

L'indice des précipitations antérieures

Évaluation de l'humectation des sols des bassins versants représentatifs

Pierre CHEVALLIER
Chargé de Recherches
Groupe HYPERBAV

RÉSUMÉ

Un modèle de l'indice de précipitation antérieures, développé par KOHLER et LINSLEY, est testé sur les bassins versants de la Mare d'Oursi. Une nouvelle méthode de simulation de pluie est proposée qui a été testée à l'aide des techniques de simulation de pluie. Elle est illustrée par un exemple d'utilisation sur les bassins versants de la Mare d'Oursi.

ABSTRACT : *Antecedent Precipitation Index. Estimation of soil moisture on representative catchments.*

First, KOHLER and LINSLEY have developed a soil moisture depletion model (API). A short list of different soil moisture index used by ORSTOM hydrologists is presented. A new one is developed of which accuracy has been proved by test with rainfall simulation methods. The case study is performed from Mare d'Oursi (Upper Volta) catchments data.

INTRODUCTION

L'étude des facteurs du ruissellement sur bassins versants représentatifs fait en général intervenir trois types de grandeurs :

- a) Les caractéristiques morphologiques et topographiques du bassin versant.
- b) Les caractéristiques des averses.
- c) L'état superficiel et interne du sol qui intercepte une averse donnée.

Les premiers paramètres sont déterminés une fois pour toutes et ne varient pratiquement plus. Les seconds sont séquentiels et à traiter cas par cas ou globalement par des méthodes statistiques. Les derniers sont évolutifs constamment et uniformément variables.

S'il est relativement aisé de mettre en place des appareils automatiques qui peuvent caractériser les averses, il est pratiquement impossible de mesurer en chaque point et à chaque instant l'humidité du sol et le niveau de la végétation. Il faut donc trouver des indices qui suivent le comportement global de l'humidité ou de la végétation sur l'ensemble du bassin versant.

Trois facteurs mesurables sont essentiellement employés pour approcher l'humidité des sols d'un bassin :

- a) Le temps de ressuyage entre chaque averse ; très simple à calculer, il ne fait malheureusement pas intervenir le volume des précipitations et donnera la même importance à une ondée passagère qu'à une tornade de mousson.
- b) Le débit de base du bassin est déjà plus proche de la réalité hydrodynamique des sols puisqu'il est la vidange du stock interne. Il a cependant une énorme inertie de réponse et il est très souvent inexistant en zones arides et subdésertiques. Enfin, il ne coïncide pas toujours avec le bassin versant hydrographique de surface.
- c) Les précipitations antérieures font l'objet de cet article.

Un rappel détaillé de la définition de l'indice des précipitations antérieures faite par LINSLEY et KOHLER nous a semblé nécessaire. Il apparaît en effet que l'indice d'humectation des études de bassin versant a souvent un mode de calcul variable et on ne sait pas toujours très bien ce qu'il recouvre. A ce propos, nous encourageons vivement l'emploi de la terminologie *indice des précipitations antérieures* (*antecedent precipitation index*) de préférence à *indice de Kohler* ou *indice de type Kohler*.

1. DÉFINITION DE L'INDICE DES PRÉCIPITATIONS ANTÉRIEURES

KOHLER et LINSLEY (1949 et 1951) définissent l'indice des précipitations antérieures sur les considérations suivantes (traduction libre) :

« L'indice communément utilisé jusque-là est du type :

$$API = b_1 P_1 + b_2 P_2 + \dots + b_i P_i + \dots + b_t P_t$$

où P_i est la hauteur de précipitation tombée i jours avant le jour où le calcul est fait ; b_i une constante qui peut être fonction du temps du type $b_i = 1/i$. Le nombre de termes de l'équation est décidé arbitrairement.

Si l'on cherche à calculer une valeur quotidienne de l'indice, il y a grand avantage à considérer que b_i décroît dans le temps (préalable à l'averse considérée) selon une loi exponentielle plutôt qu'inverse. Autrement dit, pendant les périodes sans précipitations :

$$API_t = API_0 k^t$$

où t est le nombre de jours entre API_t et l'indice initial API_0 . En posant $t = 1$,

$$API_1 = API_0 \cdot k$$

L'indice d'un jour est donc égal à l'indice du jour précédent multiplié par le facteur k . Si une pluie intervient, la hauteur de précipitation de cette pluie est rajoutée à l'indice (fig. 1).

Naturellement le ruissellement n'entre pas dans la composition de l'humidité résiduelle des sols du bassin ; il est donc évident qu'un indice des précipitations diminué des ruissellements antérieurs serait plus satisfaisant que la précipitation seule. Ce raffinement complique le calcul et n'est probablement pas justifié (...).

