

**DONNEES NECESSAIRES A LA MODELISATION DES ECOULEMENTS
SUR DES BASSINS VERSANTS
HYDRAULIQUEMENT AMENAGES EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE**

G.GIRARD⁽¹⁾ et J.P TRIBOULET ⁽²⁾

1. INTRODUCTION

Le modèle "MODLAC" développé par le Centre d'Informatique Géologique de l'Ecole des Mines de PARIS et en cours d'adaptation sur micro-ordinateur à la demande du Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques est un outil qui permet de modéliser les écoulements journaliers sur des bassins versants hydrauliquement aménagés en Afrique Sub-saharienne.

Modéliser les écoulements d'un bassin consiste à simuler dans le temps et dans l'espace les débits et les niveaux d'eau sur l'ensemble du bassin et des sous-bassins en tenant compte de toute la masse d'informations disponible concernant les transferts et utilisations de l'eau à l'intérieur du système.

Le principe du modèle MODLAC repose sur la représentation conceptuelle des différents mail- lons du cycle terrestre de l'eau traduisant la relation pluie-débit sur un certain nombre de cellules de base qualifiées de zones homogènes élémentaires.

L'espace superficiel du bassin est découpé systématiquement en mailles carrées emboîtées d'autant plus petites que la densité de l'information y est spatialement plus importante. C'est le principe même de la discrétisation spatiale.

La mise en oeuvre d'une nouvelle étude de modélisation demande le montage complet de ce modèle "MODLAC" sur le nouveau site.

Ce montage implique, outre la caractérisation géographique du domaine, l'exploitation des autres données relatives à la précipitation sur celui-ci, aux débits et hauteurs d'eau aux stations et retenues, ainsi que toutes celles relatives à l'aménagement hydraulique du domaine à modéliser et à ses diverses utilisations et gestions de l'eau.

Le rassemblement d'une quantité de données d'origines diverses et variées dont la recherche et l'utilisation posent très souvent des problèmes au modélisateur peu averti est une phase très importante de ce montage.

Il est proposé ici de rappeler quelles sont les données nécessaires à ce montage et de classer celles qui présentent le meilleur intérêt vis-à-vis de la connaissance demandée par la modélisation et pour la mener à bien.

(1) Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre d'Informatique Géologique, Laboratoire d'Hydrogéologie Mathématique, 35 rue St Honoré 77305 Fontainebleau, France

(2) Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques, BP 369 Ouagadougou, Burkina Faso

Les données se répartissent en sept grandes catégories:

- 1) les données relatives à la connaissance du milieu naturel physique,
- 2) les données climatologiques,
- 3) les données pluviométriques,
- 4) les données sur l'utilisation des eaux et la gestion historique de celles-ci,
- 5) les données caractérisant l'état d'aménagement hydraulique du bassin versant,
- 6) les données de calage du modèle et de vérification (données hydrométriques et des hauteurs d'eau dans les retenues),
- 7) les paramètres d'ajustement du modèle.

2. PRESENTATION DES DONNEES REQUISES.

2.1. Données sur le milieu naturel

En ce qui concerne les données relatives à la connaissance du milieu naturel, il importe de pouvoir établir le maillage d'étude et de caractériser le domaine physique à discrétiser.

Pour l'établissement du maillage de surface et sa caractérisation, il est nécessaire de donner, pour chacune des mailles, les informations suivantes:

- direction de drainage,
- altitude minimale de drainage,
- fonctions-production présentes et ou/pourcentages de celles-ci sur la maille, ce qui demande d'avoir à sa disposition un ensemble de documents de base présentant une caractérisation bien définie et recouvrant la totalité du domaine de l'étude.

Le découpage des mailles, première opération à réaliser après le choix du schéma-type, est lié à la forme du réseau hydrographique et à la densité de l'information concernant les stations hydrométriques et les retenues, éventuellement celle portant sur le réseau pluviométrique disponible.

La connaissance au préalable d'un inventaire récent des retenues d'eau est indispensable comme d'ailleurs de celui des stations hydrométriques observées ou ayant été observées sur le domaine, de manière à procéder au découpage du maillage origine ou de celles en leur voisinage pour mieux représenter le réseau hydrographique.

