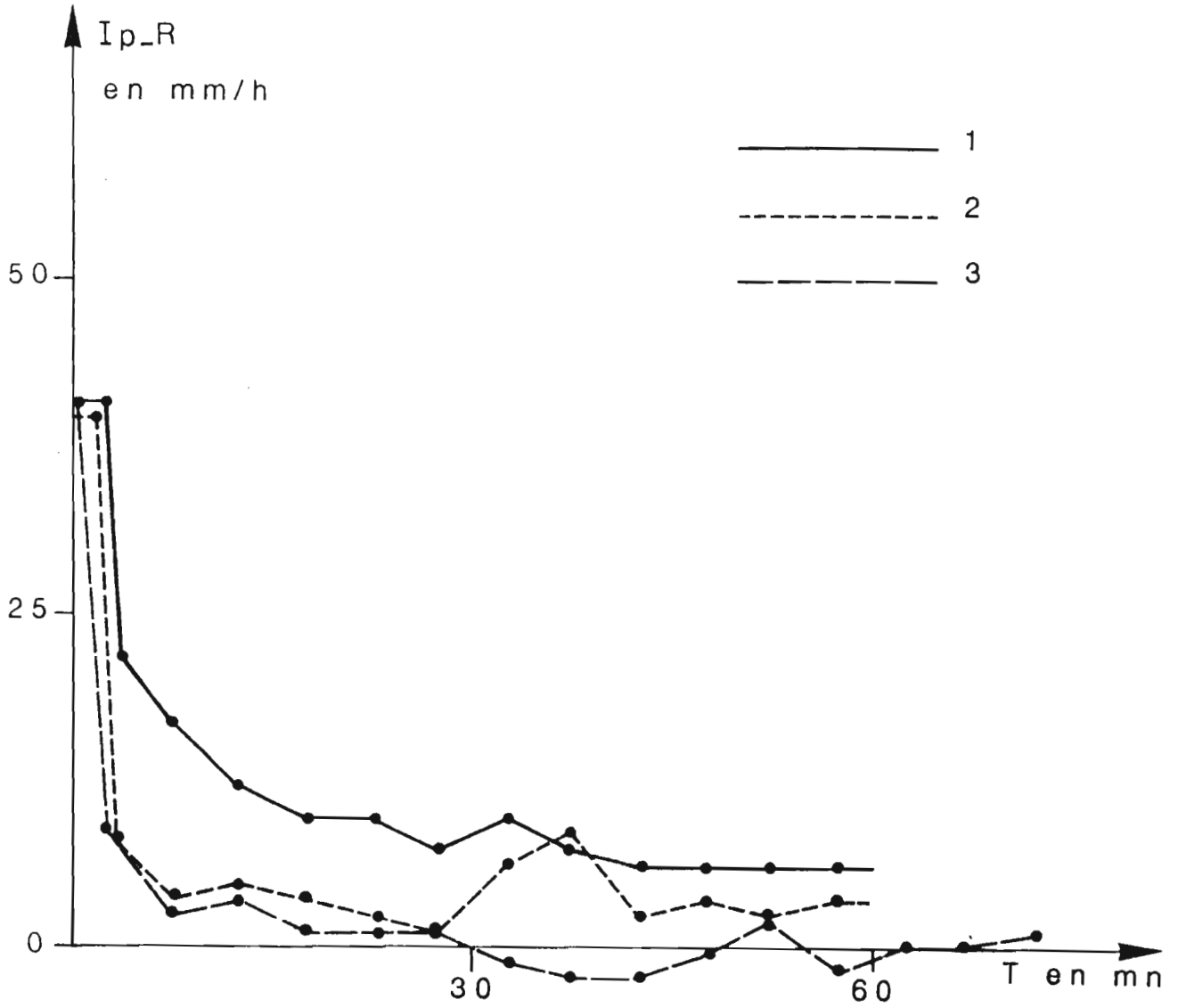


Fig. 12

Comparaison des pertes à l'écoulement sur sol sec

