



MICROFICHE N°

03139

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية

وزارة الزراعة

المركز القومي

للتوثيق الفلاحي

تونس

F 1

DIVISION DES RESSOURCES EN EAU

IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT DE L'EAU SUR LE
RÉGIME HYDROLOGIQUE AVEC RÉFÉRENCE
PARTICULIÈRE AUX ÉTUDES SUR LES BASSINS
REPRÉSENTATIFS & REPRÉSENTATIFS

JULIEN 1980

M. FORT

ROYAUME DU CAMBODGE
 MINISTRE DE L'AGRICULTURE
 DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
 ET EN SOL
 DIVISION DES RESSOURCES EN EAU
 ARRONDISSEMENT DE SAKON

II ETUDE DE L'INFLUENCE DE L'ENNEA SUR LE
REGIME HYDROLOGIQUE AVEC REFERENCE
PARTICULIERE AUX ETUDES SUR LES REGIME
HYDROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES
RENNES (21 AU 25 JUIN 1980)

II O R N A I R E

1/ - Organisation et objectifs du symposium

2/ - Programme

3/ - Communications

3-1 - Conséquences quantitatives et qualitatives de l'influence de l'homme

3-1-1 - Méthodologie pour l'évaluation des effets de l'influence de l'homme.

3-1-2 - Effets de l'urbanisation

3-1-3 - Effets des pratiques sylvicoles

3-1-4 - Effets de l'agriculture

3-1-5 - Effets des travaux de génie civil

3-1-6 - Effets sur la qualité de l'eau.

3-2 - Extrapolation des résultats des bassins représentatifs et expérimentaux.

3-2-1 - Relation entre les paramètres des modèles et les facteurs physiographiques et climatologiques.

3-2-2 - Régionalisation et extrapolation des résultats des D.R. à des bassins non jaugés.

3-2-3 - Utilisation des modèles établis sur la base des D.R. et D.R.E. pour la planification et les gérations des ressources en eau.

4/ - Communication : model of surface runoff in small basins in south Tunisia.

1/ - ORGANISATION ET OBJECTIF DU SYMPOSIUM

(Lors de sa deuxième session, en Juin 1977 le conseil Intergouvernemental du PHE a demandé à l'UNESCO de convoquer un colloque sur l'évaluation des modifications quantitatives du régime hydrologique des bassins fluviaux dues aux activités humaines, qui porterait également sur le thème du projet 45 du PHE "Technique d'extrapolation permettant d'appliquer des données relatives aux bassins représentatifs et expérimentaux à des grands bassins, en ce qui concerne plus particulièrement les conséquences des activités de l'homme sur les processus hydrologiques et hydrogéologiques et sur l'environnement".

Répondant à l'aimable invitation du gouvernement Finlandais, l'UNESCO a décidé d'organiser ce colloque à HESINKI, du 23 au 26 Juin 1980, conjointement avec l'A.I.S.H. et en coopération avec le Comité National Finlandais pour le PHE et le conseil national Finlandais des eaux. Les thèmes suivants ont été examinés au cours du colloque :

Thème 1 : Conséquences quantitatives et qualitatives de l'influence de l'homme.

- 1-1 - Méthodologie pour l'évaluation des effets de l'influence de l'homme
- 1-2 - Effets de l'urbanisation
- 1-3 - Effets des pratiques sylvicoles
- 1-4 - Effets de l'Agriculture
- 1-5 - Effets des travaux de génie civil
- 1-6 - Effets sur la qualité de l'eau.

Thème 2 : Extrapolation des résultats des bassins représentatifs et expérimentaux.

- 2-1 - Relation entre les paramètres des modèles et les facteurs physiographiques et climatologiques.
- 2-2 - Régionalisation et extrapolation des résultats des bassins représentatifs à des bassins non jaugés.
- 2-3 - Utilisation des modèles établis sur la base des bassins représentatifs et expérimentaux pour la planification et la gestion des ressources en eau).*

2/ - PROGRAMME

Dimanche 22 JUIN 1980 : de 17H00 à 19H00 enregistrement des participants.
Lundi 23 JUIN 1980 : de 8H00 à 9H45 enregistrement des participants.
de 10H00 à 11H00 séance d'ouverture présidée par le
Professeur S. MUSTONEN (FINLANDE)
de 12H00 à 17H00 : matière 1-3

.../...

* Préface de l'acte du colloque.

Président Prof. HAKURAINEN (FINLANDE) Reporteur Dr. D. GOLDING (CANADA)

Mardi 24 JUIN 1980 :

De 0815 à 0930 : Matière 1-1- Président Dr. J. DOUGLAS (U.S.A.)
Reporteur Dr. V.V. KUPRIANOV (U.R.S.S.)

De 0930 à 1100 : Matière 1-2- Président H.J. LIEBSCHER (R.F.A.)
Reporteur Dr. G. LOJUN (SUÈDE)

De 12H30 à 14H30 : Matière 1-4- Président Dr. J. RODIER (FRANCE)
Reporteur D.E. WALLING (U.K.)

De 15H00 à 17H00 : Matière 1-5- Président Dr. S. CHAKRA (INDE)
Reporteur O.R.G. NOVACE (ROMÉNIE)

Mercredi 25 JUIN 1980 :

De 0815 à 11H00 : Matière 1-6- Président Dr. L. OTZMANDE (NIGÉRIA)
Reporteur Dr. WARTIOVAARA (FINLANDE)

De 12H30 à 14H30 : Matière 2-1- Président Dr. H. COLIN BRANDE (PAYS BAS)
Reporteur général Dr. A. HECKER (R.F.A.)

De 15H00 à 17H00 : Matière 1-2- Président Dr. M. FALKENMARK (SUÈDE)
Reporteur général Dr. J. BALEK (TCHÉCOSLO-
VAQUIE).

Jeudi 26 JUIN 1980 :

De 0815 à 11H00 : Matière 2-3- Président Prof. G. GOLUBEV (U.R.S.S.)
Reporteur général* Dr. M.H. BISKIN (ISRAËL)

De 15H00 à 17H00 : Discussions générales.

Deux tournées d'étude ont été organisées à la suite du séminaire : la 1ère le 27 et le 28 Juin 1980 au Sud Ouest de la FINLANDE où un chantier de construction d'un canal dans les roches pour l'alimentation en eau de la région de HELSINKI, un essai de recouvrement artificielle des nappes et un bassin représentatif couvert de forêt ont été visités.

La deuxième du 27 au 29 Juin 1980 au LAPLAND (Nord de la Finlande) comporte la visite d'une installation hydroélectrique sur la rivière KEMUNJOKI, d'une station d'expérimentation forestière, de l'observatoire géophysique de TASTELA et d'un chantier de défrichement du lac Inari.

.../...

* Celui-ci a été remplacé par un participant Finlandais au cours de la séance.

compara les se rapportant à l'effet de l'activité humaine.

Dans le cas d'un seul bassin il est très important d'avoir une bonne période de mesures détaillées avant le traitement de telle façon que les relations entre l'écoulement et les facteurs le déterminant soient établies. La crédibilité de ces relations détermine la précision des résultats obtenus. Cependant le problème de sélection de la période d'étalonnage et d'observation demande à être mieux étudiée.

Le problème de la période d'observation après le traitement reste aussi très pourvement développé. Le désir naturel d'obtenir des résultats le plus tôt possible avec le plus faible prix possible mène souvent à des conclusions defectueuses ou erronées.

Ceci est dû au fait que lors que quelques terrains sont cultivés la formation du régime de l'eau est un processus à long terme et par conséquent toute cette période doit être couverte par des mesures.

La méthode d'expérimentation active s'accompagne toujours d'un problème éternel : "Comment passer des résultats obtenus sur des petits bassins à des résultats sur des bassins beaucoup plus grands".

C'est souvent le cas quand l'active expérimentation ne finit pas en soit même et il est rapportée à des surfaces où les changements fondamentaux se produisent sur des grandes surfaces.

Les données des études détaillées du régime hydrologique sur des bassins expérimentaux servent comme base pour établir un modèle mathématique de la formation de l'écoulement.