Il ne suffit pas seulement d'avoir à sa disposition une carte topographique au 1/50.000 pour préparer le maillage; il faut encore équiper cette carte en y plaçant les échelles de crue et les retenues anciennes et/ou nouvelles.

La préparation de ce découpage doit être réalisée d'abord sur les cartes disponibles, qu'elles soient au 1/50.000 ou au 1/200.000, puis sur des contre-calques de travail sur lesquels on portera le numéro attribué automatiquement à chacune des mailles.

Si elle est plus facile sur les cartes au 1/50.000 portant un réseau hydrographique bien identifié, elle reste délicate avec d'autres cartes.

La détermination des altitudes minimales de chacune des mailles est plus aisée si l'on possède un jeu de cartes au 1/50.000. Elle présentera des difficultés si l'on ne dispose que d'un jeu de cartes au 1/200.000 pour ces bassins à faible pente.

En effet, si la direction de drainage se détecte assez facilement, la détermination de l'altitude minimale du niveau de drainage demande un important travail d'interpolation entre les quelques points cotés et les courbes de niveau assez espacées étant donné le manque de relief prononcé de ces régions.

Les données se répartissent en sept grandes catégories:

- 1) les données relatives à la connaissance du milieu naturel physique,
- 2) les données climatologiques,
- 3) les données pluviométriques,
- 4) les données sur l'utilisation des eaux et la gestion historique de celles-ci,
- 5) les données caractérisant l'état d'aménagement hydraulique du bassin versant,
- 6) les données de calage du modèle et de vérification (données hydrométriques et des hauteurs d'eau dans les retenues),
- 7) les paramètres d'ajustement du modèle.

2. PRESENTATION DES DONNEES REQUISES.

2.1. Données sur le milieu naturel

En ce qui concerne les données relatives à la connaissance du milieu naturel, il importe de pouvoir établir le maillage d'étude et de caractériser le domaine physique à discrétiser.

Pour l'établissement du maillage de surface et sa caractérisation, il est nécessaire de donner, pour chacune des mailles, les informations suivantes:

- direction de drainage,
- altitude minimale de drainage,
- fonctions-production présentes et ou/pourcentages de celles-ci sur la maille, ce qui demande d'avoir à sa disposition un ensemble de documents de base présentant une caractérisation bien définie et recouvrant la totalité du domaine de l'étude.

Le découpage des mailles, première opération à réaliser après le choix du rectangle du schéma-type, est lié à la forme du réseau hydrographique et à la densité de l'information concernant les stations hydrométriques et les retenues, éventuellement celle portant sur le réseau pluviométrique disponible.

La connaissance au préalable d'un inventaire récent des retenues d'eau est indispensable comme d'ailleurs de celui des stations hydrométriques observées ou ayant été observées sur le domaine, de manière à procéder au découpage du maillage origine ou de celles en leur voisinage pour mieux représenter le réseau hydrographique.

Il ne suffit pas seulement d'avoir à sa disposition une carte topographique au 1/50.000 pour préparer le maillage; il faut encore équiper cette carte en y plaçant les échelles de crue et les retenues anciennes et/ou nouvelles.

La préparation de ce découpage doit être réalisée d'abord sur les cartes disponibles, qu'elles soient au 1/50.000 ou au 1/200.000, puis sur des contre-calques de travail sur lesquels on portera le numéro attribué automatiquement à chacune des mailles.

Si elle est plus facile sur les cartes au 1/50.000 portant un réseau hydrographique bien identifié, elle reste délicate avec d'autres cartes.

La détermination des altitudes minimales de chacune des mailles est plus aisée si l'on possède un jeu de cartes au 1/50.000. Elle présentera des difficultés si l'on ne dispose que d'un jeu de cartes au 1/200.000 pour ces bassins à faible pente.

En effet, si la direction de drainage se détecte assez facilement, la détermination de l'altitude minimale du niveau de drainage demande un important travail d'interpolation entre les quelques points cotés et les courbes de niveau assez espacées étant donné le manque de relief prononcé de ces régions.

Lorsque le maillage est construit, le plus gros problème à résoudre est celui du choix de la carte à utiliser pour définir les pourcentages des fonctions-production sur chacune des mailles. Ces données dépendent bien entendu de l'information dont on dispose.