Parcelles n° 1\_2\_3\_4\_5\_6

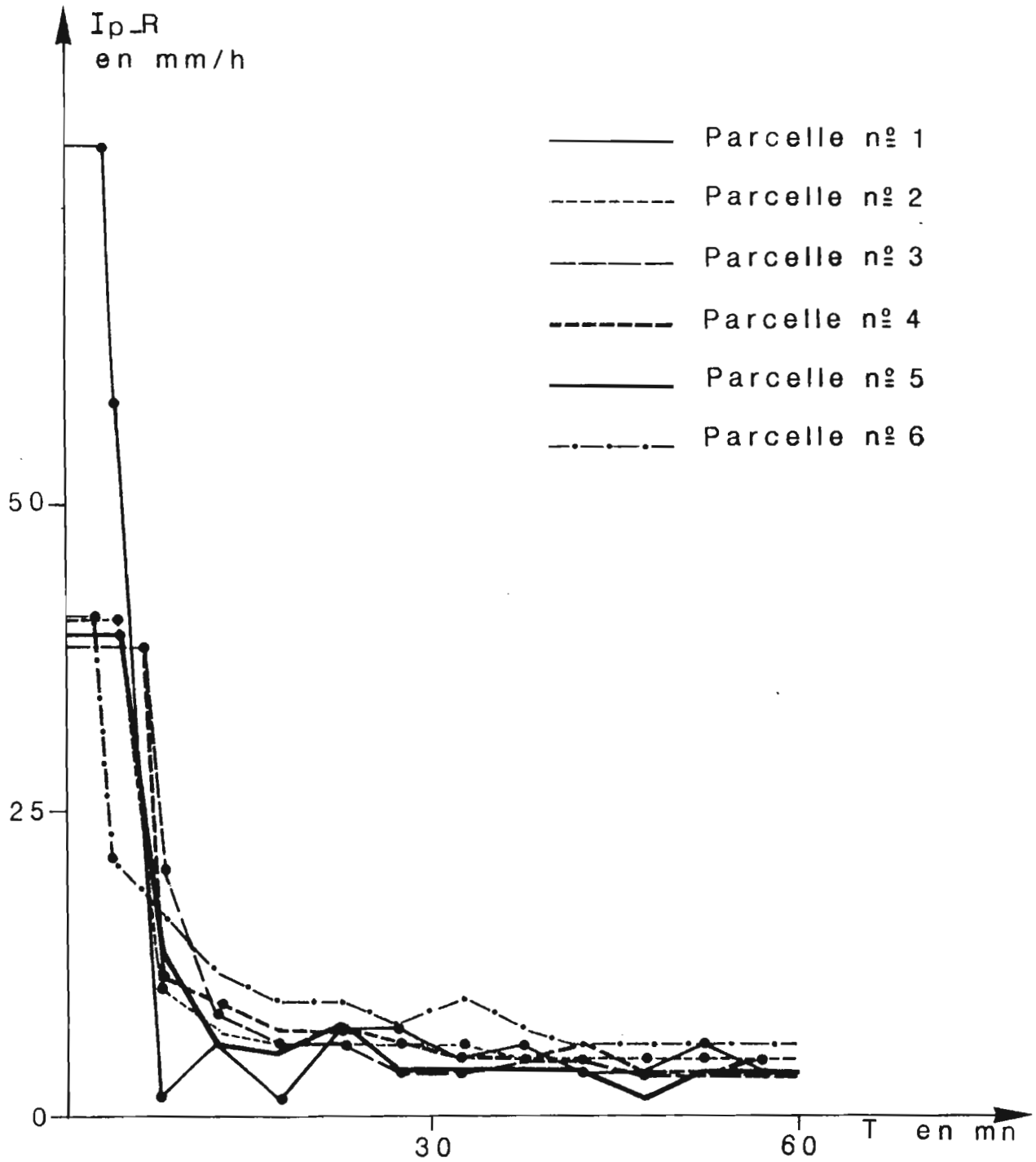


Fig. 13

# Comparaison des pertes à l'écoulement sur