Les modèles mathématiques sont très simples à utiliser pour évaluer les changements anthropogéniques affectant le régime de l'écoulement. Les modèles de la formation de l'écoulement dans des conditions naturelles existantes sont utilisés.

Le modèle choisi est ajusté avec des observations sur le régime avant l'intervention de l'homme. À partir des données climatiques et de l'écoulement à l'extérieur on peut déterminer les principaux coefficients et paramètres. Ces paramètres sont appliqués plus tard pour la reconstitution de l'écoulement des années de l'activité humaine sur le bassin étudié développé. L'effet des facteurs anthropogéniques est évalué à partir de la différence entre les valeurs reconstituées (calculées par le modèle) et les valeurs observées.

compara les se rapportant à l'effet de l'activité humaine.

Dans le cas d'un seul bassin il est très important d'avoir une bonne période de mesures détaillées avant le traitement de telle façon que les relations entre l'écoulement et les facteurs le déterminant soient établies. La crédibilité de ces relations détermine la précision des résultats obtenus. Cependant le problème de sélection de la période d'étalonnage et d'observations demande à être mieux étudiée.

Le problème de la période d'observation après le traitement reste aussi très pourrécement développé. Le désir naturel d'obtenir des résultats le plus tôt possible avec le plus faible prix possible amèvent souvent à des conclusions defectueuses ou erronées.

Ceci est dû au fait que lors que quelques terrains sont cultivés la formation du régime de l'eau est un processus à long terme et par conséquent toute cette période doit être couverte par des mesures.

La méthode d'expérimentation active s'accompagne toujours d'un problème éternel : "Comment passer des résultats obtenus sur des petits bassins à des résultats sur des bassins beaucoup plus grands".

C'est souvent le cas quand l'active expérimentation ne finit pas en soit même et il est rapportée à des surfaces où les changements fondamentaux se produisent sur des grandes surfaces.

Les données des études détaillées du régime hydrologique sur des bassins expérimentaux servent comme base pour établir un modèle mathématique de la formation de l'écoulement.

- Les modèles mathématiques sont très simples à utiliser pour évaluer les changements anthropogéniques affectants le régime de l'écoulement. Les modèles de la formation de l'écoulement dans les conditions naturelles existantes sont utilisés.

Le modèle choisi est ajusté avec des observations sur le régime avant l'intervention de l'homme à partir des données climatologiques et de l'écoulement à l'exutoire ce qui permet de déterminer les principaux coefficients et paramètres. Ces paramètres sont appliqués plus tard pour la reconstitution de l'écoulement des années où l'activité humaine sur le bassin était développée. L'effet des facteurs anthropogéniques est évalué à partir de la différence entre les valeurs reconstituées (calculées par le modèle) et les valeurs observées.

.../...

La crédibilité des conclusions faites à partir des modèles mathématiques dans une large mesure dépend de la manière de calibrage du modèle.

Pour évaluer quantitativement l'effet d'un type individuel des activités de l'homme sur le bilan d'eau, sur l'écoulement annuel et saisonnier, pour les grands bassins en particulier les méthodes du bilan de l'eau ont été extensivement utilisées durant les années récentes ; Elles sont basées sur des essais de la dynamique des différentes composantes du bilan de l'eau sur des bassins et sur les cours d'eau où des changements naturels directs se produisent.

Dans le cas des grands bassins l'utilisation des méthodes du bilan d'eau devient plus efficace à l'aide des modèles mathématiques de formation de l'écoulement pour décrire les changements sur l'écoulement en fonction de la variation des facteurs météorologiques et du développement de l'activité humaine.

En pratique, les changements anthropogéniques des caractéristiques hydrologiques des bassins (petits et grands) sont souvent évalués, quand les données expérimentales sont insuffisantes et les observations hydrologiques et climatologiques sur le réseau sont seulement crédibles pour la période où les changements fondamentaux causés par l'activité humaine sur le bassin se produisent, par les méthodes suivantes : analyse statistique d'une série d'écoulement-temps ; Analogie avec les bassins de contrôle. Reconstitution de l'écoulement naturel au moyen des principaux facteurs le déterminant qui ne sont pas affectés par l'activité humaine.

Pour évaluer l'effet de l'activité humaine la reconstitution des caractéristiques hydrologiques naturelles se fait au moyen de celles des bassins analogues ou des prétendus bassins de contrôle avec un régime non trouble c'est à dire des bassins représentatifs avec une longue série d'observation. Une simple corrélation est alors appliquée pour la reconstitution ; Quand cette méthode est appliquée une période d'observation simultanée est justement essentielle recouvrant la période avant l'intervention de l'homme.

La crédibilité et la précision de cette méthode dépend complètement du propre choix du bassin analogue, qui est plutôt compliqué pour les bassins montagneux en particulier pour lesquels un considérable asynchronisme au niveau des variations à long terme de l'écoulement peut être observé également dans les bassins adjacents.

La méthode d'analogie est largement appliquée pour évaluer des changements de l'écoulement sur des bassins de petites et moyennes tailles affectée par le défrichement, le reboisement agricole, l'urbanisation, etc

3-1-2 - Effet de l'urbanisation

La croissance rapide de la population urbaine dans le monde au cours des soixantaines a accentué le problème de disponibilité des ressources hydrologiques valables. Dans le cadre des activités de l'UNESCO PHU, en ce qui concerne l'influence de l'homme sur le régime hydrologique, sensibilisées par ce problème à un stade précoce, un sous groupe d'étude de l'effet de l'urbanisation sur le régime hydrologique a été formé en 1971. Plusieurs réunions ont été organisées depuis.

La première, celle de VARSOVIE en 1973 a remarqué l'insuffisance du développement des recherches dans ce domaine et la nécessité de développer la connaissance sur l'effet de l'urbanisation sur les régimes hydrologiques dans le maximum de pays.

Elle a conclu aussi, que sur le manque de connaissances propres de plusieurs problèmes de l'hydrologie urbaine, les méthodes pratiquées dans le domaine de l'hydrologie non urbaine peuvent être utilisées.

Plusieurs communications dans les réunions qui ont suivi celle de VARSOVIE ont porté sur les modèles mathématiques, les conditions socio-économiques, les grands gaspillages les modèles de planification etc Cependant la nécessité d'avoir des bassins expérimentaux se sent de plus en plus.

La contribution de 12 pays sélectionnés au thème "Modélisation de l'hydrologie urbaine et besoins de recherche" a été publiée dans deux rapports portant le même titre "Research on urban hydrology" en 1977 - 1978 par l'UNESCO.

Les problèmes sont principalement les mêmes dans tous les pays avec des différences régionales : Trois principaux domaines intéressants le processus de l'hydrologie urbaine sont à appuyer. Il s'agit :

- Des paramètres influençant le processus hydrologique urbain. C'est l'étude du mécanisme des pluies et son importance de décision sur quelques caractéristiques. L'utilisation de pluie représentative dans les modèles mathématiques se rapportant au processus pluie-écoulement.

- Des phénomènes qui se produisent sur les surfaces urbaines, du point de vue hydrologique. Il s'agit ici de quelques problèmes tel que l'utilisation des eaux des crues pour l'alimentation des nappes souterraines, la construction de réservoirs, les fuites, la pollution des eaux de crue lors de leur passage sur les espaces urbains.
- Les volumes qui peuvent être utilisés après traitement (dans plusieurs cas les eaux de crue sont plus ou moins traitées). Ce qui pose dans les unités receptrices (lacs, rivières) un problème sévère de pollution. A tous ces problèmes de l'eau urbaine, il faut ajouter la pollution des eaux souterraines dues aux activités humaines.

De ce qui vient d'être rappelé et des quatre communications présentées au cours de séminaire de HELSINKI, portant sur ce thème nous pouvons conclure que :

- L'hydrologie urbaine se présente aujourd'hui comme une branche très active de la recherche en hydrologie.
- Les recherches dans le domaine de l'hydrologie urbaine ont atteint un stade où plusieurs connaissances scientifiques peuvent être utilisées en pratique dans la société.