Théoriquement le facteur k doit être une fonction des caractéristiques physiques du bassin. Mais l'expérience montre qu'il prend des valeurs comprises entre 0,85 et 0,90 sur la plus grande partie de l'est et du centre des États.

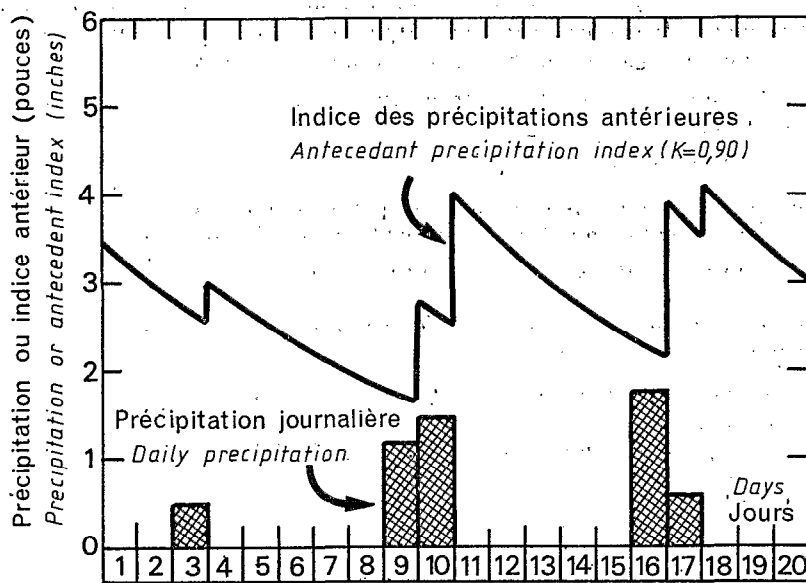
En pratique, il est habituel de commencer à calculer l'indice à la fin d'une période sèche (avant la première averse) avec une faible valeur de l'indice, ou deux à trois semaines avant la première averse avec une valeur égale à la moyenne des précipitations d'une décade de cette saison ».

2. QUELQUES INDICES UTILISÉS DANS DIVERSES ÉTUDES

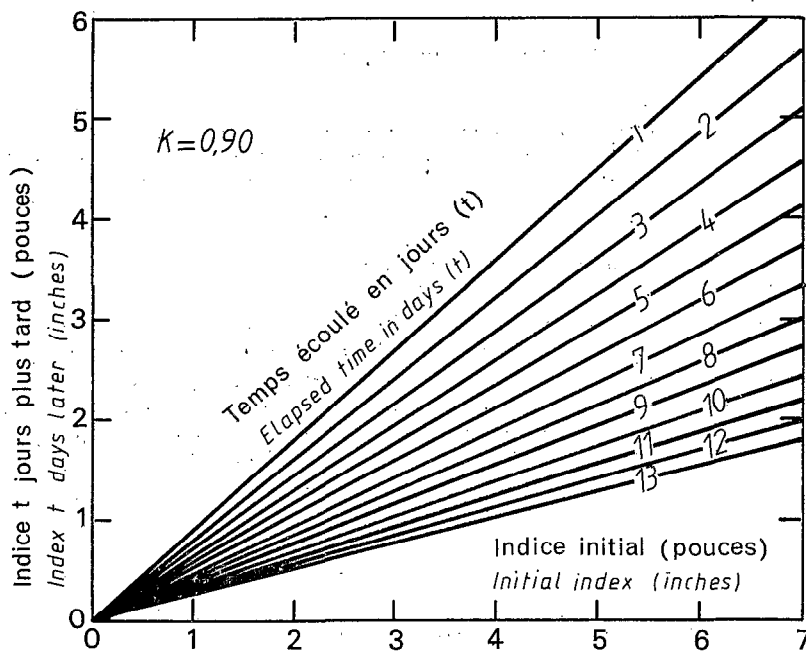
L'indice d'humidité revient souvent comme l'un des facteurs conditionnels du ruissellement dans les études des bassins versants représentatifs et expérimentaux de l'ORSTOM (on trouvera dans DUBREUIL et al., 1972, les données de base pour les bassins étudiés antérieurement à 1970 ; pour les études récentes on pourra consulter CAMUS et al., 1976, CASENAVE, 1978, MOLINIER, 1981 et LAFFORGUE, 1982). Il est presque toujours calculé à partir des précipitations antérieures, mais de nombreuses méthodes sont utilisées.

