

COLLOQUE FRANCO POLONAIS

SUR LES PROBLEMES DE L'EAU

PARIS 18 - 20 MARS 1968

---

METHODES MODERNES D'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

-----

ESTIMATION DE L'ECOLEMENT EN REGION MAL CONNUE

A L'AIDE DES BASSINS REPRESENTATIFS

---

Pierre DUBREUIL

Groupe C

Rapport C 3

SECRETARIAT PERMANENT POUR L'ETUDE DES PROBLEMES DE L'EAU

PARIS

16 JUIL. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 33426

Cote : B

71013

Dans certaines régions, les ressources en eau sont mal connues ou même inconnues. Les impératifs du développement économique sont tels que l'estimation de ces ressources est souvent nécessaire dans un très proche avenir. Le bassin représentatif est un outil précieux susceptible de pallier le manque d'information hydrologique de longue durée, mais peu capable de réduire l'imprécision de l'estimation.

Ces considérations introductives justifient l'objet de cette note. Cependant, il est souhaitable, au préalable, d'apporter des réponses à trois questions:

- qu'entendre par estimation de l'écoulement ?
- est-il admissible qu'une région soit mal connue ?
- le bassin représentatif a-t-il ce rôle unique d'estimateur de l'inconnu ?

L'écoulement désigne la ressource en eau de surface. Cette ressource s'exprime en termes quantitatifs par les caractéristiques du régime hydrologique. L'information hydrologique, ainsi définie, ne se transmet pas simplement en bloc de l'hydrologue au gestionnaire de la ressource chargé de la répartition en fonction des demandes. En effet, l'information hydrologique est une somme plus ou moins élaborée dont certaines composantes suffisent au gestionnaire chargé de planifier l'équilibre ressource-besoin d'un bassin hydrographique, mais dont d'autres composantes sont seulement nécessaires pour permettre l'établissement de certains projets d'aménagements.

A ce stade très élaboré, l'hydrologue met au point l'information hydrologique non plus à priori mais en fonction des besoins spécifiques de l'aménagement.

La composante à élaborer peut être soit le débit de crue (ouvrages d'art routier ou ferroviaire, réseau urbain d'assainissement, digue latérale de protection...), soit le débit d'étiage (prélèvement au fil de l'eau pour irrigation, adduction, canal de navigation...), soit la répartition mensuelle et annuelle du débit (prélèvement après régularisation par retenue pour production d'énergie électrique ou usage multiple). ..../

Les méthodes de captage (observations de terrain) et de traitement de l'information peuvent varier selon l'objectif ; cette remarque est également valable pour l'estimation en région mal connue.

Une région est mal connue, sous l'angle de la ressource en eau, quand l'économie s'y développe avec un rythme intense, ou si les conditions physiques rendent très difficiles l'exploration du milieu. Mais il ne doit s'agir là que d'une situation temporaire. La première chose à faire est de mettre en place les éléments rationnels nécessaires à une bonne connaissance de la ressource en eau; ces éléments, pour l'écoulement, ce sont les stations du réseau hydrométrique de base dont l'information de longue durée pourra être analysée par la méthode statistique.

Le bassin représentatif peut permettre une première estimation de l'écoulement, en attendant que le réseau hydrométrique soit à même de fournir une information de durée suffisante. Mais le bassin représentatif est un outil à facettes multiples, tantôt à vocation pratique comme c'est le cas ici, tantôt à vocation de recherche analytique fine, tantôt à vocation expérimentale, tantôt enfin à vocation de témoin ou de repère de l'évolution humaine ou du déroulement du temps.

Pourquoi et comment utiliser au mieux un bassin représentatif pour estimer l'écoulement, tel sera le premier développement de cette note. Le second point traitera de l'exploitation du bassin jusqu'aux résultats d'analyse et exposera succinctement ce qui se fait en FRANCE, en ce domaine. En dernier lieu, on envisagera l'utilisation des données recueillies sur un bassin en vue de l'estimation de l'écoulement hors de ce bassin, ce qui est, en réalité, l'objectif final de cette note.