Si l'on possède, par exemple, les scènes SPOT pour le domaine d'étude, il est alors facile de faire faire le traitement spécifique par une équipe de télédétection en vue d'obtenir les pourcentages de chacune des classifications retenues par thème sur chacune des mailles régulières de 5×5 km calées sur le quadrillage U.T.M.

Dans ce cas, il suffit de répéter ces pourcentages sur chacune des mailles de plus petites tailles qui constituent cette maille plus grande, ou bien d'assurer une répartition plus représentative tout en conservant l'évaluation globale pour les plus grandes.

Si l'on ne dispose pas de ces scènes SPOT ou LANDSAT, on aura recours aux cartes établies antérieurement, qu'elles soient pédologiques, ou géologiques, ou simplement géomorphologiques, ou même de végétation pour évaluer à partir de celles-ci les fractions en pourcentage de présence de chacun des types représentatifs sur chaque maille du modèle.

En revanche, si l'on dispose de la couverture aérienne au 1/50.000, il est toujours possible de saisir les zones ayant les mêmes nuances de grisé pour former des zones de fonctions-production homogènes.

Enfin, si l'on ne dispose que des cartes topographiques, celles-ci permettent de représenter une occupation des sols à la date de sortie de cette carte pour:

- les forêts claires ou savanne boisée,
- les prairies ou pâturages,
- la brousse tigrée,
- les forêts galeries,
- les plantations,
- les rizières,
- les zones d'eau libre,
- les zones inondables ou les dépressions fermées.

Toute la connaissance physiographique du domaine superficiel indispensable au montage du modèle est à ce moment-là considérée comme disponible pour une mémorisation à l'aide des logiciels "PREPAGEO" avec ou sans utilisation du logiciel "INIMAIL". Le recours aux documents existants anciens et récents ou aux études réalisées est indispensable pour pallier le manque de données cartographiques. Il appartiendra toujours au modélisateur de réaliser des extrapolations spatiales fiables.

Il est important de retenir que la performance du modèle sera fonction de la précision avec laquelle sont déterminées les superficies pour lesquelles les bilans seront effectués.

2.2. Données climatologiques

Les données climatologiques comprennent l'ensemble des informations permettant d'obtenir les valeurs de l'évapotranspiration potentielle "PENMAN", soit à l'échelle décadaire, soit à l'échelle mensuelle. Ces données d'ETP sont généralement fournies par les Services Météorologiques Nationaux ou, à défaut, doivent être évaluées à partir des résultats d'études et de mesures climatologiques à l'aide du logiciel "ETP". L'évapotranspiration assurée, dans le modèle, les reprises d'eau dans le temps pour établir les bilans hydriques et a, de ce fait, une influence très importante; aussi cette donnée d'entrée au modèle pourrait-elle être parfois modulée dans le temps selon le contenu en eau du réservoir sol.

Cet impératif est d'autant plus présent que les ressources naturelles sont tout justes suffisantes pour donner satisfaction à tous les utilisateurs potentiels.

Dans le cas où le comptage des volumes prélevés n'est pas systématique, le modélisateur mettra en oeuvre des techniques simples d'estimation. A partir des données sur les populations villageoises et le cheptel, il pourra estimer les volumes mensuels consommés en connaissant les consommations unitaires. Les volumes prélevés pour l'irrigation pourront être estimés par des enquêtes sur les superficies et les variétés culturales irriguées.

L'expérience montre que les données relatives à l'utilisation de l'eau présentent de graves lacunes quand elles ne sont pas inexistantes. Au sujet du contrôle et de l'estimation des prélèvements, il convient de rappeler avec insistance qu'il revient au gestionnaire de la retenue de faire l'estimation des prélèvements effectués dans le temps. Tout comme d'ailleurs il doit assurer la surveillance des apports et faire toutes les mesures concernant aussi bien la quantité d'eau que la qualité de celle-ci. Il doit en cela aider les autorités techniques nationales en faisant des mesures, faciliter les contrôles et, en retour, ces autorités se doivent d'aider le gestionnaire et l'équiper pour simplifier ses nombreuses tâches de mesures.

2.5. Caractéristiques des équipements du bassin versant.

Les fichiers des caractéristiques géométriques des retenues forment, après le fichier météorologique et le fichier des utilisations de l'eau, l'ensemble des entrées au modèle de simulation en dehors de quelques autres informations concernant les fonctions de production et les temps de base des bassins versants. L'incidence de ces dernières sera examinée après cette présentation des données.

