

**SYNTHESE TECHNIQUE**

**DETERMINATION ET MISE EN PLACE DE REGIMES  
RESERVES POUR LES COURS D'EAU**

**REBILLARD VINCENT**  
E-mail: [rebillard@engref.fr](mailto:rebillard@engref.fr)

Janvier 2006

ENGREF Centre de Montpellier  
B.P.44494 –  
34093 MONTPELLIER CEDEX 5  
Tél. (33) 4 67 04 71 00  
Fax (33) 4 67 04 71 01

CEMAGREF  
LYON

## LA DETERMINATION ET LA MISE EN PLACE DE REGIMES RESERVES POUR LES COURS D'EAU

### Résumé :

Pour permettre différents usages de la ressource en eau, la majorité des rivières de la planète ont été massivement aménagées lors des dernières décennies avec des conséquences dramatiques pour les écosystèmes aquatiques. Face à ce constat, la Directive Cadre sur l'Eau impose aux pays membres de l'Union Européenne l'atteinte du « bon état écologique » de la plupart de leurs cours d'eau d'ici 2015. Pour satisfaire un tel objectif, il faudra en particulier corriger certaines altérations hydrologiques préjudiciables au milieu en s'appuyant sur des outils adaptés pour évaluer les exigences minimales des écosystèmes aquatiques. L'étude réalisée propose dans un premier temps un bilan des méthodes courantes et des mesures déjà en vigueur avec l'acceptation généralisée de la notion de débit réservé, puis montre les limites de cette approche qui néglige l'importance de la variabilité hydrologique naturelle. L'introduction du concept de régime réservé s'impose donc dans certains cas mais il convient de s'interroger sur sa facilité de mise en œuvre par rapport à l'état actuel des connaissances scientifiques (analyse des méthodes) et par rapport à sa compatibilité avec les usages de la ressource.

Mots-clé : débit réservé, régime réservé, méthodes d'évaluation des débits environnementaux, microhabitats, altération hydrologique, approche holistique, hydroélectricité.

## EVALUATION AND SETTING OF THE ENVIRONMENTAL FLOW REQUIREMENTS FOR RIVERS

### Abstract :

On a worldwide scale, most of the rivers have been strongly regulated over the past decades in order to face increases in water demands. Such water resource developments are responsible for unprecedented impacts to riverine ecosystems, that's why the European Union included in its Water Framework Directive a commitment to reach the « good ecological status » of most of its rivers before 2015. To achieve such a goal, some specific alterations to the natural hydrological regime have to be corrected using appropriate tools to estimate environmental flow requirements of the riverine ecosystems. First, this work assesses the current state of the methodologies and the legislation already in use to limit environmental impacts. Even if the respect of a minimum flow is commonly accepted, the importance of the hydrological natural variability is rarely taken into account despite of the scientific proofs of its ecological relevance. In many cases, environmental flow requirements should be described as modified hydrological regimes that are sufficient to maintain some specified valued features of the river ecosystem. But given the current state of scientific research and the constraints of water demands, it is worthwhile wondering to what extent such a new approach is possible to implement.

Key words: minimum flow, environmental flow requirements, environmental flow methodologies, habitat simulation, hydrological alteration, holistic approach, natural flow paradigm, hydropower.

# PLAN

## INTRODUCTION

### LES LEGISLATIONS ACTUELLES ET LEURS ORIGINES

- **LES QUATRE TYPES DE METHODES**
  - a) Les méthodes hydrologiques
  - b) Les méthodes hydrauliques
  - c) Les méthodes de type microhabitats
  - d) Les méthodes holistiques
- **LES LEGISLATIONS EN VIGUEUR**
  - a) Cadres juridiques
  - b) Méthodes associées

### ETUDE DETAILLEE DE TROIS METHODES INNOVANTES

- **INSTREAM FLOW INCREMENTAL METHODOLOGY (IFIM)**
  - a) Description
  - b) Analyse critique
- **BUILDING BLOCK METHODOLOGY (BBM)**
  - a) Description
  - b) Analyse critique
- **RANGE OF VARIABILITY APPROACH (RVA)**
  - a) Description
  - b) Analyse critique

### LES DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE DE LA NOTION DE REGIME RESERVE

- **LES DIFFICULTES LIEES AUX METHODES**
- **LES CONFLITS D'INTERETS ENTRE USAGES DE LA RESSOURCE ET PROTECTION DU MILIEU**
  - a) Contraintes imposées par un régime réservé pour les différents usages
  - b) Vers une coordination des différents acteurs ?