## 1- POURQUOI ET COMMENT UTILISER LE BASSIN REPRESENTATIF : LES NOTIONS D'IMPLANTATION ET DE REPRESENTATIVITE.

1.1- Le bassin représentatif permet sur une faible surface - de quelques unités à quelques centaines de Km<sup>2</sup> - une forte concentration de mesures de l'écoulement

et de ces facteurs. L'analyse fine de cet écoulement et de ces facteurs, au niveau de l'averse et de la crue résultante conduit à l'élaboration d'un modèle de transformation pluie- débit plus ou moins complexe, plus ou moins précis. Ce modèle déterministe est une fonction de transfert nécessaire mais non suffisante. Il doit être inséré dans un cadre probabiliste pour que puisse être pris en compte le caractère aléatoire du phénomène (pluie ou débit). Cette insertion s'effectue à partir de l'information pluviométrique. Il est donc indispensable que cette information pluviométrique existe en quantité et en qualité, puisqu'elle doit être traitée par la méthode statistique. Sans cette information, le bassin représentatif n'est qu'un outil incomplet, inadéquat à résoudre le problème de l'estimation de l'écoulement car son exploitation ne fournit que le modèle de transformation des pluies en débits.

L'élaboration du modèle de transformation requiert un certain temps d'observation fonction de l'abondance de la pluviosité et de l'écoulement (fréquence d'apparition des événements averse-crue) d'une part, et de la précision et la complexité requises (selon l'objectif poursuivi) d'autre part.

La variable "durée d'exploitation" est la clé de résolution du choix de l'implantation du bassin représentatif (notion de réseau).

L'exploitation d'un bassin représentatif fournit une estimation de l'écoulement de ce bassin. Il faut ensuite pouvoir étendre à d'autres bassins cette estimation. Ceci implique une représentativité du bassin à l'échelle régionale.

I-2- Les notions d'implantation et de représentativité sont liées aux objectifs poursuivis et aux moyens disponibles: recherche du délai et du coût minimaux.

Il est aujourd'hui à peu près admis que le réseau hydrométrique (et le réseau climatologique complémentaire) est d'une efficacité accrue si, à côté des stations classiques, il contient des bassins représentatifs. Ces bassins de réseau, permanents, améliorent la connaissance des ressources en eau pour les faibles superficies et sous l'angle déterministe.

L'implantation d'un bassin représentatif dépend de l'un des trois objectifs

suivants:

- estimation de telle composante de l'écoulement pour tel projet d'aménagement  
(objectif spécifique)
- estimation globale de la ressource en eau pour le planificateur(objectif général)
- amélioration de la connaissance de la ressource(objectif réseau)

L'objectif spécifique ne pose ni problème d'implantation, ni problème de représentativité, L'objectif spécifique est prioritaire(économie de l'aménagement, délai minimal).

Tout bassin représentatif exploité sous un objectif spécifique peut être repris ultérieurement sous l'angle général ou sous l'angle réseau.

L'implantation d'un bassin représentatif répondant à un objectif général ou à un objectif réseau est entièrement déterminé par la représentativité régionale dudit bassin : obtenir avec le moins de bassins possibles le maximum de possibilité d'extension des résultats à la région environnante. De cette représentativité, c'est à dire de l'homogénéité du milieu physique(bassin-région), dépend la possibilité d'extension des résultats.

I-3 Les facteurs de représentativité servent à définir une région hydrologique homogène. Ils se classent sous plusieurs rubriques :

- climat c'est à dire régime des précipitations, des températures et secondairement du vent et de l'évapotranspiration ;
- sol et sous-sol envisagés sous les angles nature et perméabilité et en considérant tous les paramètres y afférant susceptibles d'influer le cycle de l'eau(porosité, profondeur, granulométrie, stabilité structurale ...etc...) ;

.. /

-relief représenté par un indice de Pente

-géomorphologie considérée sous les angles des paramètres morphométriques d'une part et de la cartographie des modelés d'autre part (interfluves, thalwegs... etc...).

Deux conceptions s'opposent quant à la définition du bassin représentatif d'une région hydrologique homogène.

a) Les facteurs de représentativité du bassin doivent être aussi près que possible de la valeur moyenne desdits facteurs dans la région.

b) le bassin doit contenir toute la gamme de variation des facteurs de représentativité de la région.

La première conception est la plus ancienne. La seconde paraît plus séduisante. Elle sous-entend un corollaire, à savoir que la résolution d'une intégrale exige la connaissance des éléments différentiels; en d'autres termes, un bassin "intégrale" se conçoit mais avec des sous-bassins élémentaires de très petites dimensions (quelques hectares) occupant toutes les unités sol-végétation homogènes existantes dans la région (concept de l'unit source watershed) sur lesquels est possible l'analyse fine du mécanisme de la fonction de transfert pluie-débit.

Quelle que soit la conception de représentativité, l'option minimale paraît être : un bassin représentatif par région hydrologique homogène. Tout dépend du découpage de la région et des critères de sélectivité appliqués aux facteurs. A titre d'exemples, la NOUVELLE ZELANDE- pays montagneux- compte environ 45 bassins de ce type ; les USA plus de 100.