Le fichier des caractéristiques géométriques des retenues pose deux véritables problèmes:

Le premier est celui relatif à l'inventaire chronologique des retenues sur les bassins. Cet inventaire des retenues doit être complet et exempt d'anomalies. Chaque retenue ne doit y figurer qu'une seule fois et l'inventaire doit comporter la totalité effective des retenues sur le bassin versant.

Or il apparaît que tout inventaire est fréquemment incomplet et est, de plus, non vérifié. En outre, il est souvent statique si les caractéristiques d'une retenue ne peuvent changer suite à une surélévation du seuil du déversoir ou à une modification sur la retenue. Il devrait être avantageusement remplacé par un inventaire dynamique de manière à connaître les caractéristiques d'une retenue à la date T , mais aussi, suite à des modifications de la retenue au temps $T+1$, connaître celles actuelles à $T+2$.

Le rassemblement des données sur les retenues devrait conduire à la création d'une banque dynamique de données (par exemple sous le nom de "CARLAC": CAR pour 'caractéristiques' et LAC pour 'retenues'. Elle fournirait dans le temps les caractéristiques géométriques successives de la même retenue allant de celle initialement projetée à celle existant aujourd'hui. Cette banque de données dont les bases peuvent être définies suivant un modèle standard devrait être alimentée par un seul organisme responsable.

Le second problème provient de la définition de la courbe surface- hauteur pour chacune des retenues effectives. Bien souvent, on ne dispose de cette courbe que pour un très faible nombre de retenues, car leur établissement demande des travaux topographiques d'un coût et d'un temps élevés. Cependant on peut considérer connaître, pour chacune des retenues, la hauteur maximale et la surface maximale (parfois même une estimation du volume maximal).

Le premier problème peut être résolu par des missions sur le terrain pour prendre connaissance des nouvelles retenues et pour obtenir une carte des équipements. L'apport espéré par utilisation de la télédétection n'est pas aussi probant pour les petites et moyennes retenues que l'on pourrait le souhaiter. Une banque du type "CARLAC" permettrait de conserver toutes les données recueillies par des techniciens de l'administration et confirmées éventuellement par d'autres.

2.3. Données pluviométriques

Les données pluviométriques introduites dans la modélisation doivent satisfaire au double principe de continuité et de représentativité spatiale et temporelle du champ des précipitations.

Le travail consiste tout d'abord à rassembler toutes les données observées, stockées ou non dans les banques de données nationales. Ce travail est souvent très long car il existe de nombreux postes pluviométriques non catalogués comme faisant partie du réseau national et dont il faut tenir compte.

Choisir les postes qui, pour la période envisagée de simulation, fourniront des données continues dans le temps ou presque et vérifier la fiabilité de ces données sont les deux opérations à conduire avec soin pour leur utilisation ultérieure.

Il est recommandé de saisir cette occasion pour rassembler toutes les données effectivement observées et les introduire dans la ou les banques de données du pays. Il appartient au modélisateur de contrôler la validité de ces données, de les rendre continues dans le temps et de justifier les modifications qu'il a dû introduire pour les rendre fiables.

Tester ces données et extraire les valeurs remarquables sont des travaux à effectuer avant la modélisation pour réaliser un bon contrôle.

Le modèle n'utilise que des données journalières puisque les réseaux nationaux ou autres ne fournissent que ce genre de données. Il faut souligner qu'au prix d'un effort minime de la part des observateurs, il serait possible d'améliorer la portée de ces données. Il suffirait en effet d'indiquer l'heure du début de l'averse et l'heure de la fin de cette dernière. Encore faudrait-il que les Services Météorologiques en fassent la demande à leurs observateurs et s'assurent que la saisie de ces informations supplémentaires en permet la diffusion.

Il ne sera jamais inutile d'insister sur le besoin de mieux connaître, aussi bien dans le temps que dans l'espace, le champ des précipitations. L'appel aux études par RADAR devrait permettre cette connaissance par fourniture de données en temps réel.

La méconnaissance du champ des précipitations entraîne des simulations imparfaites des débits à partir de ces maigres données sur la variabilité des précipitations. Aussi un appel devrait-il être lancé aux jeunes chercheurs pour mieux évaluer les débits écoulés simulés à partir des données de réseaux de mesures.