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES

## INTRODUCTION

Pour satisfaire différents usages anthropiques de l'eau, les cours d'eau ont été massivement aménagés dans les pays développés ou émergents sans qu'une attention particulière soit systématiquement accordée au maintien de l'écosystème. Or en provoquant des modifications notables du régime hydrologique naturel ou une détérioration de la qualité des eaux, ces aménagements peuvent dégrader considérablement l'état écologique des cours d'eau. Au delà des préoccupations environnementales, ils peuvent également compromettre certains services actuels (la production d'eau potable par exemple) et des services futurs en cassant la dynamique de fonctionnement écologique du milieu (RICHTER B.D. et al., 2003). Au niveau européen, la prise de conscience de cette problématique a été intégrée dans la Directive Cadre sur l'Eau qui impose aux pays de l'Union Européenne l'atteinte du « bon état écologique » de la plupart de leurs cours d'eau d'ici 2015. Seuls les cours d'eau identifiés comme fortement modifiés pourront satisfaire des exigences écologiques moins contraignantes définies par la notion de « bon potentiel écologique ». Cette démarche de maintien ou de restauration d'un fonctionnement écologique nécessite à la fois la définition d'objectifs précis et la mise au point de méthodes adaptées. En France, la définition des objectifs écologiques est en cours de réalisation, elle devrait s'appuyer sur un classement par type de masses d'eau avec des valeurs de référence adaptées. Ainsi, l'état écologique se déclinera en cinq classes (très bon à mauvais) en fonction de valeurs seuils de paramètres biologiques et de paramètres physico-chimiques sous-tendant la biologie. Les actions nécessaires pour rattraper les situations qui n'atteignent pas le bon état ou le bon potentiel écologique seront alors probablement décidées de façon régionale par type de masse d'eau. Au niveau hydrologique en particulier, il faudra cerner les causes des désordres écologiques observés et mettre en place des mesures adaptées. Cela pourra se traduire par l'instauration de débits réservés assortis de préconisations sur l'introduction d'une certaine variabilité hydrologique pour dynamiser certaines fonctions physiques ou biologiques pénalisées par un fonctionnement trop monotone.

Dans cette perspective, cette étude doit contribuer à décrire les méthodes actuellement disponibles pour d'une part identifier les variables hydrologiques pertinentes d'un point de vue écologique et d'autre part proposer des modes de gestion durable à partir de ces variables. Dans un premier temps, une rapide description des principaux types de méthodes sera utilisée pour éclairer les législations actuellement en vigueur dans différents pays aux contextes variés (Brésil, Espagne, France, Royaume Uni). Ces comparaisons permettront également de déterminer dans quelle mesure la notion de régime réservé est émergente et avec quel degré d'acceptation. Ensuite, dans les cas où cette notion s'impose, il convient de s'interroger sur l'état des connaissances en matière de préconisation de régime réservé. Une étude critique de trois méthodes intéressantes servira de base pour illustrer les limites actuelles : données nécessaires, facilité de mise en œuvre, degré de précision. Enfin, les obstacles à la mise en pratique de la notion de régime réservé seront identifiés en s'appuyant sur l'analyse de ces méthodes et sur les contraintes de flexibilité du régime hydrologique imposées par les différents usages de la ressource.

## LES LEGISLATIONS ACTUELLES ET LEURS ORIGINES

### ➤ LES QUATRE TYPES DE METHODES

A l'heure actuelle, on recense plus de 200 méthodes particulières utilisées à travers le monde pour évaluer les débits écologiques nécessaires à la préservation d'un écosystème (THARME R.E., 2003). En fonction de leurs principes de base, ces méthodes peuvent être classées en quatre groupes majeurs dans l'ordre d'apparition chronologique suivant : les méthodes hydrologiques, les méthodes hydrauliques, les méthodes de type microhabitats et les méthodes holistiques.