L'utilisation brutale de la notion de représentativité pour l'implantation des bassins est d'essence déterministe. Elle doit être tempérée par la prise en

.../

compte de l'optique statistique : implantation fonction des objectifs spécifiques, des besoins urgents...etc... afin que la technique des plans d'expérience, après mise en évidence du modèle probabiliste à analyser, puisse apporter son aide à la résolution des problèmes par la vérification statistique (tests).

I-4 - La durée d'exploitation du bassin représentatif dépend des objectifs poursuivis . En matière d'objectif spécifique, l'exploitation doit être de durée minimale : 2 ou 3 ans.

En matière d'objectif général, ou de réseau, le choix réside entre peu de bassins permanents ou beaucoup de bassins de durée limitée (à 10 ou 15 ans) , par exemple . Ce choix est identique à celui qui en matière de réseau hydrométrique doit opérer la répartition entre stations primaires et secondaires : au moindre coût, dans un moindre délai pour un maximum d'informations.

En matière de bassins représentatifs, la conception n'est pas dégagée clairement et la discussion reste ouverte. La sagesse conseille une équitable répartition de bassins permanents et de bassins d'exploitation limitée.

## 2 - DE L'EXPLOITATION DU BASSIN REPRESENTATIF ET DES RESULTATS D'ANALYSE

2. 1-L'exploitation matérielle sur le terrain d'un bassin représentatif repose sur l'hypothèse de durée adoptée. De celle-ci dépendent les investissements et l'équipement en importance et en mobilité ( récupération) .

L'exploitation sur le terrain exige la permanence d'un ou plusieurs agents techniques hydrologues chargés des mesures, des observations et de leur dépouillement : élaboration des données brutes. Il ne faut lésiner ni sur l'installation matérielle, ni sur les salaires et avantages annexés accordés à ce personnel mobilisé sur le terrain vingt quatre heures sur vingt quatre et auquel il faut faire confiance.

.. /

2.2- L'analyse des données brutes doit être l'objet d'une mise à jour régulière et ne doit en aucun cas être différée de plus d'un an. Tout retard entraîne une accumulation dangereuse et un risque de perte d'information comme un risque d'égarer hors des objectifs (rectification du programme d'études à partir des premiers résultats).

L'analyse doit être effectuée par un ingénieur assisté du ou des techniciens d'exploitation.

Le cheminement du processus analytique depuis les données brutes élaborées jusqu'à l'estimation de l'écoulement passe par les étapes suivantes, à peu près les mêmes quels que soient les objectifs poursuivis:

-définition des paramètres quantitatifs caractérisant les facteurs représentatifs du milieu;

-étude statistique du régime des précipitations locales: hauteur annuelle, répartition mensuelle, hauteur journalière, forme des hyétogrammes, abattement spatial avec prise en compte de l'information pluviométrique régionale de longue durée disponible;

-établissement de la fonction de ruissellement liant la fraction des précipitations s'écoulant aux facteurs pluie, saturation...etc... pour des échelles de temps variant selon l'objectif de la journée à l'année (crue, étiage, apport annuel ou saisonnier...);

-recherche du modèle de transformation pluie-débit selon le procédé de l'opérateur global (hydrogramme type ou unitaire d'un petit bassin homogène) ou de l'opérateur matriciel (bassin complexe). Réglage de ce modèle sur les données d'observations ;

-création de chroniques d'écoulement de longue durée à l'aide de ce modèle et à partir de l'information pluviométrique en vue d'un traitement statistique.

.../



2.3 - EN FRANCE, les bassins représentatifs sont employés sous les trois objectifs définis au chapitre précédent. Selon une enquête établie en 1966, il y avait en cours d'exploitation 10 ensembles de bassins représentatifs relatifs à la connaissance de l'écoulement (état descriptif succinct en annexe). Dans le choix des implantations de ces bassins, les objectifs ont souvent été multiples: spécifique et général, spécifique puis de réseau, mais les intérêts particuliers des organismes gestionnaires ont toujours prévalu sans qu'une coordination nationale s'impose au stade du choix des implantations. Ainsi le bassin d'ALRANCE, établi pour estimer l'écoulement en vue de l'alimentation des barrages d'Electricité de France, est-il peu à peu devenu un bassin permanent, pilote et d'essai. De même façon, à évolué le bassin d'ORGEVAL(CERAFER,Agriculture) d'un objectif spécifique vers un objectif de réseau.