Il sera mentionné ultérieurement que les autorités administratives ou les groupements villageois gestionnaires des retenues d'eau doivent suivre les apports en eau et les consommations effectives. Dans le même ordre d'idée et pour établir les bilans en eau, ils doivent suivre localement au jour le jour les valeurs des précipitations à un poste qui n'est pas forcément rattaché au réseau national du Service Météorologique.

- Il appartient au gestionnaire d'assurer le stockage de ces données et ce dans un double but :
- d'évaluation des bilans en eau de la retenue,
 - de conservation de ces précieuses données et de leur mise à la disposition des utilisateurs.

2.4. Données sur l'utilisation des eaux

Les données sur l'utilisation des eaux sur le domaine étudié et la gestion historique de celles-ci posent un problème important au modélisateur.

Il appartient aux gestionnaires de la retenue, donc aux utilisateurs, de fournir l'historique au pas de temps mensuel des prélèvements effectués sur chaque retenue dont il assure la gestion de l'eau.

Il est certain que ce travail nécessite souvent du temps et de nombreuses observations, mais la connaissance des ressources et des utilisations faites est indispensable pour bien gérer l'eau et connaître l'importance de cette gestion sur le bilan naturel hors aménagement.

En revanche, le second problème peut trouver une solution en réalisant des transpositions toujours vérifiables des résultats pour les retenues observées aux autres retenues selon la méthode suivante:

Sur un graphique en coordonnées semi-réduites:

Hmax en abscisse
Si/Smax en ordonnée variant de 1 à 0 (i=1 au déversoir)

avec: Hmax : hauteur entre le fond et le déversoir en m,
Si : superficie à la hauteur étudiée (i-1)*DH en 1000m²,
Smax : superficie au niveau du déversoir en 1000 m²,
DH : pas de hauteur (généralement 0.50 mètre).

on obtient, pour une région à relief relativement uniforme, des courbes voisines en Si/Smax pour des retenues de même hauteur maximale Hmax. La valeur de Si/Smax croît lorsque la hauteur maximale Hmax croît.

Ainsi la connaissance de Smax et de Hmax pour les retenues n'ayant pas fait l'objet de relevés topographiques permet, par ces courbes, d'estimer les valeurs de Si/Smax et donc de Si.

Il faut constater qu'avec l'accroissement des retenues ayant fait l'objet de travaux topographiques de cubature, la régularité de ces courbes s'affine. Cette méthode est simple et efficace. D'autres méthodes complexes sont aussi certainement valables et peuvent être plus performantes. Mais cette dernière reste simple d'application et de mise en oeuvre.

2.6. Données hydrométriques

Les données précédemment passées en revue sont des entrées au modèle de simulation des écoulements et se doivent d'être connues avec un minimum de précision. Celles qui sont présentées dans ce chapitre, sont utiles au calage du modèle et aux vérifications des résultats obtenus.

Les fichiers de débits journaliers et de hauteurs d'eau journalières dans les retenues sont obtenus, dans de nombreux pays d'Afrique Sub-saharienne, par l'utilisation du logiciel "HYDROM" de l'ORSTOM et de la banque de données associée accessible dans chacun des Services Hydrologiques Nationaux.

Il serait souhaitable que cette banque "HYDROM" contienne les débits moyens journaliers entrés dans une retenue comme d'ailleurs les débits restitués en aval. Les seconds sont des débits déversés qui peuvent être obtenus à partir des caractéristiques de déversoirs et des niveaux d'eau généralement archivés dans la banque HYDROM. L'obtention des premiers nécessite en revanche l'utilisation d'un logiciel plus complexe (type BILLORET) faisant appel aux données de pluie, de niveaux d'eau dans les retenues, des diverses utilisations des eaux, et des caractéristiques géométriques des retenues.

Ces fichiers de débits et de hauteurs d'eau servent à assurer le calage des paramètres et/ou la vérification des résultats du modèle pour une application particulière.

2.7. Les paramètres d'ajustement du modèle

La précision au sens hydrologique du terme avec laquelle des paramètres pourront être attachés aux fonctions de production et à leur représentativité spatiale se fera ressentir sur les résultats de la simulation.

