

In: Congrès sur l'Hydrologie (eaux de surface)
dans le monde arabe. 11-17 Sept. 1982. Vol. II
Complémentaire des sources d'eaux de surface et eaux
profondes. (Trad. de l'arabe). - Damas, Direction des Etudes
Hydrologiques, 1985. pp. 13-20, bibliogr.

PRATIQUES DE DEVELOPPEMENT DES RESSOURCES EN EAU SUPERFICIELLE
EN RELATION AVEC LES ASPECTS HYDROLOGIQUES, D'INGENIERIE ET OPERATIONNELS

S. PERYS
Chef du Département de la Formation
au Service Hydrologique de l'O.A.S.H.

Le développement des ressources en eau superficielle, pour autant qu'on ne le considère pas sous un angle purement académique, mais avec une volonté réelle d'obtenir des résultats tangibles, doit être considéré sous trois aspects principaux : hydrologiques, d'ingénierie et opérationnels.

- aspect hydrologique pour la connaissance de la ressource et de ses particularités, en liaison avec les zones climatiques et physiographiques auxquelles on s'intéresse ;
- aspect d'ingénierie, tenant compte des possibilités technologiques et de la nécessaire planification préalable à toute réalisation d'une certaine ouverture ;
- aspect opérationnel, plus ou moins lié à l'aspect précédent et prenant en compte les réalités locales, notamment le cadre socio-économique du développement des ressources en eau superficielle.

Ce qui précède peut paraître évident mais cette évidence n'est en fait qu'apparente. Il suffit, pour s'en convaincre, de se référer aux diverses études et réalisations qui, de part le monde, n'ont pas atteint leurs objectifs, faute d'avoir respecté ces règles : rapports hydrologiques dormant au fond de tiroirs car totalement inutilisables au plan pratique, réalisations en ayant pris trop à leur aise avec l'aspect hydrologique ou l'aspect opérationnel.

Dans cette optique, il ne nous paraît pas inutile de conseiller la lecture, ou la relecture, des rappels sur la notion de ressource en eau dans l'optique du planificateur (1) ainsi que quelques définitions de termes et de concepts de base en relation avec les aspects hydrologiques de l'utilisation des eaux (2).

Bien qu'ayant, si l'on peut dire, valeur universelle, cette approche du développement des ressources en eau superficielle est particulièrement nécessaire dans le cas des zones arides et semi-arides où le caractère structural de la pénurie entraîne généralement un taux élevé d'exploitation des ressources, d'où la nécessité d'une très bonne connaissance de ces ressources.

13 MAI 1986
O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire
No : 21 004 157
Cote : B 21.004

Sans revenir en détail sur les influences de l'aridité sur la ressource - voir (1) - il nous a paru nécessaire, dans cette introduction, de dégager les problèmes essentiels qui se posent en zone aride et semi-aride pour le développement de la ressource en eau superficielle :

- Faiblesse et surtout irrégularité des apports annuels - possibilité d'année à écoulement nul (Pour fixer les idées, on peut prendre l'exemple du ZOUMMI dans le massif montagneux du Tibesti (TCHAD)). La précipitation annuelle médiane est de l'ordre de 20 mm et la reconstitution des écoulements annuels, exprimés en lames d'eau - Le en mm - donne, pour un bassin de 4050 km², les résultats suivants pour diverses fréquences cumulées au dépassement F_1 :
 $F_1 = 0,05$ Le = 4 ; $F_1 = 0,1$ Le = 1 ; $F_1 = 0,2$ Le = 0,05 ; $F_1 = 0,55$ Le = 0.
- Forte dégradation des réseaux hydrographiques, d'où difficultés pour préciser les limites du bassin "utile" et complexité des phénomènes d'écoulement.
- Part prépondérante et souvent exclusive des crues dans l'apport annuel. Violence et soudaineté des crues s'ajoutant à leur extrême irrégularité inter-annuelle.
- Débits d'étiage nuls ou très faibles.
- Problème de salinité des eaux.
- Forte érosion et importance des transports solides.
- Importance de l'évaporation.