L'une d'elles est du type simple :

$$IH = \sum_{i=1}^t P_i/i$$



VARIATION DE L'INDICE ANTERIEUR AVEC LES PRECIPITATIONS JOURNALIERES
VARIATION OF ANTECEDENT INDEX WITH DAILY PRECIPITATION



GRAPHIQUE DE CALCUL DE L'INDICE DE PRECIPITATIONS ANTERIEURES
CHART FOR COMPUTING ANTECEDENT PRECIPITATION INDEX

Fig. 1. — Fac-similé des figures de définition de l'indice des précipitations antérieures par Linsley et Kohler, 1951

où i est le i ème jour précédant le jour où l'on calcule l'indice et t le nombre de jours limite du calcul qui peut varier de 4 à l'année pluviométrique complète. Il a en particulier été utilisé sur les bassins suivants (liste non exhaustive) :

Haute-Volta : Boulsa, Loumbila, Ouagadougou, Nabagale, Ansouri ($t = 4$), Manga ($t = 45$).

Mauritanie : Ghorfa ($t = 10$, la pluie est diminuée du ruissellement).

Tchad : Mayo Ligan, Bade, Mataon.

Brésil : Batateiras, Juatama, Quixabinha.

L'indice des précipitations antérieures tel qu'il est proposé par KOHLER et LINSLEY est employé également assez souvent ; il apparaît sous deux formulations (le i ème jour en l'absence de précipitation) :

$$API_i = API_0 k^i \quad \text{ou} \quad API_i = API_0 e^{-\alpha i}$$

Nous utilisons de préférence la seconde qui est équivalente à la première en faisant $\alpha = -\text{Ln } k$. On rappelle que k doit être positif, inférieur strictement à l'unité.

Cet indice a été utilisé sur les bassins suivants dans l'ordre des α croissants :

0,01 à 0,03	Sanguéré (Cameroun)
0,02 à 0,10	Sudène (Brésil) — pour les volumes totaux écoulés
0,06	Varalé (Côte d'Ivoire)
0,10	Sakassou (Côte d'Ivoire)
0,11 à 0,36	Sudène (Brésil) — pour l'étude des crues
0,16	Touboro (Cameroun)
0,18	Korhogo (Côte d'Ivoire)
0,18	Bam-Bam (Tchad) — pluie diminuée du ruissellement
0,20 à 0,30	Comba (Congo)
0,22	Mala (Gabon)
0,27	Avéa (Cameroun)
0,40	Nadjoundi (Togo)
0,69	Godola (Cameroun) — pluie diminuée du ruissellement
1,0 et 2,0	Lac Elia (Togo)

On remarque que dans certains cas la pluie journalière a été diminuée de la lame ruisselée, ce qui est tout à

$$IH = \Sigma (P_i - Lr_i) e^{-kt_i} + R'$$

où R' est la fraction de la différence entre la pluie moyenne et la pluie utile qui a précédé les intensités supérieures à un certain seuil (POUYAUD, 1969).

Pour la plupart de ces bassins étudiés à l'ORSTOM, l'indice calculé était un indice « quotidien » ; pour certains cependant, il a été tenu compte de façon plus précise du moment dans la journée où se produisait l'averse.

On note que les valeurs données par LINSLEY et KOHLER correspondent à un α qui varie de 0,11 à 0,16 pour le centre et l'est des Etats-Unis. Les chercheurs américains ont depuis lors développé les méthodes de calcul de l'indice des précipitations antérieures dans des objectifs plus agronomiques associés aux nouvelles perspectives apportées par la télédétection (études récentes de la NASA sur des bassins de l'Oklahoma : BLANCHARD, Mc FARLAND et al., 1981 ; ROSENTHAL, HARLAND, BLANCHARD, 1982).

3. ÉLÉMENTS APPORTÉS PAR LA SIMULATION DE PLUIE

Depuis 1977, une équipe d'hydrologues de l'ORSTOM utilise un nouvel appareillage pour tester l'aptitude au ruissellement des bassins versants représentatifs (CASENAVE, 1982 ; CASENAVE, GUIGUEN, SIMON, 1982 ; CHEVALLIER, 1982 ; ALBERGEL, TOURI, 1982 ; GIODA, 1983). Il s'agit d'un simulateur de pluie mis en place sur des parcelles d'un mètre carré choisies pour leur représentativité des sols du bassin versant étudié.