sol humide

Parcelles n° 1\_2\_3\_4\_5\_6

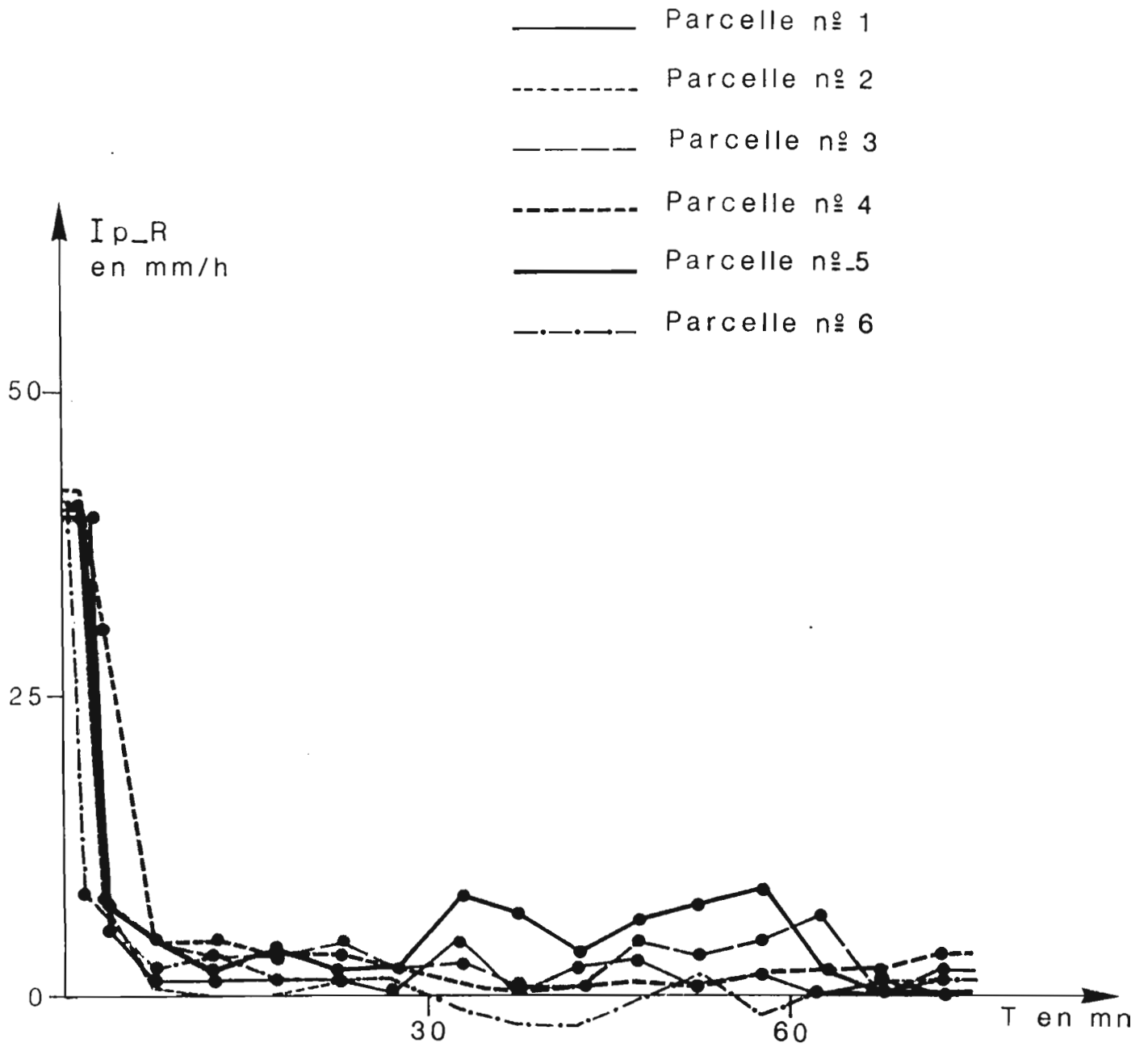


Fig. 14



Courbe des pertes