Enfin, s'il est très tôt pour dire que tous les problèmes sont déjà résolus par les scientifiques nous pouvons prétendre que la dernière décennie (1970 - 1980) a été fertile pour l'activité de l'OMC dans le domaine de l'influence de l'homme sur le cycle hydrologique.

3-1-3 - Effet de la sylviculture :

Les 16 communications présentées se rapportent aux débits et aux dénivellements à la qualité chimique de l'eau, à l'interception, à l'accumulation de neige et au drainage. Plusieurs communications ont porté sur les changements de l'écosystème apportés par la réduction de la couverture forestière. Changer la couverture forestière c'est altérer la distribution des pluies et la balance énergétique. Ceci à son tour modifie les demandes en évapotranspiration du site : une réduction de l'ETP pourvoit une augmentation de potentiel en cas de champ, une augmentation de l'ETP pourvoit une diminution du potentiel en cas de champ.

3-1-4 - Effet de l'agriculture :

L'influence de l'activité agricole ^{est} généralement classée tête des activités humaines modifiant le cycle hydrologique. Une revue de cette in-

fluence pourrait dégager plusieurs composantes majeures :

- Impact du passage des conditions naturelles des terres aux conditions d'utilisation agricole.
- Impact de l'utilisation spécifique des sols.
- Influence des modifications des techniques agricoles tel que le drainage et l'irrigation.
- L'effet positif des travaux de conservation.

Cependant l'étude de ces différentes composantes est traditionnellement faite dans l'aspect quantitatif du cycle hydrologique, de l'érosion et des sédiments produits. Une direction d'étude plus récente de l'effet de l'agriculture sur la qualité de l'eau et plus spécialement de la signification dans l'environnement de la pollution provenant de sources agricoles prend de plus en plus d'ampleur.

Stimulées par les programmes du IHI et du IHI qui ont sélectionné l'impact de l'homme comme domaine de recherche important et par la croissance de la conscience aux problèmes de l'environnement associés, nos connaissances de la nature et de l'extension des effets de l'activité agricole sur le régime hydrologique se sont bien améliorées au cours des années récentes. Les résultats obtenus sur les bassins expérimentaux fournissent une importante contribution pour sa compréhension et les bassins expérimentaux doivent être vus comme un outil précieux de recherche.

Les communications présentées sur ce thème peuvent être classées en deux groupes :

- Le premier groupe, les communications qui parlent directement du sujet de l'effet de l'agriculture sur le régime hydrologique.
- Le second groupe les communications qui parlent principalement d'autre aspect de l'influence de l'homme présentant aussi des informations relevant du sujet.

Les deux groupes de communications fournissent un échantillonnage utile de courent des activités de recherche dans ce domaine et présentent des évaluations empiriques ou des analyses théoriques de l'impact des activités agricoles de l'homme sur le cycle hydrologique. Une discussion sur les méthodes utilisées est aussi engagée.

3-1-5 - Effets des travaux de génie civil :

Le but des investigations à propos de l'impact des travaux de génie civil sur le régime hydrologique est l'optimisation, l'utilisation des

.../...

ressources disponibles et l'harmonisation des différents intérêts. Pour atteindre ce but des efforts devraient être faits pour l'évaluation aussi complète que possible des influences attendues, pour prévoir les changements probables dus au projet en question et pour explorer les systèmes entiers des processus affectés tout en recherchant une solution optimale des problèmes posés par les travaux de construction et de mise en fonctionnement. Ainsi les besoins de la recherche dans ce domaine sont :

- L'observation des processus naturels et de leur changement
- La prévision des changements en supposant plusieurs actions : application de systèmes d'analyse.
- La simulation des processus : modélisation
- La comparaison et l'évolution des effets de plusieurs alternatives de solution : optimisation.
- Le contrôle de la crédibilité des prédictions et la modification des opérations si nécessaire : post-évaluation.

L'extension territoriale de la recherche ne dépend pas seulement du caractère du projet ou de la taille des changements causés par la structure mais aussi des nombreuses conditions de l'environnement. La topographie du terrain, la structure géologique, la mobilité du milieu transportent l'impact et en général la structure du système écologique influencé par le projet peuvent être mentionnées comme facteurs principaux de l'environnement qui devraient être considérés quand une zone d'investigation est déterminée.

Une décision aussi devrait être faite concernant la longueur de la période d'analyse. Cette longueur est largement influencée par la vitesse des changements causés par le projet quand les structures du projet troublent l'équilibre naturel, les investigations devraient être dirigées plus tard jusqu'à atteindre des conditions nouvelles d'équilibre. Les fluctuations des processus devraient être aussi prises en compte et par conséquent l'investigation d'un cycle complet des phénomènes périodiques après l'intervention constitue un besoin minimum. Il est aussi nécessaire de tenir compte du fait que seule une partie des changements est irréversible. D'autres processus pourraient être réversibles après la fin des travaux de construction. Quelques fois, la durée de vie des structures devrait être aussi considérée et le rétablissement des conditions naturelles analysée.

3-1-4 - Effets sur la qualité de l'eau :

Les sujets à intérêt actuel dans la recherche sur la qualité de l'eau et des systèmes hydrologiques le déterminant semble être :

- 1- Qualité des précipitations et des eaux de pluies.
- 2- Ruissellement et érosion
- 3- Echange de matériaux par infiltration
- 4- Qualité de l'eau et solides chargés par l'eau du sol au cours d'eau.
- 5- Influence des processus tel que le brassage, la dilution et l'activité biologique sur le bilan des matériaux dissous et transportés.
- 6- Charge culturale du cours d'eau
- 7- Matériaux transportés par le cours d'eau.
- 8- Charge et bilan chimique de la mer.
- 9- Influence de l'utilisation régionale des terres.

Les nouveaux résultats scientifiques publiés au cours de ce colloque, représentent une précieuse avancée dans ce domaine. Les systèmes qui représentent relativement les phases sensibles dans la circulation de l'eau ont été qualitativement décrits.

Par ces phases la qualité de l'eau affecte plus directement la qualité de l'environnement de l'homme ainsi que certains facteurs écologiques et économiques.

La description quantitative des changements lente due aux dépôts de la charge culturale, de l'eau dans la mer, l'atmosphère, les glaciers et les vieilles eaux souterraines peut apparaître comme extrêmement difficile. Ces difficultés initiales apparaissent du même genre que celles posées par l'essai de décrire l'influence sur la dynamique des populations humaines, des changements de l'environnement.

Les communications sur ce thème peuvent être groupées en unités : concernant les matériaux en suspension, les solides dissous, méthodologie et modélisation de la qualité de l'eau influence des forêts, de l'agriculture, de l'irrigation et autres lourds. Dans ce contexte le groupement constitue un effort préliminaire d'approche sur les différents sous-systèmes de la qualité de l'eau en suivant les composantes de l'influence de l'homme sur l'hydrologie.

3-2 - Extrapolation des résultats des bassins représentatifs et caractéristiques

3-2-1 - Relations entre les paramètres des modèles et les facteurs physiographiques et climatologiques :

L'hydrologie pratique, est souvent concernée par l'extrapolation et la transposition des caractéristiques hydrologiques des bassins char-

- 1- Qualité des précipitations et des eaux de pluies.
- 2- Ruissellement et érosion
- 3- Echange de matériaux par infiltration
- 4- Qualité de l'eau et solutés chariés par l'eau du sol au cours d'écou.
- 5- Influence des processus tel que le brassage, la dilution et l'activité biologique sur le bilan des matériaux dissous et transportés.
- 6- Charge culturale du cours d'eau
- 7- Matériaux transportés par le cours d'eau.
- 8- Charge et bilan chimique de la mer.
- 9- Influence de l'utilisation régionale des terres.

Les nouveaux résultats scientifiques publiés au cours de ce colloque, représentent une précieuse avance dans ce domaine. Les systèmes qui représentent relativement les phases sensibles dans la circulation de l'eau ont été qualitativement décrits.

Par ces phases la qualité de l'eau affecte plus directement la qualité de l'environnement de l'homme ainsi que certains facteurs écologiques et économiques.