#### a) Les méthodes hydrologiques

Les méthodes hydrologiques ont été les premières mises en œuvre pour préconiser des débits réservés et elles sont encore les plus largement utilisées (30% du total). Ceci s'explique à la fois par leur facilité d'application et par la disponibilité des données nécessaires puisqu'elles requièrent uniquement de connaître les séries hydrologiques du cours d'eau avec un pas de temps adapté. Ces méthodes peuvent être classées en trois catégories :

- celles qui expriment le débit réservé en pourcentage du module interannuel du cours d'eau ou des modules saisonniers. Ce type d'approche a été initié par la méthode du Montana pour laquelle différentes observations hydrauliques ont été réalisées en fonction du débit sur une dizaine de cours d'eau des Etats du Nord de l'Amérique (TENNANT D.L., 1976). Ces observations ont conduit à émettre l'hypothèse que pour des cours d'eau à morphologie semblable, le rapport entre le débit et le module interannuel était synthétique de la qualité de l'habitat pour la faune aquatique. Ces conclusions ont été rassemblées dans un tableau donnant les débits réservés en pourcentages du module interannuel en fonction du type de rivière et de la saison. Pour chaque intervalle de pourcentages, des critères qualitatifs sont associés : 10% du module annuel correspond en général à la valeur minimale pour préserver assez d'habitats pour la survie, au-delà de 60% la situation est optimale. Cette méthode a ensuite été utilisée dans de nombreux pays avec un ajustement du pourcentage retenu selon les dires d'experts ;
- celles qui s'appuient sur les courbes des débits classés associant à chaque débit le pourcentage de temps au cours duquel il est dépassé. Elles sont utilisées pour fixer un débit réservé en fonction d'indices divers : Q95 correspond au débit dépassé 95% du temps en régime naturel, Q347 correspond au débit dépassé plus de 347 jours par an, 7Q10 correspond au débit moyen sur 7 jours consécutifs qui n'est pas dépassé seulement une fois tous les 10 ans ;
- celles qui prennent en compte la variabilité hydrologique à partir de facteurs multiples. Ces méthodes sont apparues au début des années 1990 à la suite de travaux ayant mis en valeur l'importance du régime naturel dans sa globalité pour la préservation des écosystèmes aquatiques (POFF N.L. et al., 1997). Dans ces méthodes, le régime naturel est pris comme référence et caractérisé par cinq catégories principales : la magnitude, la fréquence, la durée, le taux de variation et la saisonnalité. L'objectif de ces méthodes est de déterminer un régime réservé qui soit le plus proche possible du régime naturel étant donné les contraintes imposées par les différents usages de la ressource. Parmi les plus intéressantes, on peut citer la méthode RVA (Range of Variability Approach) (RICHTER B.D. et al., 1997) qui sera détaillée plus tard dans cette étude, et la méthode FTA (Flow Translucency Approach) (GIPPEL C.J., 2001). Cette dernière a été utilisée en Australie, elle consiste à réduire en magnitude le débit naturel en utilisant des fonctions adaptées tout en maintenant la même variabilité du régime hydrologique.

#### b) Les méthodes hydrauliques

Ces méthodes ont été développées et utilisées aux Etats Unis dans les années 1970 pour déterminer les débits réservés requis pour assurer la productivité des cours d'eau à salmonidés. Elles consistent à choisir comme grandeur d'intérêt des variables hydrauliques dont les variations sont supposées refléter celles des facteurs limitants pour les habitats. Ces

variables sont représentées en fonction du débit. Sur les courbes obtenues, les débits critiques correspondent à une chute drastique des grandeurs hydrauliques d'intérêt. Ce type d'approche a permis de valider les résultats de la méthode hydrologique du Montana (TENNANT D.L., 1976) en faisant apparaître une chute importante de la vitesse moyenne, de la hauteur d'eau moyenne et de la largeur mouillée moyenne pour un débit inférieur au dixième du module interannuel (étude réalisée sur 11 cours d'eau différents des Etats-Unis). Ces méthodes ont été peu à peu abandonnées ou plutôt intégrées dans des modèles d'habitat plus complexes où la relation entre paramètres hydrauliques et écologiques est explicite. La méthode hydraulique la plus utilisée actuellement reste la méthode du périmètre mouillé (la relation entre périmètre mouillé et débit est obtenue pour différents tronçons à partir de données expérimentales ou d'un modèle hydraulique).