a l'écoulement médianes sur sol sec

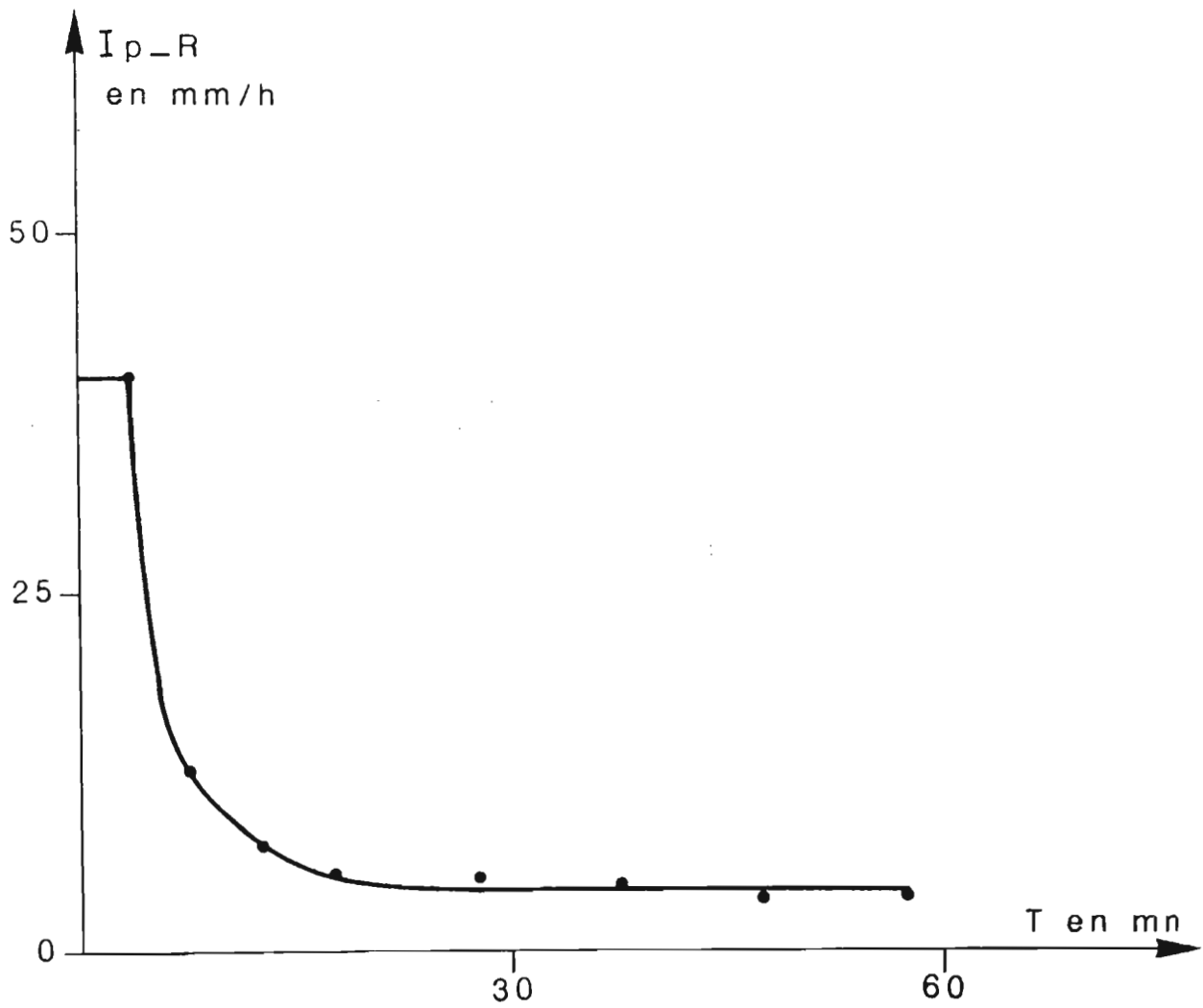


Fig. 15

Courbe des pertes à l'écoulement