Pour chacune des parcelles, un protocole de succession d'averses est établi (CASENAVE, 1982). L'un des principaux paramètres que l'on fait varier est l'humectation du sol en opérant des temps d'arrêt plus ou moins longs entre chaque averse. Plusieurs types de mesures sont effectuées pour évaluer cette humectation :

- Prélèvement d'échantillons avec séchage et pesée ;
- Utilisation de sondes neutroniques ;
- Utilisation d'un humidimètre à chocs thermiques (POUYAUD, CHEVALLIER, VALENTIN, 1980).

Chacune de ces mesures faites directement sur la parcelle d'expérimentation a des inconvénients qui les rendent peu fiables. On leur a donc préféré un *indice des précipitations antérieures* calculé selon l'expression :

$$IK_n = (IK_{n-1} + P_{n-1}) e^{-\alpha\theta}$$

où IK_n , indice d'humectation immédiatement avant l'averse n

P_{n-1} , hauteur de l'averse de rang $(n - 1)$, en mm

θ , temps séparant la fin de la pluie $(n - 1)$ du début de la pluie n , calculé en jours et fraction de jour, à 5 m près

α , coefficient de calage.

On a $IK = 0$ au début de la première averse du protocole.

Après divers essais, un coefficient unique α a été adopté pour tous les bassins testés en Côte d'Ivoire (Agbeby, Ifou, Amitioro 1 et 2, Nion 1 et 2, Loué, Manso, Tai 1, 2 et 3, Waraniéné-Korhogo), en Haute-Volta (Polaka, Jalafanka, Binnde, Kazanga, Kuo), au Cameroun (Ottotomo) et au Congo (Comba). Ce coefficient unique prend

études. Ce coefficient unique de 0,5 semble convenir sans trop de problèmes pour des bassins extrêmement différents. Sans pouvoir faire, faute de méthode appropriée, d'analyse formelle, deux remarques peuvent justifier l'adéquation de ce coefficient à différents types de bassins.

3.1. REMARQUE SUR LE MODE DE CALCUL

La grande différence entre l'indice IK calculé pour la simulation de pluie et l'indice API utilisé jusque-là pour l'étude des bassins versants représentatifs et expérimentaux réside dans son mode de calcul.

API est calculé pas à pas, dans la plupart des cas, par itération sur les jours, et s'il se produit plusieurs averses successives, elles ne sont pas différenciées. IK est calculé en continu au début de chaque averse par itération sur les averses. L'indice API ne tient donc pas compte du régime global des précipitations, ni de leur forme. En effet, ni le nombre, ni la durée, ni la fréquence des averses n'entrent dans la formule quotidienne de calcul. Dans l'indice IK , au contraire, chaque averse est individualisée, ce qui lui confère une signification différente.

Exemple :

Soit la succession d'averses suivantes (poste de Yopougon-Gare, région d'Abidjan, Côte d'Ivoire, juin 1983).

Jour	h/mn début	h/mn fin	Hauteur (mm)	IK	API
12	13,48	14,27	4,1	40,0	40,0
13	00,06	01,50	17,1	36,1	26,7
13	04,40	04,58	2,1	50,1	
13	06,25	06,38	4,6	50,7	
14	21,12	21,25	1,7	24,7	30,7
15	01,51	02,51	0,5	24,1	19,6
15	13,32	14,32	0,5	19,7	
15	16,13	19,50	7,6	19,5	
20	06,28	07,42	18,2	2,9	2,3
20	09,25	10,29	1,9	20,4	

L'indice API ($\alpha = 0,5$) est calculé pour chaque jour par la méthode de Kohler et Linsley et l'indice IK est calculé au début de chaque averse selon la formule proposée pour la simulation de pluie. On suppose que $IK = 40$ le 12 à 13 h 48 et que $API = 40$ pour la journée du 12.

Il n'est pas nécessaire de commenter longuement ce tableau pour s'apercevoir de la meilleure adéquation de IK. Une remarque parmi d'autres suffira ; la deuxième averse du 20 juin intervient selon IK sur un sol déjà humide alors que selon API il est donné comme sec. On se doute bien alors que l'interprétation d'un éventuel ruissellement sera différente dans l'un et l'autre cas.

Cette amélioration dans le mode de calcul peut en partie expliquer le fait qu'il soit nécessaire de jouer sur la valeur de α dans le calcul de API pour avoir une correction de régime pluviométrique, ce qui n'est plus le cas avec la nouvel indice proposé.

3.2. REMARQUE SUR L'ANALOGIE PHYSIQUE DE LA FORMULE

Considérons un réservoir qui est muni d'un ajutage tel que sa loi de vidange soit exponentielle. Périodiquement ce réservoir est rempli par des volumes d'eau variables. A chaque instant, le volume d'eau contenu dans le réservoir se trouvera exprimé par :

$$v(t) = \sum_{i=1}^{\infty} V_i e^{-\alpha(t-t(i))}$$

où V_i , volume du i ème remplissage précédant l'instant t (en mm) et $t(i)$, instant de la fin de ce i ème remplissage.