ASPECTS HYDROLOGIQUES

La maîtrise de l'eau et le développement des zones arides et semi-arides impliquent deux actions prioritaires et complémentaires qui sont la valorisation des ressources en eau et l'optimisation de l'usage de l'eau.

Pour y parvenir, en ce qui concerne l'eau superficielle, la connaissance ou l'estimation des principales caractéristiques hydrologiques énumérées ci-dessous, s'avère nécessaire :

- l'écoulement annuel et sa distribution ;
- la crue (débit maximal et volume) ;
- les transports solides ;
- l'évaporation sous deux formes : l'évaporation des surfaces d'eau libre et l'évaporation consommative (évapotranspiration).
- la qualité et, en particulier, la salinité des eaux.

Un point essentiel à souligner est que le mode de calcul de ces caractéristiques doit être fonction des besoins réels des ingénieurs et que les données et méthodologies doivent être présentées en vue de leur utilisation par ces mêmes ingénieurs qui ne sont pas, dans la plupart des cas, des hydrologues. Il faut cependant ajouter que, spécialement dans les zones arides et semi-arides, compte tenu de l'aspect parfois assez "subjectif" des résultats présentés, il paraît presque impossible de se passer d'un hydrologue conseil confirmé.

L'hydrologie de ces zones étant particulièrement délicate, nous passerons maintenant en revue les principales difficultés que l'on rencontre généralement, ainsi que les solutions envisageables pour surmonter ces difficultés.

Difficultés rencontrées pour l'obtention des principales caractéristiques hydrologiques

Ces difficultés se rencontrent à deux niveaux : acquisition des données de base et analyse des données. Dans ce dernier cas, les problèmes sont liés, d'une part au faible volume de données généralement disponibles, à la qualité de ces données ainsi qu'au régime hydropluviométrique particulier de ces régions.

Les réseaux pluviométriques, souvent peu développés du fait des difficultés d'accès, ne permettent pas d'avoir une bonne connaissance des précipitations. D'autre part, l'erreur relative sur les pluies mesurées est importante, compte tenu de la faiblesse des précipitations qui présentent parfois une grande variabilité dans l'espace.

Au plan des débits, les difficultés de mesurage sont énormes. Les crues qui représentent, dans la plupart des cas, la quasi-totalité de l'écoulement annuel, sont rares, soudaines et brutales. Leur mesurage est extrêmement délicat, voir dangereux, si toutefois on peut arriver à se rendre à pied d'oeuvre en temps utile, ce qui est loin d'être évident, du fait des difficultés de déplacement sur le terrain et de la forte irrégularité spatiale et temporelle des pluies qui génèrent ces crues.

L'instabilité très fréquente des lits nécessite une constante remise à jour des courbes de tarage des stations hydrométriques. On peut citer à ce propos l'exemple de l'oued ZEROUD à SIDI SAAD, en TUNISIE, où, lors de la crue du 27 septembre 1962 - débit maximal de 17000 m³/s - toute la couche de sables et de limons, épaisse de 12 m dans l'axe du chenal, a été enlevée en moins de 24 heures.

Plus de 10 heures avant le passage du débit maximal, le fond rocheux était entièrement décapé, la phase de remblaiement n'était pas achevée 6 jours après (3).

L'hydrométrie des zones arides et semi-arides nécessite donc des équipes de terrain particulièrement bien entraînées et dotées de moyens importants, ce qui n'est pas toujours facile à obtenir ; en outre, la faible densité des populations sédentaires ne permet généralement pas de disposer d'observateurs ou de gardiens pour les postes pluviométriques et les stations hydrométriques.

Toutes ces difficultés se retrouvent pour le mesurage des transports solides et de la qualité des eaux.

En ce qui concerne l'évaporation, mis à part la difficulté de maintenir des stations permanentes dans des lieux souvent inhospitaliers, il n'y a pas de problèmes trop importants, si ce n'est de pouvoir caler les diverses formules utilisables et de faire un choix. Il est à noter que l'évaporation et, en particulier celle des nappes d'eau libre, est un élément du cycle hydrologique dont la variation interannuelle est relativement faible.