La description quantitative des changements lents dus aux dépôts de la charge culturale, de l'eau dans la mer, l'atmosphère, les glaciers et les vieilles eaux souterraines peut apparaître comme extrêmement difficile. Ces difficultés initiales apparaissent du même genre que celles posées par l'essai de décrire l'influence sur la dynamique des populations humaines, des changements de l'environnement.

Les communications sur ce thème peuvent être groupées en unités : concernant les matériaux en suspension, les solides dissous, méthodologie et modélisation de la qualité de l'eau influence des forêts, de l'agriculture, de l'irrigation et métaux lourds. Dans ce contexte le groupement constitue un effort préliminaire d'approche sur les différents sous-systèmes de la qualité de l'eau en suivant les composantes de l'influence de l'homme sur l'écologie hydrologique.

3-2 - Extrapolation des résultats des bassins représentatifs et expérimentaux

3-2-1 - Relations entre les paramètres des modèles et les facteurs physiographiques et climatologiques :

L'hydrologie pratique, est souvent concernée par l'extrapolation et la transposition des caractéristiques hydrologiques des bassins obser-

.../...

vés aux bassins et sous bassins non observés. Pour le faire, à côté de la possibilité bien connue de cartographie d'intéressante caractéristique directement sous des formes satisfaisantes, l'application des modèles mathématiques prend de plus en plus de l'ampleur.

La question clef est, à l'utilisation de ces modèles pour les bassins non mesurés, l'estimation des paramètres des modèles à partir des caractéristiques du bassin (facteurs physiographiques et climatologiques).

Les relations à être utilisées pour l'estimation de tels paramètres ont été dérivées en particulier de deux groupes principaux de modèles à être considérés comme suit :

- Modèles probabilistes (modèles stochastiques sans auto-corrélations).
- Modèles déterministes.

* Modèles probabilistes :

Les modèles probabilistes sont toujours présentés comme étant la distribution fréquentielle des variables hydrologiques (débits maximaux des crues, écoulement mensuel, etc ...) sous formes empiriques ou standardisées. (distribution log-normale, de Gumbel, de Pearson ...). Ils sont utilisés pour plusieurs objectifs (projection d'ouvrage, ...) en hydrologie pratique directement ou en combinaison avec des modèles stochastiques de simulation pour la planification du développement et de l'aménagement des ressources hydriques.

Par l'extrapolation de ces distributions des paramètres sélectionnés définies par Clarke (1977) comme étant dérivés statistiques ISI ont été reliées empiriquement aux caractéristiques du bassin. Une relation générale largement utilisée dans cet objectif se présente comme suit :

$$ISI = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot \dots \cdot X_n^{a_n}$$

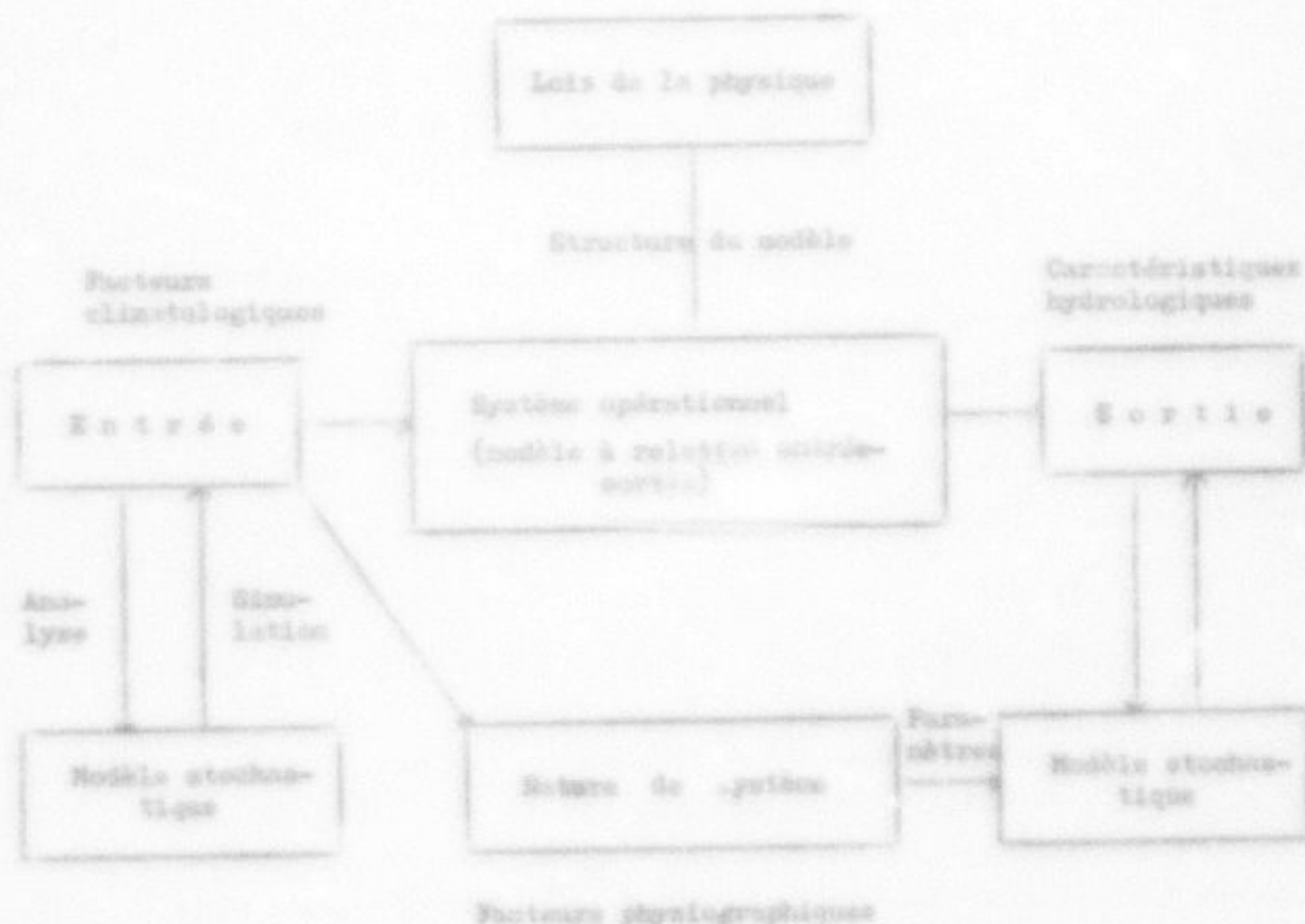
où ISI peut être la moyenne des écoulements mensuels ou annuels, la moyenne du ruissellement annuel ou d'autres variables hydrologiques (moments, crue de référence de fréquence déterminée), a_i sont des coefficients régionaux et X_i représente les caractéristiques du bassin tels que superficie (km²), longueur du cours d'eau (km) pente du cours d'eau (m/km), sol, lacs, forêts, index urbaine (pourcentage de surface occupée) moyenne de précipitation annuelle (mm), etc Dans plusieurs cas quelques uns de ces facteurs sont seulement pris en compte.

Si ISI se rattache à une crue de référence, alors le ruissellement moyen-

des par des courbes de périodes de retour différentes peut être dérivé de M1 à l'aide des courbes de distribution régionale.

* Modèles avec une relation entrée - sortie :

Nous présentons dans la figure suivante le système opérationnel qui relie le modèle à relation entrée-sortie aux modèles stochastiques utilisés à l'entrée ou à la sortie.



Le système sortie pourrait être un temps fixe relevant de la sortie ou une variable d'état $Q(t)$, tel que ruissellement ou débits, évapotranspiration réelle, hauteur limnimétrique et stockage n.a.d. des caractéristiques hydrologiques : bassin, de l'aquifère ou de l'unité hydraulique. Le système entrée $P(t)$ est à l'origine des facteurs climatiques fixés : précipitation, E.T.P., ou des facteurs climatiques dont dépend l'E.T.P. pour quelques sous systèmes (rivières, aquifères, ...) ou aussi le débit d'un entrant.