En négligeant la durée des remplissages considérée comme courte devant les durées de vidange, on montre que le volume immédiatement avant le n ème remplissage s'écrit :

$$v_n = (v_{n-1} + V_{n-1}) e^{-\alpha\theta}$$

où v_{n-1} , volume du réservoir avant le remplissage ($n - 1$)

V_{n-1} , volume du remplissage ($n - 1$)

θ , temps séparant la fin du remplissage ($n - 1$) du début du remplissage n .

Cette expression est bien sûr identique à celle de l'indice des précipitations antérieures.

Cette analogie est à l'origine du mode de calcul de IK. Il est en effet classique de considérer le sol comme un réservoir dont le stock varie en fonction de divers paramètres. Gardons-nous cependant de pousser trop loin la similitude. L'indice des précipitations antérieures est calculé à partir des hauteurs de pluie et non des lames infiltrées qui sont beaucoup plus difficilement mesurables et dont on ne dispose pas toujours ; il faut également tenir compte de la grande complexité de l'organisation de la structure du sol, non seulement verticale, mais également horizontale, qui interdit une simplification excessive.

En réalité toutes les campagnes de simulation de pluie réalisées depuis 1975 et en particulier les travaux de COLLINET et VALENTIN (1979, 1980, 1983) ont montré que ce sont les tout premiers centimètres du sol qui influencent le plus les conditions d'infiltration et de ruissellement. Or, il est courant d'établir les cinétiques de ressuyage des horizons superficiels. Ces cinétiques se décomposent en général en deux tronçons de décroissance exponentielle. Le premier, rapide, correspond à l'infiltration forcée des zones saturées et à la reprise évaporatoire immédiate et ne dure pas plus d'une ou deux heures, et le second nettement plus lent. Il est alors intéressant de rapprocher l'allure de cette cinétique avec la décroissance de IK.

4. EXEMPLE DES BASSINS VERSANTS DE LA MARE D'OURSIS

L'indice tel qu'il est proposé pour la simulation de pluie a été calculé et appliqué sur les bassins versants de la Mare d'Oursis en Haute-Volta (CHEVALLIER, CLAUDE, POUYAUD) avec succès.

A l'échelle du bassin versant, l'indice est calculé à partir des données pluviographiques. Toutes les averses sont regroupées et les hauteurs moyennes individuelles sont estimées. Ces hauteurs moyennes permettent de construire l'indice de précipitations antérieures à chaque poste pluviographique à partir des horaires du poste. L'indice final adopté pour le bassin est la moyenne des indices établis pour chaque averse à chaque poste.

Les cinétiques de ressuyage des sols en surface établies pour onze parcelles de simulation de pluie sur les bassins de Polaka et de Jalafanka (CHEVALLIER, 1982) ont des vitesses de décroissance exponentielle de coefficient α compris entre 0,19 et 0,67. Sans vouloir présumer de la représentativité globale de ces parcelles pour les sept bassins de la Mare d'Oursi, il est remarquable que ces chiffres encadrent bien la valeur de 0,5 adoptée pour le calcul de l'indice des précipitations antérieures.

Des méthodes d'analyse statistique multidimensionnelle permettent de décrire les crues et de rechercher les facteurs conditionnels du ruissellement. Cette analyse descriptive se fait à partir d'un tableau contenant les variables suivantes pour décrire les crues qui constituent l'échantillon d'analyse :

- la hauteur moyenne de précipitation, P_m ;
- la hauteur de précipitation tombée avec une intensité supérieure à 20 mm/h, P_{20} ;
- la lame ruisselée, L_r ;
- l'intensité maximale de l'averse en 5 mn, I_{mx} ;
- l'indice d'humectation des sols, IK ;
- l'indice de végétation.

4.1. L'INDICE DE VÉGÉTATION

En région sahélienne, il existe une relation étroite entre le degré d'évolution de la strate herbacée et le régime des précipitations. En utilisant un indice des précipitations antérieures avec une série de données de biomasse verte de très près les mesures de biomasse verte effectuées sur un pignon à accumulation sabreuse et dans un bas fond hydromorphe (Communication personnelle, GROUZIS, 1983). La similitude de comportement est frappante (fig. 2).

Il ne faut cependant pas généraliser cette méthode qui reste un cas particulier de la situation écologique sahélienne.