Il est certain que prendre les informations relatives à la caractérisation des états de surface pour fonction de production revient à prendre le maximum de possibilités pour un calage facile et efficace, mais cela nécessite un traitement de l'imagerie SPOT ou LANDSAT.

Prendre tout autre type de fonction de production, conduit inévitablement à un manque de finesse dans les résultats.

3. CONTROLE DE LA QUALITE DES DONNEES PAR L'UTILISATION DU MODELE

Mettre en évidence les éventuelles imprécisions et/ou incohérences des données concernant la consommation, l'utilisation et la gestion des eaux en quantité à partir des résultats du modèle est un avantage important de ce type de modèle.

Il faut bien voir que toutes les erreurs dans les données d'entrée et/ou de contrôle vont s'associer aux imperfections du modèle pour compliquer la tâche du modélisateur dans le calage des paramètres de ce modèle. Ces imperfections du modèle résultent en grande partie de l'incertitude sur l'évaluation du terme "ruissellement"; en effet, celui-ci dépend de l'intensité des pluies sur de courts pas de temps et ne peut, de ce fait, être atteint par les données de pluies journalières.

La discrétisation de la précipitation dans l'espace acceptée par ce type de modèle affine la prise en compte de la variabilité spatiale de la pluie, mais elle reste encore grossière pour bien représenter cette variabilité.

En résumé, aux imprécisions du modèle s'ajoutent les imperfections des mesures sur les variables citées mais, les compensations jouant, seules les insuffisances notoires vont ressortir. L'objectif est alors atteint, si l'utilisation du modèle fait apparaître le besoin de mieux connaître les termes impliqués dans cette masse de données assimilées par le modèle. Ce processus permet au gestionnaire d'assurer un contrôle à posteriori de la qualité de toutes les données dont il dispose.

4.- CONCLUSIONS

En conclusion, il convient d'insister sur le fait que les données sont à la base des connaissances sur les écoulements réels dans le temps sur les bassins. En effet, les écoulements mesurés sont représentatifs des écoulements naturels perturbés par les aménagements dus à l'action de l'homme et gérés par lui.

Le modèle développé a pour but, entre autres, d'être capable de reconstituer les débits qui se seraient écoulés en l'absence de tout aménagement. Ces débits sont bien ceux qui sont théoriquement à la disposition de tous les utilisateurs avant tout aménagement. C'est en quelque sorte la ressource naturelle potentielle. Bien entendu, celle-ci est variable et liée au climat d'une part, mais aussi, à un degré moindre, au milieu lui-même présentant des conditions environnementales évolutives.

La mesure des hauteurs d'eau dans les retenues et des débits déversés est indispensable pour assurer la surveillance des apports naturels et pour assurer une bonne gestion de l'eau au niveau de l'ensemble des retenues sur un grand bassin versant.

Il revient aux Services Hydrologiques Nationaux de disposer des inventaires des échelles de crue (stations hydrométriques, stations limnimétriques de retenue et de déversoir) tandis que les inventaires des retenues et les banques associées ("CARLAC") doivent être sous la responsabilité des services d'aménagements (par exemple: Génie rural, Office des barrages etc...).

L'observation des plus grandes retenues doit faire l'objet d'un soin attentif et précis, car elle permet d'apprécier la gestion des disponibilités actuelles en eau; en outre, elle permet d'obtenir une meilleure connaissance des écoulements naturels dans l'espace et le temps sur ces grands bassins versants aménagés.

La constitution d'un jeu de données pour la modélisation d'un bassin versant est une opération qui nécessite beaucoup de soins. Dès que la modélisation est envisagée par un Service d'Aménagement pour étudier les potentialités d'un bassin, ce service doit engager des consultations étroites avec les services responsables de la collecte des données hydroclimatologiques.

Si le premier inventaire des données disponibles fait apparaître des lacunes importantes, et si l'ampleur du projet le justifie, des campagnes de mesures complémentaires doivent être envisagées. Les grands projets ont en effet des délais d'études et de montage financier assez longs qui peuvent être mis à profit pour améliorer l'information utile à la modélisation hydrologique.

Les budgets correspondants à prévoir par l'autorité responsable du projet sont en général faibles par rapport aux investissements projetés et aux bénéfices attendus grâce à une meilleure connaissance de l'hydrologie.