Pour le bassin d'ALRANCE, en exploitation depuis 1950, la totalité du cheminement du processus analytique a été décrit; les résultats ont fait l'objet de publications. Tous les autres bassins ont moins de 10 ans d'exploitation et le cheminement avancé pour certains d'entre eux(ORGEVAL,DOLLER, DIEGE) est encore au stade des étapes préliminaires pour beaucoup d'autres (BRUCHE,MIELLAN, GAPEAU, BLAVET, RHUE...)

Pour autant que les derniers résultats sont connus, on peut dire que tous ces bassins représentatifs remplissent leur mission et que l'estimation de l'écoulement y pourrait être réalisée avec une précision satisfaisante. La poursuite des recherches améliore la connaissance de l'écoulement et la précision des estimations. Sur la quasi-totalité de ces bassins, les études portent sur les divers aspects de l'écoulement : apports saisonniers, annuels, étiages et crues. L'alimentation des nappes, le stockage temporaire dans le sol, l'action érosive sont généralement et parfois étudiés.

### 3. EXTENSION REGIONALE DES CONNAISSANCES ACQUISES SUR BASSIN REPRESENTATIF

D'un bassin à un autre, l'écoulement varie d'une part avec la surface drainée, d'autre part avec les facteurs représentatifs.

..../

La connaissance de cette double variation est nécessaire à l'établissement des règles d'extension analogique à appliquer aux valeurs des composantes estimées de l'écoulement sur bassin représentatif pour en déduire les valeurs correspondantes sur un bassin quelconque de la même région hydrologique homogène.

3.1 - La variation des caractéristiques de l'écoulement en fonction de la surface drainée peut être assez aisément connue si l'on a pris soin d'exploiter non pas un bassin représentatif unique, mais une gamme de bassins de surfaces diverses, aussi homogènes que possible entre eux. L'emploi des données du réseau hydrométrique est d'un certain secours pour saisir l'intensité et la tendance de cette variation. Une relation bilogarithmique entre écoulement et surface est généralement obtenue ; les paramètres de cette relation peuvent varier d'une composante d'écoulement à une autre et d'une gamme de surfaces à une autre.

3.2 - La variation de l'écoulement avec les facteurs représentatifs est autrement complexe et encore très mal connue quantitativement.

La complexité est double :

-chaque composante de l'écoulement dépend à des intensités variables de tout ou partie des facteurs représentatifs;

-les facteurs représentatifs n'agissent pas de manière indépendante les uns des autres.

La résolution d'un tel problème exige qu'au préalable tous les facteurs représentatifs possibles aient été clairement définis et explicités sous forme numérique.

3.3- Une solution simplifiée consiste à grouper arbitrairement les valeurs de chaque facteur en plusieurs classes; par exemple les indices de pente sont groupés en 6 ou 7 classes de relief croissant de R 1 à R 7 ...etc...

.../

Une telle solution simplifiée permet une analyse graphique de l'action des facteurs sur l'écoulement. Un tel travail a pu être réalisé pour les 4 paramètres définissant la composante "crue décennale" : coefficients de ruissellement, temps de ruissellement, temps de montée de l'hydrogramme et rapport du débit maximal au débit moyen. Chacun de ces paramètres varie dans une zone climatique donnée en fonction de la surface drainée d'une part et des classes de relief et de perméabilité du sol d'autre part (composition d'indices du type  $R_i P_j$ ). Des abaques ont été établis de la sorte pour toute la zone intertropicale d'AFRIQUE à partir des données de quelques cent bassins représentatifs (sous gestion de l'ORSTOM).

De tels abaques sont une première réponse au problème, mais ils manquent de précision et la classification des facteurs représentatifs reste arbitraire et imprécise.

3.4 - La définition numérique et paramétrique de chaque facteur représentatif est nécessaire au traitement complet du problème.

Cette définition a déjà fait l'objet de nombreuses études, mais toutes découlent de raisonnement a priori que seul le traitement du problème confirmera ou infirmera.

Le nombre de paramètres à retenir est d'autre part mal défini.

Certains chercheurs des USA orientés vers les problèmes d'aménagement et de conservation du sol (land capability, soil conservation) retiennent plus de 80 facteurs. A l'ORSTOM, pour les zones arides et intertropicales avec comme objectif l'estimation de l'écoulement (apport annuel et crue en particulier), on s'oriente actuellement vers quelques 20 à 30 paramètres caractérisant les facteurs représentatifs du milieu physique, climat exclus.