4.2. ANALYSE DESCRIPTIVE

4.2.1. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales consiste à opérer un changement des variables décrivant l'individu étudié (ici la crue) en un nouveau système de variables (les facteurs principaux) intégrant les interdépendances des variables originales.

Cette analyse a été faite pour les six bassins représentatifs et pour l'ensemble. Le tableau suivant montre que les variables se retrouvent projetées sur les trois premiers axes principaux de façons très comparables d'un bassin à l'autre. Les valeurs entre parenthèses sont les coefficients de corrélation entre la variable et le facteur principal.

L'axe principal 1 regroupe la pluie moyenne, la lame ruisselée, la pluie supérieure à 20 mm/h et, éventuellement, l'intensité maximale de précipitation. Le premier facteur principal caractérise donc la précipitation qui est à l'origine de la crue.

L'axe principal 2 regroupe les indices d'humectation et de végétation. Le second facteur est donc caractéristique de l'état de surface du sol du bassin.

Enfin l'axe principal 3 correspond dans certains cas à l'intensité maximale de précipitation (notamment sur Outardes, Jalafanka et Kolel).

4.2.2. Régressions linéaires multiples

Une autre approche de l'analyse descriptive consiste à privilégier la lame ruisselée (L_r) et à tenter de l'expliquer à partir des autres variables. Nous n'utilisons plus ici la variable IV ; elle est en effet fortement liée à IK et intervient généralement à contresens de IK .

Il n'est pas certain que les meilleures relations entre variables soient décrites par des liaisons linéaires, mais l'ajustement de régressions linéaires multiples a pour mérite de faire intervenir les différentes variables sous des formes très simples.

Au cours de la régression est opérée une sélection successive des variables. C'est-à-dire qu'à chaque étape la

Bassin	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Outardes (16,5 km ²)	Pm (0,89) Lr (0,89) P20 (0,90)	IK (0,86) IV (0,70)	Imx (0,83)
Polaka (9,14 km ²)	Pm (0,88) Lr (0,82) Imx (0,86) P20 (0,93)	IK (0,83) IV (0,80)	
Tchalol (9,28 km ²)	Pm (0,90) Lr (0,89) Imx (0,86) P20 (0,92)	IK (0,83) IV (0,85)	
Jalafanka (0,809 km ²)	Pm (0,93) Imx (0,73) Lr (0,87) P20 (0,96)	IK (0,83) IV (0,88)	Imx (0,62)
Kolel (1,05 km ²)	Pm (0,88) Lr (0,89) P20 (0,96)	IK (0,75) IV (0,80)	Imx (0,65)
Gountouré (24,6 km ²)	Pm (0,85) Lr (0,95) P20 (0,90) Imx (0,82)	IK (0,95) IV (0,93)	
Ensemble	Pm (0,89) Lr (0,79) Imx (0,75) P20 (0,94)	IK (0,86) IV (0,86)	Imx (0,59)