Au plan de l'analyse des données, le problème essentiel est lié à la très forte irrégularité interannuelle des pluies et des débits, ce qui fait que, contrairement à ce qui se passe dans les zones tropicales humides par exemple, les études hydrologiques nécessitent de très longues séries de données - au moins 60 années d'observations pour avoir une idée des distributions.

Solutions envisageables

Observations de terrain

Il n'est pas inutile de rappeler que les observations de terrain sont à la base de toute étude sérieuse en hydrologie et que même une observation relativement imprécise est préférable à une opération mathématique plus ou moins complexe. Il faut donc tendre au renforcement des réseaux pluviométriques en cherchant à obtenir des données de qualité et rechercher de longues séries sur l'intensité des pluies. On peut utiliser des stations classiques, des totalisateurs pour les zones d'accès vraiment très difficile. On peut également se tourner vers des technologies plus avancées, télétransmission des données (4), utilisation des radars pluie. Enfin, les enquêtes de terrain sont primordiales pour le contrôle de la qualité des données et également pour obtenir parfois, par une voie indirecte, une estimation des précipitations. Ainsi, l'observation de la végétation dans les zones arides et semi-arides peut permettre une estimation des précipitations qui se sont produites quelque temps auparavant. Dans certaines conditions, ces observations peuvent se faire en utilisant la télédétection, soit par satellite, soit en utilisant l'avion.

De même pour les débits, il est nécessaire de disposer d'un minimum de stations de base, ainsi que le recommande l'Organisation Météorologique Mondiale (5). Des équipes spécialisées, bien dotées en matériel, doivent, en plus des méthodes classiques de mesurage, avoir recours aux jaugages aux flotteurs, aux enquêtes historiques et à l'utilisation des formules hydrauliques appuyée sur les relevés et les vérifications de terrain (6).

Le mesurage des transports solides peut se faire en utilisant un certain nombre de techniques, dont le prélèvement d'échantillons, les études topographiques et géomorphologiques, ainsi que l'étude de la sédimentation dans les retenues (7) (8).

L'étude de la qualité des eaux et notamment de sa salinité peut bénéficier dans les régions isolées de l'apport des techniques modernes : stations automatiques utilisant des électrodes spécifiques avec télétransmission des données, ces stations étant alimentées par des panneaux solaires (9).

Analyse des données

Bien qu'ayant volontairement souligné la nécessité absolue des études de terrain pour obtenir des données en nombre suffisant et de bonne qualité, nous ne perdons pas de vue qu'il est impossible, dans la plupart des cas, d'attendre patiemment ces longues séries avant de s'attaquer au développement des ressources en eau superficielle. C'est pourquoi nous voulons souligner ici l'intérêt d'un certain nombre de possibilités :

- Constitution de bases ou de banques de données, tant au plan national, régional, qu'international ; coopération internationale au plan de la publication des résultats, des études bibliographiques.
- Etudes de synthèse au plan régional. On peut citer à ce propos l'étude sur l'évaluation de l'écoulement annuel dans le SAHEL tropical africain (10) qui fournit aux ingénieurs les principales caractéristiques hydrologiques nécessaires au développement des ressources en eau de surface, même si la précision n'est pas excellente.
- Hydrologie analytique s'appuyant sur des études de courte durée sur des bassins versants représentatifs ou expérimentaux. Sur ces bassins sont concentrés d'importants moyens humains et matériels et les techniques de simulation des pluies permettent d'obtenir, dans des délais relativement courts (1 ou 2 campagnes de mesurage), des renseignements extrêmement précis sur les relations pluie-débit, notamment en ce qui concerne les apports annuels. La transposition des résultats des bassins représentatifs, à d'autres bassins non observés ou observés sur une trop courte période, bien que n'étant pas toujours évidente, permettra de répondre à un certain nombre de questions que se pose l'ingénieur (11)(12). Cette transposition s'appuiera généralement sur l'analyse physiographique des bassins.
- Analyse physiographique permettant de déterminer les principales caractéristiques physiques et morphométriques des bassins étudiés. Là encore le recours à la télédétection peut être envisagé, sous certaines conditions, pour établir ou compléter les différentes cartographies nécessaires.
- Analyse des bassins par tranches de superficie. Compte tenu des problèmes de dégradation hydrographique, les transpositions et les analyses hydrologiques dans les zones arides et semi-arides devront nécessairement se faire par tranches de superficie. En effet, le régime des variations des volumes annuels, d'un cas à l'autre, varie de façon extrêmement importante avec la superficie du bassin versant, les principes d'estimation ne sont plus du tout les mêmes.
- Modélisation qui est la technique la plus élaborée de l'analyse des données. Citons à ce propos le modèle SAHEL (13) qui, à partir des seules séries pluviométriques aux stations de longue durée, permet de constituer des séries de lames d'écoulement annuelles facilitant ainsi l'appréciation de la variabilité interannuelle de la ressource en eau.