#### **c) Les méthodes de type microhabitats**

Ce type d'approche a été initié aux Etats-Unis au début des années 1980 (STALKANER C.B., 1979), (MILHOUS R.T., 1979), (BOVEE K.D., 1982). Dans la continuité des méthodes hydrauliques qui relient hydrologie et grandeurs physiques, elle s'appuie sur des relations explicites entre capacité d'accueil et grandeurs physiques pour déterminer les débits critiques. Ces relations constituent un ensemble de courbes de préférence qui relient la densité relative d'un stade donné d'une espèce à une grandeur physique caractéristique de son habitat (vitesse du courant, hauteur d'eau, nature du substrat, couverture végétale, ...). En associant modèles hydrauliques et biologiques, cette approche permet de caractériser la capacité d'accueil d'un tronçon de cours d'eau pour un débit donné et pour une espèce donnée par la valeur d'une surface pondérée utile représentant l'habitat disponible. La méthode pionnière dans ce domaine a été mise au point à la fin des années 1970 au sein du US Fish and Wildlife Service (USFWS) au Colorado. Régulièrement remise à jour pour intégrer de nouveaux paramètres, elle sera étudiée plus tard dans ce document à partir du rapport Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) (BOVEE K.D. et al., 1998). Cette méthode ou ses variantes sont particulièrement utilisées dans les pays développés.

#### **d) Les méthodes holistiques**

Développées à la fin des années 1990, ces méthodes tendent à appréhender les besoins des écosystèmes aquatiques de façon globale en ne privilégiant pas d'espèces cibles particulières. Elles nécessitent des connaissances pluridisciplinaires en terme d'hydrologie, de conditions hydrauliques d'habitat, de géomorphologie, de qualité de l'eau, et d'écosystèmes (végétation aquatique et rivulaire, macroinvertébrés, poissons et autres vertébrés...). Elles s'appuient sur des avis d'experts ou sur des modélisations quand les données nécessaires sont disponibles. Les événements hydrologiques critiques pour l'ensemble de l'écosystème sont identifiés en tenant compte de différents indices de variabilité du régime. Cette démarche aboutit à la construction systématique d'un régime réservé obtenu mois par mois en sommant différentes composantes correspondant chacune à un objectif écologique précis. Les deux méthodes pionnières de ce type sont l'Australian Holistic Approach (ARTHINGTON A.H., 1998) et la South African Building Block Methodology (THARME R.E., KING J.M., 1998) communément désignée par BBM. La BBM sera étudiée plus en détail dans la suite de ce travail. Les méthodes holistiques sont actuellement en plein essor en particulier dans les pays émergents pour lesquels l'état des connaissances et le manque de données rendent trop coûteuse en temps et en argent l'application de méthodes de type microhabitats.

### **➤ LES LEGISLATIONS EN VIGUEUR**

L'analyse de la législation et des méthodes utilisées en matière de débit réservé est présentée dans l'annexe 1 pour les 4 pays suivant : Brésil, Espagne, France et Royaume

Uni. Leur comparaison va permettre de déterminer selon le contexte les paramètres qui conditionnent la prise en compte des débits réservés.

#### **a) Cadres juridiques**

L'apparition dans la législation de la notion de débit réservé est le résultat d'une prise de conscience environnementale plus ou moins tardive en fonction du stade de développement des pays. Elle est plus conditionnée par le contexte culturel et socioéconomique que par le contexte naturel. Au Brésil, l'aménagement hydroélectrique des cours d'eau a pris de l'ampleur dans les années 1970 ce qui reste relativement récent par rapport aux trois autres pays étudiés. De plus, la forte croissance de la demande énergétique du pays (4,5% par an) et l'abondance des ressources hydrauliques encouragent la poursuite de cette politique et freinent la prise en compte des revendications écologiques. En Espagne, c'est essentiellement la persistance de la dictature jusqu'en 1975 qui explique l'émergence tardive dans la législation de la notion d'usage rationnel de la ressource et de préservation de l'environnement (1985). En France et au Royaume Uni, la prise en compte législative des débits réservés est apparue plus tôt, dans les années 1960 mais la phase d'aménagement massif des cours d'eau est plus ancienne (jusqu'en 1970 pour la France).

Selon le degré d'avancement des revendications écologiques, les réponses juridiques au problème des débits réservés sont en général de deux types.

- Dans un premier temps, les valeurs des débits réservés sont fixées à partir de méthodes hydrologiques pour l'ensemble du territoire (France), par confédérations hydrographiques (Espagne) ou par Etats (Brésil) : la valeur du 1/10 du module interannuel préconisée par la méthode du Montana (TENNANT D.L., 1976) a été adoptée en France et dans plusieurs confédérations hydrographiques d'Espagne ; au Brésil, les « débits de référence » fixés par Etats sont fonction du débit 7Q10 (de 50 à 70%) ou du débit classé Q90 (de 10 à 20%).
- Dans un second temps, la législation s'appuie sur un système d'autorisation, de concession ou de licences pour lesquelles des études d'impact environnemental sont réalisées afin d'adapter au cas par cas la valeur du débit réservé. Cette approche est celle adoptée par le Royaume Uni pour lequel l'attribution et le renouvellement des licences donne lieu à une négociation du débit réservé en fonction des résultats de l'étude d'impact. Pour la France, les « valeurs planchers » données par la Loi « Pêche » de 1984 peuvent être rehaussées en fonction des résultats des études ou notices d'impact qui sont réalisées dans le cadre du régime de concession ou d'autorisation des prélèvements.