Le système opérationnel est une expression spécifique des lois physiques

gouvernant les processus hydrologiques. Les paramètres de l'opérateur reflètent "la nature du système" et sont donc reliés aux caractéristiques physiographiques du bassin.

De telles relations entre les caractéristiques du bassin et les paramètres du modèle pourraient prendre forme sur la base d'une synthèse des travaux de corrélation sur des bassins dépendant du type de modèle. D'innombrables modèles à relation entrée-sortie avec plus ou moins de paramètres sont utilisés. Nous pouvons les classer comme suit :

- Modèles basés sur les distributions physiques.
- Modèles à distribution simplifiée.
- Modèles en bloc (boîte noire ou conceptuel).

Modèles basés sur les distributions physiques :

La modélisation des systèmes hydrologiques basée sur des méthodes mathématiques physiques peut être considérée comme la plus logique et tendrait à quelques tentatives de développer des modèles dont les paramètres sont directement reliés aux caractéristiques du bassin tel que la pente, le stockage et la capacité d'infiltration, coefficient de rugosité, conductivité hydraulique, etc ...

C'est à dire estimer les paramètres du modèle directement à partir de variables valables, de photos aériennes, de données de terrain, etc ... L'application révisée des modèles à distribution physiques a été démontrée par la solution qu'ils donnent à quelques problèmes spécifiques tels que la simulation du ruissellement, l'intercalibration du modèle, et calcul du bilan d'eau. Cependant tous ces modèles ont leurs problèmes qui indiquent que la solution définitive n'est pas trop facile. En outre il a été montré que dans le cas de modélisation de l'écoulement de surface, les paramètres du modèle dérivés d'une synthèse soignée de données connues entre les hydrographes observés et calculés lors qu'ils sont post-calibrés.

Modèle à boîte noire :

Des arguments sont présentés contre l'utilisation des modèles de distribution à "multiparamètres".

- 1- Les modèles hydrologiques sont à utiliser dans plusieurs cas dans le cadre de systèmes de modèles d'ensemble de ressources en eau. Ils doivent donc être le plus simples possibles.

- 2- En temps réel de prévision d'utilisation des très simples modèles à "boîte noire" combinée avec une technique efficace de datation donne des résultats similaires sinon meilleurs que ceux obtenus à partir des modèles plus compliqués.
- 3- Une conclusion analogue peut être faite pour la reconstitution synthétique de l'écoulement où la reconstitution dérivée statistique est généralement plus intéressante que la simulation exacte de l'avertissement.
- 4- Naef* (1980) a investigué la décroissance de la déviation moyenne quadratique entre les débits calculés et observés (divisé par le débit moyen) quand il applique les modèles conceptuels avec un nombre croissant de paramètres pour un petit bassin (1,66 km²). Il arrive aux résultats suivants :

1 paramètre	$\bar{E}_q = 1,6$
2 paramètres	$\bar{E}_q = 1,1$
3 paramètres	$\bar{E}_q = 0,74$
4 paramètres	$\bar{E}_q = 0,70$
5 paramètres	$\bar{E}_q = 0,66$
20 paramètres	$\bar{E}_q = 0,62$

C'est à dire que l'effet d'utiliser un "multiparamètre modèle" est très peu. Donc on peut conclure que pour des applications importantes en hydrologie un simple modèle conceptuel avec 5 paramètres suffit. Il est juste intéressant : ces modèles comprennent en général deux composantes.

- Modèle de calcul de la variation de la réserve en cas de sol (infiltration) et l'écoulement direct résultant (excès de précipitation).
- Modèle de transformation de l'écoulement.

Notons bien que des arrangements propres d'utilisation de simples éléments de translation et de stockage tels que 1 réservoir singulier (avec ou sans exutoire), cascades de réservoirs et réseaux linéaires ont réussi pour simuler les processus. Les paramètres des modèles (pas de temps T et constante K de stockage) sont ainsi reliés aux caractéristiques des bassins comme équation de base (lois physiques). Pour le calcul de stockage les équations suivantes sont appliquées : $S = K \cdot \dot{Q}$ (équation simplifiée de la dynamique).

$$\frac{dS}{dt} = P - Q \quad (\text{conservation de la masse})$$

S = stockage ; P = entrée ; Q = sortie ; n = paramètres.

* Naef, P(1980 : On an model the rainfall runoff processes today symposium on hydrological forecasting of flood (separate paper).

Les solutions du système des deux équations largement appliquées en hydrologie sont données pour une entrée P donnée ($P = cste$) ou $P = \delta(t)$ (impulsion de Dirac).

Dans le cas de calcul des pertes E pourrait être représentée par le stockage dans le sol ou déficit d'humidité du sol ($-D$), P par le taux de capacité d'infiltration (C_0) et Q par le taux de percolation $C_0 f =$ (valeur limite de C_0 après une inhibition prolongée).

Modèle de distribution basé sur une unité hydrologique :

Les modèles en bloc échouent quand il s'agit de l'étude des phénomènes hydrologiques suivant :

- Influence des différences significatives en fonction de la surface dans les caractéristiques des bassins sur les variables hydrologiques.
- Effet de la concentration et de la croissance d'utilisation d'eau.
- Effet des changements significatifs d'utilisation des terres à l'échelle local ou des sous-bassins.

Ici, un modèle de distribution doit être appliqué qui pourrait être utilisé en divisant le bassin en unités hydrologiques. Chaque unité est caractérisée par les mêmes sols et la même utilisation des terres. Le régime d'humidité et les transferts verticaux de chaque unité sont modélisés séparément comme systèmes en bloc ; alors que les composantes des écoulements horizontaux sont simulés au moyen d'un modèle conceptuel simple ou par un modèle de distribution physique qui utilise comme entrée les entrées provenant des unités hydrologiques (en concordance avec leur position).

3-2-2 - Régionalisation et extrapolation des résultats des bassins représentatifs à des bassins non jugés :

Les techniques utilisées dans ce domaine sont loin d'être uniformes et standardisées puisque ces techniques diffèrent d'un pays à un autre et même à l'intérieur des frontières du même pays.

Les études publiées dans le monde peuvent être utilisées conjointement comme guide quand seulement toutes les conditions, la durée du réseau et les buts à atteindre sont les mêmes.

Les techniques de simulation peuvent être appliquées avec succès quand les régions où les données n'ont pas été faites ou ont été faites partiellement peuvent faire l'objet de mesures pendant une courte période avec une raisonnable précision.

Plusieurs bassins représentatifs expérimentaux, installés et observés durant la DHI et le PHI, n'ont pas été conduits par des méthodes identiques et il y a souvent des difficultés d'utiliser les données qui en résultent comme sources sûres pour la généralisation et l'extrapolation.

Un effort considérable doit être fait pour l'unification des méthodes de mesures, du stockage des données et leur publication.

L'utilisation de la télé-mesure par satellite en hydrologie paraît assez prometteuse, cependant la standardisation des méthodes s'impose dans un futur proche.

Les communications présentées sur ce thème au cours de ce symposium peuvent être considérées comme une contribution significative dans le domaine de la généralisation et de l'extrapolation des résultats.

3-2-3 - Utilisation des modèles établis sur la base des bassins représentatifs et expérimentaux pour la planification et la gestion des ressources en eau :

La classification des modèles hydrologiques en modèles appliqués et en modèles à processus physique n'est pas bien définie et n'est pas la seule. Les modèles hydrologiques peuvent être classés suivant le système qu'il représente tels que : modèle pluie - déversement - modèle de la qualité de l'eau - modèle de fonte de neige, etc....

Dans chaque groupe de modèles il y a des modèles qui prétendent représenter le processus physique, alors que les autres modèles sont présentés comme modèles approximatifs et empiriques qui produisent des données élaborées acceptables et utilisables s'ils sont bien calibrés.

La taille du bassin paraît avoir un important rôle quand le choix du modèle représentant le bassin est fait. Les petits et très petits bassins sont convenables pour être représentés par les modèles à processus physique ; quand la taille du bassin croît le problème d'interaction entre les sous-bassins individuels devient crucial. Ainsi si les modèles utilisés sont en origine développés comme représentant le processus physique, leurs coefficients et paramètres perdent de leurs significations quand la taille du bassin augmente.