ASPECTS D'INGENIERIE ET OPERATIONNELS

A ce niveau, il convient de souligner que, dans les zones arides et dans une moindre mesure, dans les zones semi-arides, les ressources en eau souterraines sont les plus importantes et souvent les seules. Le postulat de base est donc de privilégier les aménagements intégrés, eaux superficielles-eaux souterraines.

La stratégie du développement des ressources en eau doit tenir compte, en priorité, des possibilités d'aménagements sur les grands fleuves provenant de zones climatiques plus clémentes et pour lesquels les problèmes sont relativement peu différents de ceux que l'on rencontre dans les zones plus humides. Cela étant, il convient également d'accorder toute son attention aux petits aménagements du type agro-pastoral en gardant à l'esprit que ceux-ci ne pourront généralement fonctionner de manière efficace qu'en associant l'utilisation de la ressource superficielle et de la ressource souterraine.

De nombreuses techniques peuvent être citées en ne perdant pas de vue que, dans ces régions, les dépressions naturelles où l'on peut stocker l'eau sont souvent très peu profondes et que, environ 95 % de l'eau stockée sera perdue par évaporation, à moins d'utiliser des procédés mécaniques ou chimiques de protection. Ces procédés sont généralement chers et pas toujours fiables. Pour lutter contre ces pertes, on pourra surcreuser les dépressions, c'est ce qui est fait au SOUDAN - "HAFIR".

- En NAMIBIE, on construit des barrages pour créer des réservoirs de sable qui fonctionnent comme une nappe souterraine.
- Dans le sud-tunisien, en LYBIE, on établit, dans le lit de l'oued, une série de petits murets en pierre. Ces murets retiennent les limons qui s'humidifient au passage de la crue permettant ainsi la culture des céréales et d'arbres fruitiers sur les surfaces planes à l'amont de chacun des murets.
- On peut également construire des citernes à l'exutoire de petits bassins de quelques hectares et, selon les cas, le coefficient de ruissellement à prendre en compte variera de 40 à 80 %. Il est également possible d'imperméabiliser l'impluvium. C'est ainsi qu'en AUSTRALIE on utilise les techniques routières en construisant un véritable tronçon de route pour alimenter le réservoir.
- Remise en état, amélioration et utilisation de techniques anciennes, si nombreuses dans les régions de civilisation arabe. C'est le cas, par exemple, des "GHETARA", longues galeries qui récupèrent en amont l'eau de l'inférou-flux.

Au plan opérationnel, la prévision des crues sera utilement combinée avec le développement des techniques radar. Enfin, les dispositifs mis en place, notamment pour le vannage, devront être simples et efficaces, les consignes d'exploitation simplifiées et bien adaptées aux conditions locales et à la mentalité des exploitants.