médianes sur sol humide

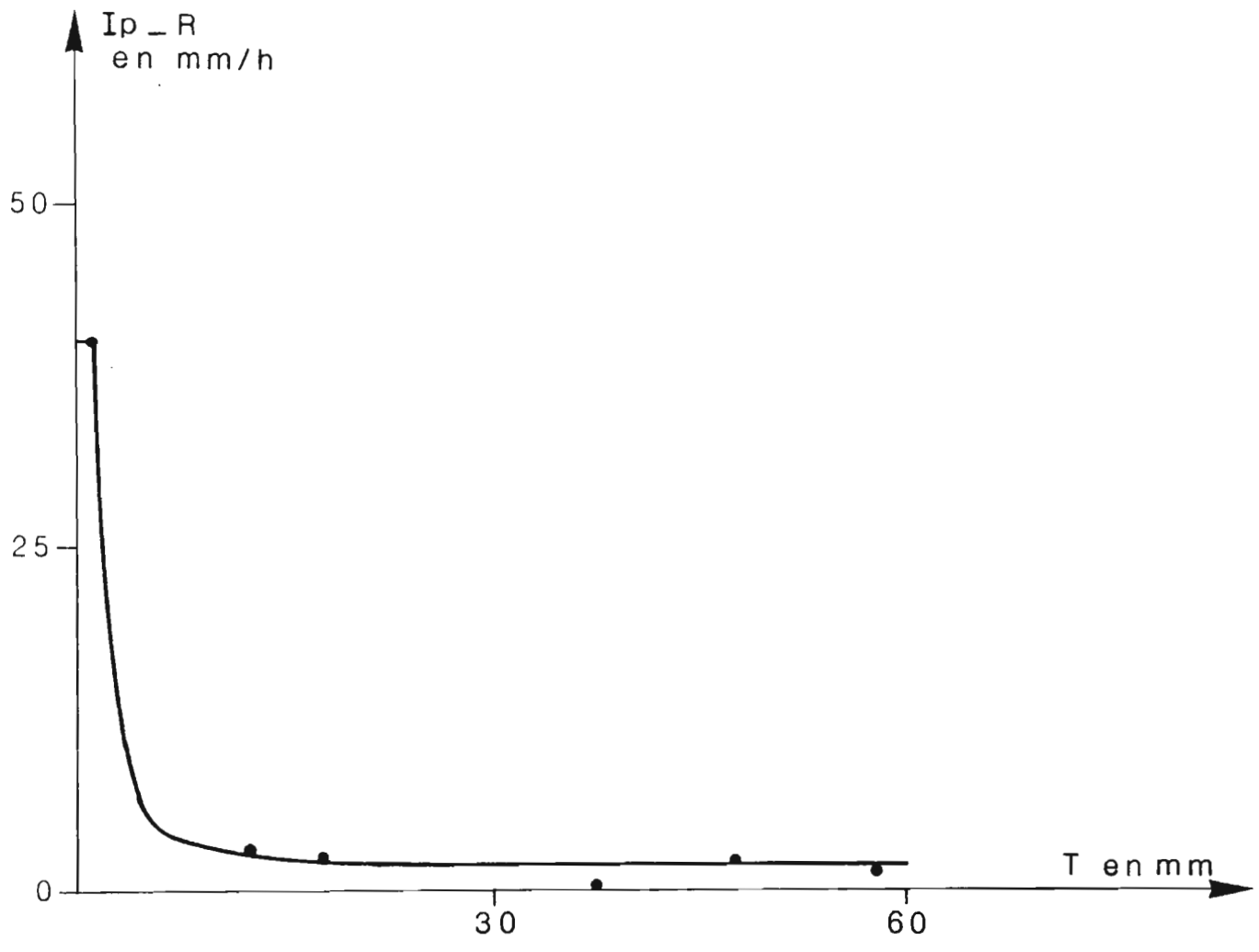
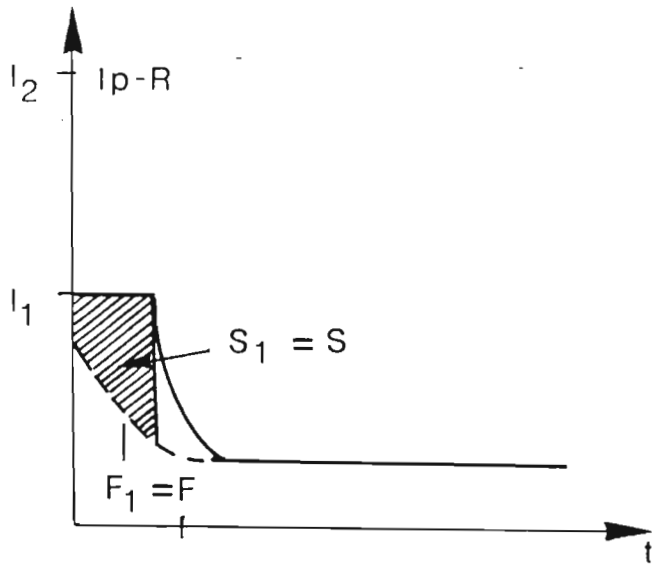