La nécessité d'utiliser un pas de temps plus long dans les calculs pour un grand bassin contribue aussi à les changer dans la nature du modèle. Ceci arrive principalement par l'élimination de quelques phénomènes locaux qui sont significatifs seulement pour des petites surfaces et pour des intervalles de temps très courts.

Le problème de classification du modèle choisi pour quelques applications n'est pas le seul et le plus important problème auquel fait face l'hydrologue utilisant les modèles de simulation : de nombreux autres problèmes se présentent aux usagers de modèles considérés convenables pour la planification, l'élaboration et l'aménagement des ressources hydrauliques. Le problème le plus important pour les usagers est probablement le choix entre modèle étendu et modèle spécifique.

Le modèle étendu prétend reproduire tous les processus qui prennent place sur le bassin. Il est ainsi présenté comme étant l'outil qui réunit le plus de nécessités potentielles. Le modèle spécifique comme l'indique son nom se propose d'appréhender quelques projets d'aménagement en détails.

D'autres problèmes posés pour l'utilisateur des modèles hydrologiques se rattachent à la fonction de calibrage du modèle, à l'adoption d'un pas de temps pour être utilisé comme temps unitaire dans les calculs ; à la sélection d'un programme d'optimisation et l'ordre d'optimisation dans le programme ; l'attribution des valeurs numériques à quelques paramètres n'est pas incluse dans le processus d'optimisation. Chacun de ces problèmes exige une décision de la part de l'utilisateur des modèles. Dans la plus part des cas les décisions sont faites arbitrairement sans pénétration réelle dans les conséquences de telles décisions sur les structures et les opérations résultantes du modèle. L'influence de ces décisions arbitraires sur les données synthétiques générées par le modèle, qui sont le produit final du modèle est difficile à estimer. Il apparaît qu'en l'état actuel des connaissances il n'est pas possible de donner des réponses à ces problèmes.

Profiter de l'analyse et/ou l'utilisation de plusieurs variantes de modèle apparaît le seul outil valable pour l'hydrologue pour évaluer l'utilité de modèle pour les projets de planification et d'aménagement des ressources en eau d'un bassin donné.

MODEL OF SURFACE RUNOFF IN SMALL BASINS IN SOUTH TUNISIA

MUHAMMAD UMRI ENG-INER, Ministère de l'Agriculture, Gabès, Tunisia

Abstract. The proposed model simulates the surface runoff from small basins ($< 5 \text{ km}^2$) in south Tunisia. It is based on five years' data on rainfall and soil characteristics in two such basins. The soil moisture storage is computed at the start of each rainfall event, and used to calculate the instantaneous absorption capacity and its average value during a particular time interval. The difference between the average rainfall intensity and the average absorption capacity during a previously fixed time interval (or a variable time interval if time intervals with constant rainfall intensity are used) defines the average discharge, which when integrated over the duration of the rainfall event gives the overland flow.

Modèle de ruissellement sur de petites bassins du Sud Tunisien

Résumé. Le modèle proposé simule le ruissellement sur de petites bassins du Sud Tunisien. Il est basé sur cinq années de mesure hydropluviométrique sur deux bassins type. La réserve en eau du sol au début de chaque pluie est calculée et sert à déterminer la capacité d'absorption instantanée et sa valeur moyenne sur un pas de temps défini au préalable. La différence entre l'intensité moyenne de la pluie et la capacité d'absorption moyenne sur la même pas fixé au préalable (ou sur un pas de temps variable si on travaille avec des pas de temps à intensité constante) définit le débit moyen. L'intégration de ces débits moyens sur la durée efficace de la pluie donne la lame ruisselée.

INTRODUCTION

This model is based on five years of observation data at two small basins in south Tunisia. Taking into consideration the types of soil and vegetation, the topographic and overland-flow conditions, the basins were set up to study the water dynamics in an arid climate, to establish the hydrological balance, to determine the parameters dependent on the climate, to determine the influence of soil and vegetation on the overland-flow. The physical characteristics of the basins are given in Table 1.

SOIL MOISTURE STORAGE - ABSORPTION CAPACITY RELATION

Soil moisture storage computation

Starting from :

$$S(J) = S(J-1) + P(J-1) - R(J-1) - KSR(J-1) \quad \dots/...$$

Ce texte a fait l'objet d'une publication en langue française dans la série des rapports techniques de la D.R.A.

where

- $S(J)$ = soil moisture storage at the beginning of the J th day
 $S(J-1)$ = soil moisture storage at the beginning of the $(J-1)$ th day
 $P(J-1)$ = $(J-1)$ th day rainfall
 $R(J-1)$ = Surface runoff caused by $P(J-1)$, and
 $ETR(J-1)$ = real evapotranspiration on the $(J-1)$ th day.

The calculation begins on the day when the first rainfall event occurs after the dry season. For a rainfall on the J th day when overland-flow starts, the soil moisture storage is calculated by

$$S = S(J) + P'(J)$$

Table 1. Basin characteristics

	Basin I	Basin II
Area	3650 m ²	590 m ²
Compactness coefficient	1.80	1.50
Equivalent rectangle*	L=172.7 m	L=54.6 m
	l=21.5 m	l=10.8 m
Difference between maximum and minimum basin elevation ($a_{\max} - a_{\min}$)	14.5 m	5.5 m
Long slope index = $(a_{\max} - a_{\min})/L$	76.4 m/km	80.5 m/km
Roche slope index	0.277	0.302

* A rectangle with same area and perimeter as the basin. L = equivalent rectangle length.

$$\text{Roche slope index} = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{\beta_i (a_i - a_{i-1})} \quad \text{where } \beta_i \text{ is the area between basin contours } a_i \text{ and } a_{i-1}.$$

Where $P'(J)$ is the rainfall on the J th day before overland flow starts. Real evapotranspiration between the beginning of the day and the moment when overland flow starts is neglected. When there are several floods in one day, $P'(J)$ represents the infiltrated rainfall before overland flow starts.

Real evapotranspiration computation

The real evapotranspiration is computed from

$$ETR(J) = K [S(J) - S_0]$$

where

- $S(J-1)$ = soil moisture storage at the beginning of the $(J-1)$ th day
 S_0 = initial moisture storage after the dry season, and
 K = mean daily ETR per mm of soil moisture storage during a given period of time. K is obtained from observed variations in soil moisture content at representative sites or from a formula applied to the soil conditions.

Soil moisture storage - absorption capacity relationship

The absorption capacity C_a is computed for every rainfall event producing surface runoff by the difference between the effective rainfall and the surface flow produced by the rainfall. The effective time is generally short (5-30 min). The absorption capacity variation is small compared with the absorption capacity mean value. Thus we can use the mean value of absorption capacity to approximate the absorption capacity at the beginning of overland flow.

The corresponding soil moisture storage value is determined from the soil moisture storage computation scheme.

The five years of observation data for the two small basins are given in Tables 2 and 3. The values from these tables are used to construct a relationship between the moisture content and absorption capacity of the soil for the two basins (Figs 1 and 2).