Oublier des paramètres importants conduit à une analyse incomplète et imprécise; retenir trop de paramètres alourdit inutilement la recherche. Un choix délicat s'impose; il peut varier avec la composante de l'écoulement considérée.

3.5- La mise au point des liaisons entre composante d'écoulement et facteurs représentatifs requiert l'usage des méthodes statistiques (analyse factorielle multiple,

.../

corrélations, tests...) et la programmation pour traitement en calcul automatique.

Au préalable, une recherche manuelle, graphique, des liaisons éventuelles entre telle composante et tel facteur et de l'importance relative de ces liaisons permet plus facilement l'élaboration des données en vue du calcul automatique.

En dehors du problème évoqué des crues décennales intertropicales, peu de choses ont été faites dans ce domaine si ce n'est pour la connaissance des étiages (bassin de l'ALLIER, étudié par E.D.F.).

La méthodologie concernant les apports annuels ou saisonniers n'est pas clairement définie. Doit-on procéder globalement à l'échelle de temps désirée comme il est d'usage pour les grands bassins, ou doit-on considérer ces apports comme la somme d'écoulements dus aux crues superposés à l'écoulement de base ? Le modèle de transformation pluie-débit doit varier selon l'optique envisagée, et en conséquence les liaisons et la nature des facteurs incriminés.

3.6- L'analyse factorielle multiple exige la connaissance de l'écoulement sur des bassins représentatifs implantés en des régions très diverses afin que la gamme de variation possible des facteurs représentatifs soit explorée.

Cette nécessité condamne les études spécifiques localisées et encourage le choix de l'optique réseau avec bassin à exploitation limitée dans le temps (plus de bassins donc meilleure exploration du champ de variation des facteurs). Cette nécessité impose une coordination nationale des études et une possibilité d'action concertée au niveau de la synthèse.

#### QUELQUES QUESTIONS EN GUISE DE CONCLUSION

1. La délimitation des régions hydrologiques homogènes constitue-t-elle un préalable à tout programme d'études sur bassins représentatifs ?

.../

ou

Convient-il simplement d'implanter de tels bassins en fonction des objectifs spécifiques prioritaires ? La mise en évidence des facteurs représentatifs s'effectuant a posteriori.

2. Peut-on considérer comme suffisamment connues et définies les clés de représentativité régionale choisies par les hydrologues ?

ou

N'est-il pas souhaitable qu'une action multidisciplinaire, associant pédologues, hydrogéologues, géomorphologues... examine dans son ensemble ce problème de quantification paramétrique du milieu physique ?

3. L'extension analogique des résultats étant le but suprême, ici visé, ne doit-on pas conseiller qu'un choix des paramètres caractérisant les facteurs de représentativité soit adopté pour l'ensemble d'un pays ?

ou

Laisse-t-on latitude aux différents chercheurs de définir tel ou tel paramètre en fonction de leurs objectifs et besoins propres ?

4. La densité minimale d'un bassin représentatif par région hydrologique homogène est-elle admissible au titre du programme d'études des ressources en eau d'un pays ?

ou

Doit-on adjoindre l'obligation d'études sur bassins élémentaires de quelques hectares implantés chacun sur une unité sol-végétation bien définie au sein d'une région dont le bassin représentatif caractérise toute la gamme des valeurs- et non pas la moyenne- prises par les facteurs de représentativité régionale ?

5. La notion de réseau doit elle être étendue aux bassins représentatifs et les méthodes de rationalisation également (répartition entre bassins permanents et de durée limitée) ?

6. La précision d'un modèle de transformation pluie-débit dépendant, entre autres, de la durée des observations et cette précision influant celle de l'écoulement estimé, selon quels critères peut-on fixer a priori-ou non- la durée d'exploitation d'un bassin représentatif à objectif spécifique ou général ?

7-La valorisation des observations sur bassin représentatif n'exige-t-elle pas qu'en préalable soient dressés des plans d'expérimentation, tout particulièrement pour les études sur bassin élémentaire et relatives à l'incidence sur l'écoulement d'une modification du milieu physique ?

8. Les études de liaison écoulement-facteurs de représentativité sont d'une telle complexité que leur résolution exige le recours au calcul automatique; n'y-a-t-il pas ici également nécessité préalable de définition des plans et programmes d'observations, des méthodes probabilistes de traitement ?

9. L'information concourant à l'estimation de l'écoulement en région mal connue provenant d'organismes divers, la nécessité d'une coordination des programmes, d'une diffusion rapide des résultats pour l'usage de tous, d'une mise en commun des moyens d'extension analogique, ne s'impose-t-elle pas avec netteté et avec urgence ?