Fig. 16

Parcelle 1



Parcelle 2

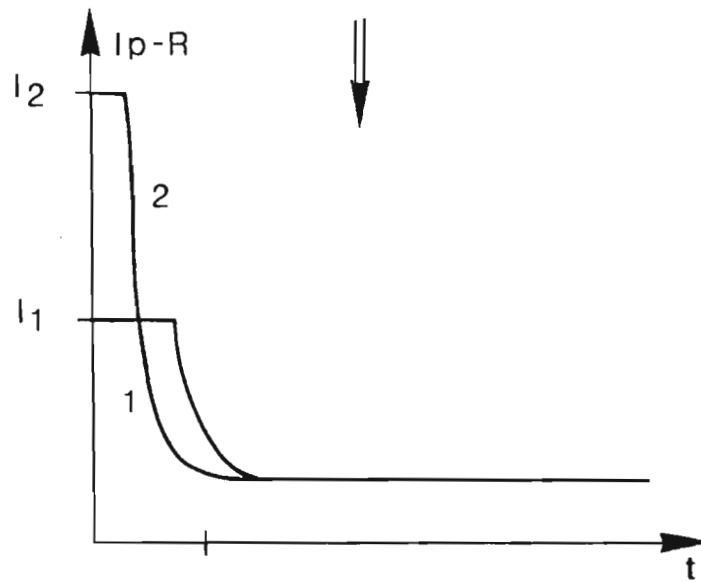
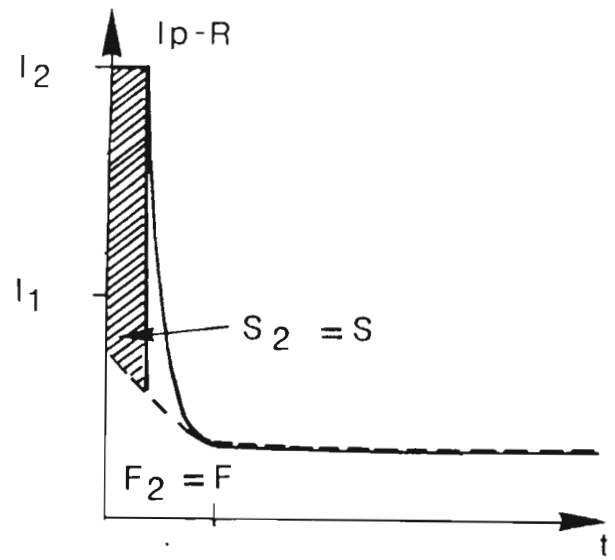


Figure 17: Résultats expérimentaux obtenus avec intensités de pluie différentes

		surface, 3 : couvrant plus de 50 % de la surface.
Porosité vésiculaire	abondance des vésicules	Notation visuelle in situ 0 : absence, 1 : > 5%, 2 : entre 5 % et 30 %, 3 : > 30 %
Pellicules plasmiques	continuité	Notation visuelle : 0 : absence, 1 : la pellicule est présente à l'affleurement ou sous les sables sur plus de 50 % de la surfac, 2 : plus de 70 %, 3 : plus de 95 %.
	épaisseur	Notation visuelle, 0 : absence, 1 : pellicule peu individualisée, 2 : épaisseur de l'ordre de 0,5 mm, 3 : de l'ordre de 1 mm.
Microhorizon	type	GC : grossier continu, GL : grossier libre, GI : grossier inclu, SPT : sableux peu trié, SF : sableux fin, P : pellicule plasmique, PA : plasmique à agrégats, PF : plasmiques à fentes, PC : plasmique continu.
Croute	type	A : aucune, DES : dessiccation, ST1-2-3 : structurale 1-2-3, ERO : érosion, RUI : ruissellement, DEC : décantation, G : grossière, AUT : autres.
Erosion	type	Notation visuelle, 0 : absence, 1 : traces d'impacts 2 : figures en piedestal peu marquées, 3 : bien marquées, 4 : érosion en marches d'escalier 5 : érosion linéaire.
<u>Sol</u>		
	Profondeur apparition d'un horizon à drainage limité	Notation d'après description du profil pédologique, 0 : absence ou profondeur supérieure à 60 cm, 1 : entre 40 cm et 60 cm, 2 : entre 20 cm et 40 cm 3 : > 20 cm.
	texture (0-20 cm)	Notation tactile, 0 : sableux, 1 : sablo-argileux, 2 : argileux.