For Dissa I basin:

$$C_a = \exp \left[-1.535 \left(\frac{S-290}{100} \right) \right] \quad (1)$$

and for Dissa II basin:

$$C_a = \exp \left[-1.535 \left(\frac{S-290}{100} \right) \right] \quad (1)$$

Table 2. Data from Dissa I basin

Flood - Date			S(mm)	C_a (mm/h)
1st	flood of	12/12/73	74,8	18,7
2nd	flood of	12/12/73	85,5	27,8
3rd	flood of	12/12/73	100,9	19,6
	flood of	10/10/74	49,6	30,0
1st	flood of	27/10/75	37,5	38,7
2nd	flood of	27/10/75	48,3	44,6
3rd	flood of	27/10/75	58,6	41,1
1st	flood of	09/01/76	80,9	26,0
2nd	flood of	09/01/76	90,0	24,4
3rd	flood of	09/01/76	79,4	19,0
4th	flood of	09/01/76	102,6	18,0
5th	flood of	09/01/76	123,0	10,0
	flood of	10/02/76	41,0	41,0
	flood of	27/02/76	112,0	11,1
1st	flood of	28/02/76	123,9	13,2
2nd	flood of	28/02/76	125,8	12,4
1st	flood of	10/03/76	104,9	17,1
3rd	flood of	10/03/76	120,6	9,2
1st	flood of	09/01/77	35,5	42,0

Table 3. Data from Dissa II basin

Flood - Date			S(mm)	C_a (mm/h)
		04/12/73	65,0	15,3
		12/12/73	66,0	15,5
		12/12/73	93,3	15,2
		12/12/73	96,8	10,8
		12/12/73	102,8	9,2
		10/10/74	46,2	22,8

2nd	flood of	27/10/75	46,5	20,4
2nd	flood of	09/01/76	86,4	13,2
3rd	flood of	09/01/76	92,0	9,0
4th	flood of	09/01/76	100,5	12,0
5th	flood of	09/01/76	103,9	10,8
1st	flood of	14/01/76	122,5	6,2
2nd	flood of	14/01/76	149,2	5,4
1st	flood of	27/02/76	121,5	7,7
	flood of	05/05/76	47,0	21,6
	flood of	06/05/76	40,0	20,0
	flood of	12/10/76	41,0	22,8
	flood of	26/09/77	34,5	27,2
	flood of	25/11/77	35,0	28,8
	flood of	24/11/77	31,2	30,0
2nd	flood of	25/11/77	63,2	15,6

with $S = 23$ mm. The maximum soil moisture contents for the Basin I and Basin II basins are respectively $S_{\max I} = 290$ mm and $S_{\max II} = 250$ mm.

The absorption capacity can be also written as $C_a = dS/dt$ where t denotes time.

Therefore

$$\frac{dS}{dt} = \exp \left[-1.535 \left(\frac{S - S_{\max}}{100} \right) \right] \quad (2)$$

or

$$\exp \left(-1.535 \frac{S - S_{\max}}{100} \right) dS = dt \quad (2')$$

Starting from the minimum soil moisture storage at the end of the dry season, and to, as the time of the beginning of the first rainfall with an intensity equal to or greater than the absorption capacity. The soil moisture storage variation from its minimum value S_0 is generated by this rainfall. Through integration we get

$$\int_{S_0}^S \exp \left(-1.535 \frac{S - S_{\max}}{100} \right) dS = \int_{t_{\min}}^t dt$$

t is expressed in hours.

$$S = S_{\max} + \frac{100}{1.535} \log \left[\frac{1.535}{100} t + \exp \left(1.535 \frac{S_0 - S_{\max}}{100} \right) \right] \quad (3)$$

using common logarithms

$$S = S_{\max} + \frac{100}{0.4343} \log \left[\frac{1.535}{100} t + \exp \left(1.535 \frac{S_0 - S_{\max}}{100} \right) \right] \quad (3')$$

Deriving $S(t)$ in regard to t , we get

$$C_a = 1 / \frac{1.535}{100} t + \exp \left(1.535 \frac{S_0 - S_{\max}}{100} \right) \quad (4)$$

SURFACE RUNOFF AND DISCHARGE COMPUTATION

Starting from the minimum soil moisture storage the first rainfall generates surface runoff only if $dS/dt > dP/dt$ or $dP/dt > C_a$. Several cases can occur :

(1) During the rainfall $dP/dt > dS/dt$: the soil moisture storage varies according to equation (3). The instantaneous excess rainfall is defined by $q(t) = dP/dt - dS/dt$. Thus, a laminar discharge is defined. The total excess rainfall is defined by:

$$lr = \int_{t_0}^t q(t) dt = P - \int_{t_0}^t \frac{dS}{dt} dt$$

Thus $lr = P - S(t_1) + S_0$ where t_1 is the time rainfall ceases. Starting from soil moisture storage S_1 , for a rainfall with $dP/dt = dS/dt$ and $t_2 =$ time this event ceases, we get:

$$lr = P - \frac{1}{C} \log \frac{Ct_2 - \exp [C(S_0 - S_{max})]}{Ct_1 - \exp [C(S_0 - S_{max})]}$$

in which $C = 1.555/100$. lr is expressed in millimetres.

(2) During the rainfall $dP/dt < dS/dt$:

$$S = S_0 + P$$

S is expressed in millimetres. For another rainfall event P^* succeeding the first with $dP^*/dt > dS/dt$, the soil behaves as if the increase in soil moisture storage due to the first rainfall event is generated by a rainfall with $dP/dt = dS/dt$. The soil moisture storage varies according to equation (3) but with $t=t_1+t'$; $t_1 =$ corresponding time to the soil moisture storage variation from its initial value to its value at the second rainfall P^* beginning with a rainfall intensity $dP^*/dt = dS/dt$, and t' is the time of the start of the second event. The excess rainfall is defined by:

$$q(t) = \frac{dP^*}{dt} - \frac{dS}{dt} = \frac{dP^*}{dt'} - \frac{dS^*}{dt'}$$

Therefore

$$q(t) = I(t) - \frac{1}{Ct + \exp [C(S_0 - S_{max})]} \quad (6)$$

Through integration we get:

$$lr = P^* - S(t) + S(t_1)$$

$$lr = P^* - \frac{1}{C} \log \frac{Ct - \exp [C(S_0 - S_{max})]}{Ct_1 - \exp [C(S_0 - S_{max})]}$$

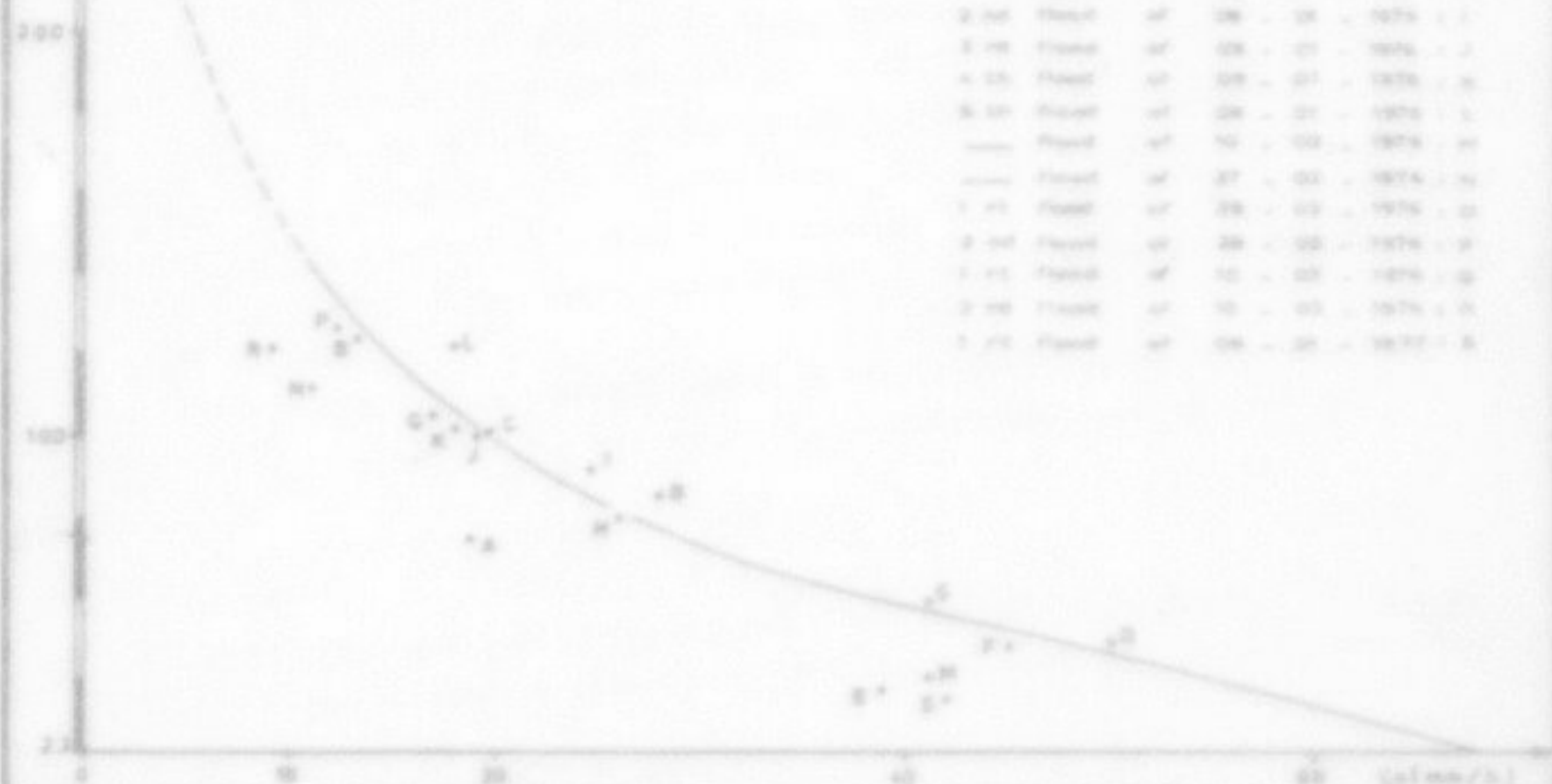
(3) If the rainfall event P^* following rainfall event P has an intensity $dP^*/dt < dS/dt$, P^* will be infiltrated and we again have case (2)