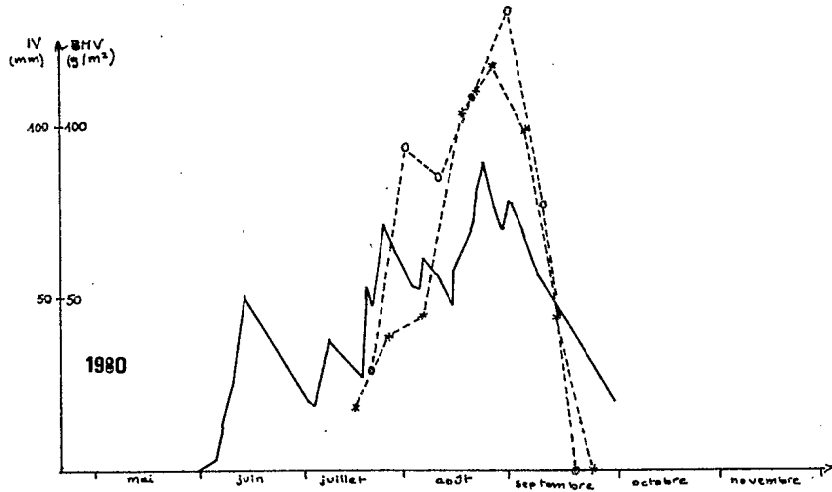
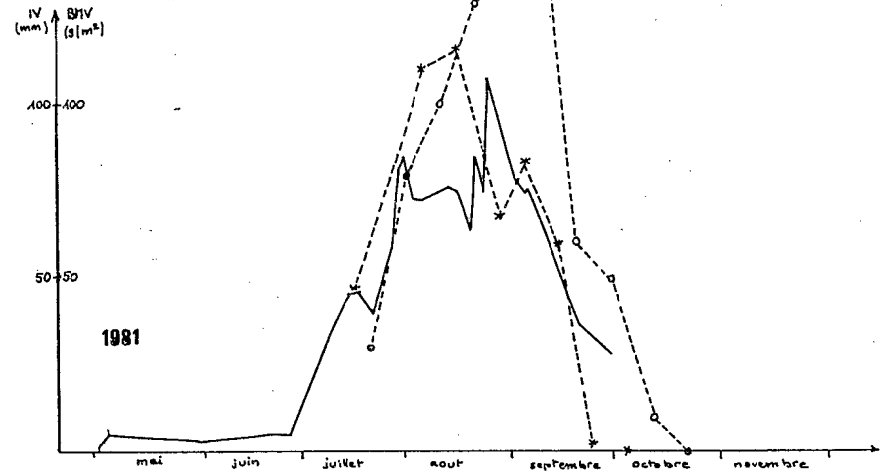
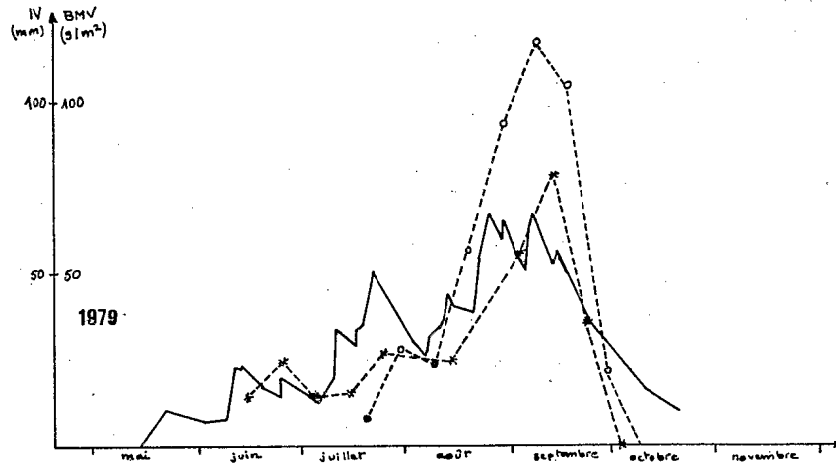
variable dont le seuil de signification de son coefficient de corrélation partielle est minimum est éliminée. La sélection s'arrête lorsque les seuils sont supérieurs à une certaine limite.

Pour chacun des bassins on obtient les corrélations suivantes :

- Outardes $Lr = 0,398 P20 + 0,354 IK - 2,54$
avec $R = 0,83$
- Polaka $Lr = 0,236 Pm + 0,056 Imx + 0,085 IK - 4,47$
avec $R = 0,85$
- Tchalol $Lr = 0,429 Pm + 0,711 Imx + 0,105 IK - 5,93$
avec $R = 0,89$
- Jalafanka $Lr = 0,508 P20 + 0,215 IK + 0,85$
avec $R = 0,83$
- Kolel $Lr = 0,332 P20 - 2,081$
avec $R = 0,85$
- Gountouré $Lr = 0,626 Pm + 0,162 Imx + 0,266 IK - 15,4$
avec $R = 0,94$.

OUTARDES

JALAFANKA



— indice IV
 ○- - - - BMV Kolel
 * - - - * BMV Winda Tukuli

Fig. 2. — Comparaison entre la biomasse verte mesurée sur deux sites et l'indice de végétation

On note que les résultats de l'analyse en composantes principales sont confirmés : la lame ruisselée peut être décrite par trois variables au plus :

- P_m ou P₂₀
- Imx
- IK

4.2.3. Conclusion sur l'exemple

Il apparaît sur cet exemple des bassins versants représentatifs de la Mare d'Oursi que l'indice IK des précipitations antérieures représente bien un facteur du ruissellement d'une part, et que, d'autre part, ce facteur peut être considéré comme caractéristique de l'état de surface (sol, végétation) du bassin considéré.

5. CONCLUSION

S'il n'a pas d'autre signification physique qu'une analogie avec un réservoir qui se vidange et se remplit périodiquement, l'indice des précipitations antérieures apparaît comme une grandeur commode pour représenter l'état de surface des sols dans l'étude des bassins versants représentatifs et expérimentaux

des bassins très différents avec le simulateur de pluie confirment cette proposition.