Notre conclusion portera sur quatre points qui nous semblent fondamentaux pour un développement efficace de la ressource en eau superficielle considéré sous ses aspects hydrologiques, d'ingénierie et opérationnels :

- Intensifier les efforts pour assurer un développement minimal des réseaux pluviométriques et hydroclimatologiques, assurer la formation de personnel qualifié, afin d'appuyer les futures études sur des bases plus solides et permettre également une gestion plus élaborée des ouvrages existants.
- Utiliser toutes les possibilités pour obtenir, à court terme, des données aussi précises que possible, nécessaires aux ingénieurs. Les différentes méthodes citées dans la partie "analyse des données", même si les résultats qu'elles fournissent n'approchent parfois que d'assez loin la réalité, peuvent cependant permettre, dans la plupart des cas, de trancher la question de savoir si l'ouvrage doit ou non être fait.
- Ne pas avoir une vue partielle des problèmes mais traiter globalement des ressources superficielles et souterraines.
- Sans renier pour autant tous les acquis de la science et de la technologie de notre temps, ne pas bouleverser ou tenir pour négligeables les traditions des populations qui vivent l'aridité depuis des générations et qui ont souvent montré qu'avec de faibles moyens on pouvait arriver à des résultats non négligeables. Ainsi, de ces paysans égyptiens et lybiens de la bordure orientale de la méditerranée qui réussissent parfaitement à optimiser l'utilisation de leurs maigres ressources en eau en planifiant, dans le temps et dans l'espace, leurs productions. Réhabiliter et améliorer les techniques ancestrales en ouvrant le dialogue avec les utilisateurs.

Telles sont, à notre avis, les voies d'un développement harmonieux et efficace des ressources en eau superficielle dans les zones arides et semi-arides.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) - MARGAT J. (1981) - Séminaire préparatoire à un cours international sur la planification des eaux en zones arides et semi-arides. SOPHIA-ANTIPOLIS : 26-29 janvier 1981 - ACSAD - CEFIGRE.
- (2) - A.I.S.H. (1967) - Aspects hydrologiques de l'utilisation des eaux. Assemblée Générale de BERNE - Publication n° 76.
- (3) - CRUETTE J., RODIER J.-A. (1971) - Mesure de débits de l'Oued ZEROU'N pendant les crues exceptionnelles de l'automne 1969. Cahiers Hydrologie, vol. VIII, n° 1, 1971, ORSTOM-PARIS.
- (4) - CEFIGRE - OMM - ORSTOM (1979) - Comptes rendus et mémoires du séminaire sur la télétransmission par satellite des données hydrologiques appliquée aux pays en développement. SOPHIA-ANTIPOLIS, FRANCE, 29 au 31 mai 1979.
- (5) - OMM - Guide des pratiques hydrométéorologiques - n° 168.
- (6) - RODIER J.-A., ROCHE (M.) (1978) - Ecoulement dans les zones arides. HYDROMETRY. R.W. HERSCHY éditeur.
- (7) - CLAUDE J., CHARTIER R. (1976) - Mesure de l'envasement dans les retenues de 6 barrages tunisiens - ORSTOM - DRES TUNIS.
- (8) - ISO (1979) - Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts. Méthodes de mesure des sédiments en suspension - ISO 4363 - 1977.
- (9) - SUŞINI J. (1980) - Utilisation d'électrodes sensibles aux ions pour la mesure en continu, avec enregistrement du pH, pNa, pCa, pCl, pCa+Mg et t°C - ORSTOM - PARIS.
- (10) - RODIER J.-A. (1975) - Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain - ORSTOM - PARIS.
- (11) - LAFFORGUE A., NAAH E. (1976) - Exemple d'analyse expérimentale des facteurs de ruissellement sous pluies simulées. Cahiers Hydrologie, vol. XIII, n° 3, ORSTOM - PARIS.
- (12) - RODIER J.-A. - La transposition des résultats des bassins représentatifs et ses problèmes (en cours d'édition).
- (13) - GIRARD G. (1975) - Les modèles hydrologiques pour l'évaluation de la lame écoulée en zone sahélienne et leurs contraintes. Cahiers Hydrologie, vol. XII, n° 3, 1975, ORSTOM - PARIS.