(4) If a dry period follows a series of rainfalls, the soil moisture storage decreases and its value is computed according to the soil moisture storage and real evaporation computations given earlier.

DISSA 1

Soil moisture storage absorption
Capacity Relation

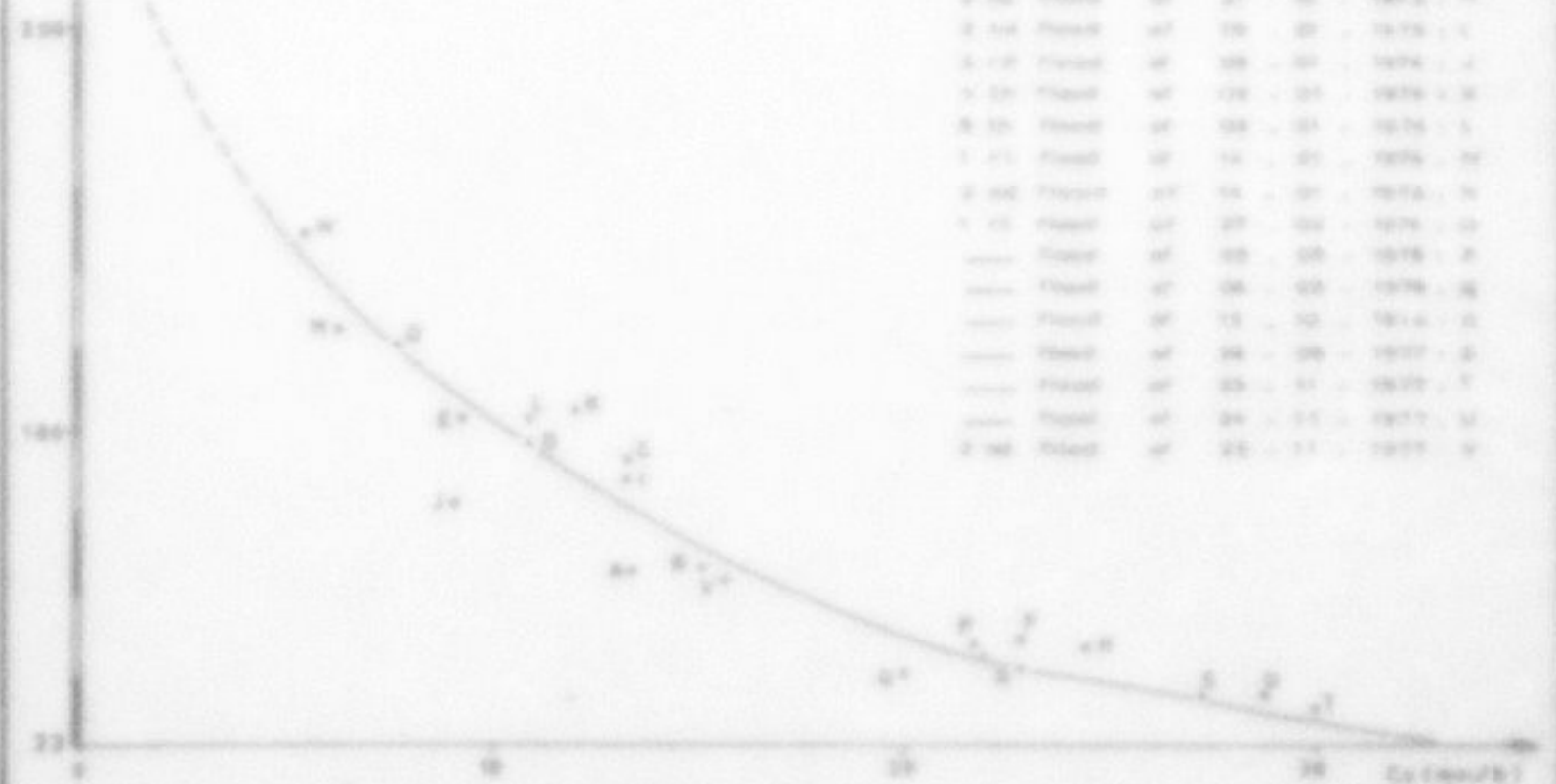
1	1.1	Forest	47	12	-	12	-	1973	-	4
2	1.4	Forest	47	12	-	12	-	1973	-	4
3	1.6	Forest	47	12	-	12	-	1973	-	4
4	1.8	Forest	47	12	-	12	-	1974	-	4
5	1.1	Forest	47	27	-	30	-	1975	-	5
6	1.1	Forest	47	27	-	30	-	1975	-	5
7	1.6	Forest	47	27	-	30	-	1975	-	5
8	1.1	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
9	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
10	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
11	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
12	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
13	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
14	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
15	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
16	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
17	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
18	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
19	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
20	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5



DISSA 2

Soil moisture storage absorption
Capacity Relation

1	1.1	Forest	47	24	-	12	-	1973	-	4
2	1.4	Forest	47	12	-	12	-	1973	-	4
3	1.6	Forest	47	12	-	12	-	1973	-	4
4	1.8	Forest	47	12	-	12	-	1974	-	4
5	1.1	Forest	47	12	-	12	-	1975	-	4
6	1.1	Forest	47	12	-	12	-	1975	-	4
7	1.6	Forest	47	12	-	12	-	1976	-	4
8	1.6	Forest	47	27	-	30	-	1975	-	5
9	1.4	Forest	47	19	-	20	-	1975	-	4
10	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
11	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
12	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
13	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
14	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
15	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
16	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
17	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
18	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
19	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5
20	1.6	Forest	47	26	-	31	-	1976	-	5



CONCLUSION

For the application of the model to ungauged basins small enough to assume uniform rainfall and soil moisture storage, it is necessary to treat discrete variables as continuous variables. In fact, rain gauges cannot record instantaneous rainfall; only the rainfall during a period equal or greater than an interval previously defined according to the recording characteristic of the rain gauge can be computed. Thus the resulting intensity is the mean value during this interval. The minimum recording interval is 5 min which is short compared with the effective storm duration and the estimation made in the real evaporation computations.

To compute the surface runoff, the mean absorption capacity during the time interval is used as the instantaneous absorption capacity and we have :

$$I_r = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta P_i}{\Delta t_i} - \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i} \right) \Delta t_i$$

with n the mean number of intervals where $(\Delta P_i / \Delta t_i) > (\Delta S_i / \Delta t_i)$. The instantaneous excess rainfall defined is the mean excess rainfall during the same time interval :

$$q_i = \frac{\Delta P_i}{\Delta t_i} - \frac{\Delta S_i}{\Delta t_i}$$

FIN

28

VUES