## ANNEXE : Notation des parcelles expérimentales

<u>Rubrique</u>	<u>Nature de la variable</u>	<u>Méthode d'obtention</u>
<u>Recouvrement</u>		
Couvert végétal	%	Estimation visuelle in situ
Résidus	%	" "
Granulométrie (taille des constituants)	%	" "
		Argiles : moins de 0,002 mm Limons : 0,05 mm à 0,002 mm Sables fins : 0,2 mm à 0,05 mm Sables grossiers : 0,2 mm à 2 mm Gravillons et graviers libres : 2 mm à 20 mm Cailloux : > à 20 mm
<u>Organisations de surface</u>		
Micro relief	hauteur (en cm)	Mesure in situ de l'amplitude moyenne
	obstruction	Notation in situ : 0 : pas d'obstruction, 1 : faible, l'obstacle est subparallèle à l'axe d'écoulement, 2 : moyen l'obstacle est à près de 45°, 3 : 45° > angle > 90°, 4 : angle = 90°
Algues et mousses	couvert	Notation in situ : 0 : absence, 1 : traces, 2 : près de 5%, 3 : près de 15%, 4 : > 30%
Activité mésofaunique	couvert	Notation in situ du couvert des constructions mésofauniques
	porosité	Notation in situ : 0 : absence 1 : type placage de termite, 2 : type turricule de vers, 3 : type fourmillières.
Gravillons enchassés	%	estimation visuelle in situ
Fentes	largeur	Notation in situ, 0 : absence, 1 : > 1 mm, 2 : > 1 mm et en réseau
Hydromorphie de surface	abondance de taches	Notation visuelle in situ 0 : absence, 1 : traces, 2 : taches de rouille peu nombreuses (5% de la surface), 3 : nombreuses (>5%). Ces taches se localisent généralement sur la face inférieure de la pellicule plasmique.
Prise en masse des sables	cohésion	Notation visuelle : 0 : absence, 1 : sables non pris en masse, 2 : sables pris en masse couvrant moins de 50 % de la

porosité (0-20 cm)	Notation visuelle, 0 : très poreux, 1 : assez poreux, 2 : peu poreux, 3 : très peu poreux.
hydromorphie (0-20 cm)	Notation visuelle d'après indices de couleurs et taches, 0 : absence, 1 : traces, 2 : quelques taches, 3 : nombreuses taches ou couleur bleutée.
classe de drainage	Notation synthétique d'après description du profil, perméabilités estimées comme 0 : très élevées, 1 : élevée, 2 : moyenne, 3 : assez faible, 4 : très faible, 5 : quasi nulle à saturation

#### DEFINITION DES SURFACES ELEMENTAIRES :

d'après la typologie de CASENAVE et VALENTIN.

#### SURFACE DE TYPE STRUCTURALE 3 : ST3.

Surface non cultivée présentant moins de 20 % de turricules de vers et moins de 40 % de charge grossière, couverte d'une pellicule structurale à trois micro-horizons (sable grossier lebre sur du sable fin pris en masse reposant sur une pellicule plasmique, à forte porosité vésiculaire).

Possibilité de variante en zone urbaine : variante sur sol à horizon à drainage limité,  $K_i$  de 5 à 15 %.

#### SURFACE DE TYPE GROSSIER : G.

Surface non cultivée présentant moins de 20 % de turricule de vers et plus de 40 % de charge grossière, les éléments grossiers étant enchâssés dans une pellicule à 3 micro-horizons (sable grossier, sable fin, pellicule plasmique).