Une étude détaillée faisant intervenir une analyse fine de l'hydrodynamique superficielle et interne est prévue dans le cadre du programme HYPERBAV (hydro-pédologique de recherche sur bassin versant) qui débute en 1984 dans le nord-ouest de la Côte d'Ivoire.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL (J.) et TOURI (H.) - 1982 - Un nouvel outil pour estimer le ruissellement sur un petit bassin versant : le minisimulateur de pluie. Expérimentation sur le bassin de Binnde. Rapport d'élève. *ORSTOM*, Ouagadougou. Multigr., 1 t. texte + 1 t. ann.
- BLANCHARD (B. J.), MAC FARLAND (M. J.), SCHMUGGE (T. J.) et RHOADES (E.) - 1981 - Estimation of soil moisture with API algorithms and microwave emission. *Wat. Res. Bull.*, vol. 17, n° 5, pp. 767-774, 9 figures.
- CAMUS (H.), CHAPERON (P.), GIRARD (G.) et MOLINIER (M.) - 1976 - Analyse et modélisation de l'écoulement superficiel d'un bassin tropical. Influence de la mise en culture. Côte d'Ivoire. Korhogo, 1962-1972. *Travaux et documents de l'ORSTOM*, n° 52. Paris.
- CASENAVE (A.) - 1978 - Etude hydrologique des bassins de Sanguéré. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XV, n°s 1-2, 1978.
- CASENAVE (A.) - 1982 - Le minisimulateur de pluie : conditions d'utilisation et principe de l'interprétation des mesures. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XIX, n° 4, 1982.
- CASENAVE (A.), GUIGUEN (N.) et SIMON (J. M.) - 1982 - Etude des crues décennales des petits bassins forestiers en Afrique tropicale. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XIX, n° 4, 1982.
- CHEVALLIER (P.) - 1982 - Simulation de pluie sur deux bassins versants sahéliens (Mare d'Oursi - Haute-Volta). *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XIX, n° 4, 1982.
- CHEVALLIER (P.), CLAUDE (J.) et POUYAUD (B.) - en préparation - Etude hydrologique de la Mare d'Oursi (Haute-Volta). 1976-1981.
- COLLINET (J.) - 1983 - Hydrodynamique superficielle et érosion comparées des sols représentatifs des sites forestiers et cultivés de la station écologique de Tai (sud-ouest ivoirien). *ORSTOM*, Adiopodoumé. Multigr.

- COLLINET (J.) et VALENTIN (C.) – 1979 – Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XVII, n° 4, 1979.
- COLLINET (J.) et VALENTIN (C.) – 1980 – Effet de l'intensité de pluie et de l'hétérogénéité de surface du sol sur l'infiltration à régime constant. *DGRST, ORSTOM, Adiopodoumé*. Multigr.
- DUBREUIL (P.), CHAPERON (P.), GUISCAFRE (J.) et HERBAUD (J.) – 1972 – *Recueil des données de base des bassins versants représentatifs et expérimentaux de l'ORSTOM. Années 1951-1969*. ORSTOM, Paris, 916 pages.
- GIODA (A.) – 1983 – Etude du rapport pluie-débit sur un petit bassin de savane à l'aide d'un infiltromètre à aspersion (Korhogo — Côte d'Ivoire). Rapport d'élève, *ORSTOM, Adiopodoumé*. Multigr.
- KOHLER (M. A.) et LINSLEY (R. K.) – 1951 – Predicting the runoff from storm rainfall. Weather Bureau, U.S. Dep. of Commerce. *Research Paper*, n° 34, Washington, 9 pages, 7 figures.
- LAFFORGUE (A.) – 1977 – Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles. Application à une exploitation méthodique des données obtenues sous pluies simulées. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XIV, n° 4, 1977.
- LAFFORGUE (A.) – 1982 – Etude hydrologique des bassins de Sakassou (Côte d'Ivoire). 1972-1977. *Travaux et documents de l'ORSTOM*, n° 149, Paris.
- MOLINIER (M.) – 1981 – Etude hydrologique des bassins de la Comba (Congo). *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XVIII, nos 2-3, 1981.
- POUYAUD (B.) – 1969 – Bassins versants de Miélékouka. Régimes des rivières de la route du cacao. *ORSTOM, Brazzaville*. Multigr.
- POUYAUD (B.), CHEVALLIER (P.) et VALENTIN (C.) – 1980 – Notice d'utilisation de l'humidimètre à chocs thermiques construit par R. Fron. *ORSTOM, Adiopodoumé*. Multigr., 16 pages.
- ROSENTHAL (W. D.), HARLAN (J. C.) et BLANCHARD (B. J.) – 1982 – Case study : estimating antecedent precipitation