Pour les 4 pays étudiés, la législation impose seulement le respect d'une valeur unique de débit réservé quelque que soit le mode de détermination de cette valeur. La prise en compte de l'importance de la variabilité hydrologique naturelle pour la préservation des écosystèmes aquatiques n'est pas encore explicite au niveau juridique.

#### **b) Méthodes associées**

En l'absence d'études d'impact, les méthodes utilisées pour déterminer la valeur des débits réservés sont de type hydrologique car elles sont rapidement applicables et requièrent seulement la donnée des séries hydrologiques des cours d'eau. Les valeurs retenues à dire d'experts sont données en pourcentage d'un débit classé. Cette approche est systématique au Brésil et pour la plupart des cours d'eau espagnols. En fonction des données hydrauliques et biologiques disponibles, d'autres méthodes plus complexes sont appliquées lors de la réalisation d'études d'impact. Ainsi, des méthodes biologiques de type microhabitats sont utilisées de façon systématique en France quand la règle du 10% du module n'est pas appliquée directement. En Espagne, des méthodes de type microhabitats ou des méthodes hydrauliques (périmètre mouillé) sont parfois appliquées dans le cadre de programmes spéciaux de recherche ou pour des cours d'eaux à forte valeur écologique. Au Royaume Uni, l'éventail des méthodes utilisées est relativement large du fait d'un traitement au cas par cas des licences (hydrologiques, hydrauliques, microhabitats, holistiques).

Mis à part la prise en compte dans certains cas particuliers d'une variabilité saisonnière, la plupart des études d'impact aboutissent à la préconisation d'une valeur unique de débit, alors que la nécessité d'établir un régime réservé est désormais reconnue dans les milieux scientifiques (POFF N.L. et al., 1997). En effet, la vie des écosystèmes aquatiques est

rythmée par la dynamique temporelle des débits. Le régime hydrologique conditionne les processus géomorphologiques qui façonnent les habitats aquatiques et rivulaires. Il influe sur les variables physico-chimiques du cours d'eau comme la température, l'oxygène dissous, les concentrations en fines. Il déclenche par des signaux les cycles biologiques des espèces. Enfin, il joue un rôle sélectif en favorisant les espèces adaptées à la variabilité hydrologique naturelle du cours d'eau (importance du régime d'étiage, des crues, du caractère stable ou non des débits...). Dans la suite de cette étude, l'émergence de la notion de régime réservé est étudiée au travers de trois méthodes innovantes, avant de discuter de ses difficultés pratiques de mise en œuvre.

## ETUDE DETAILLEE DE TROIS METHODES INNOVANTES

### ➤ INSTREAM FLOW INCREMENTAL METHODOLOGY (IFIM)

#### a) Description

La méthode IFIM s'appuie sur une approche de type microhabitats mise au point à la fin des années 1970 au sein de US Fish and Wildlife Service (USFWS) au Colorado (STALKANER C.B., 1979), (MILHOUS R.T., 1979), (BOVEE K.D., 1982). Elle permet de quantifier les impacts écologiques dus à un changement de régime hydrologique en calculant des indices représentatifs de la surface d'habitat disponible par espèce en fonction du débit. La mise en œuvre de cette méthode suppose en premier lieu de déterminer des espèces cibles pour lesquelles des objectifs écologiques sont fixés. Le choix doit être le plus représentatif de tous les types de mésohabitats du cours d'eau afin de ne pas privilégier certaines espèces au détriment d'autres. Ensuite, il faut sélectionner des tronçons d'études qui soient représentatifs de l'ensemble du linéaire concerné par le nouveau plan de gestion. Ce choix est effectué par type de mésohabitats, ce qui permet par la suite de pondérer les indices obtenus par tronçon en fonction de la proportion de mésohabitats du même type dans le segment d'étude.

Pour évaluer l'habitat total disponible, la méthode IFIM combine deux approches au niveau des macrohabitats et au niveau des microhabitats, comme l'illustre la figure 1 (BOVEE K.D. et al., 1998).

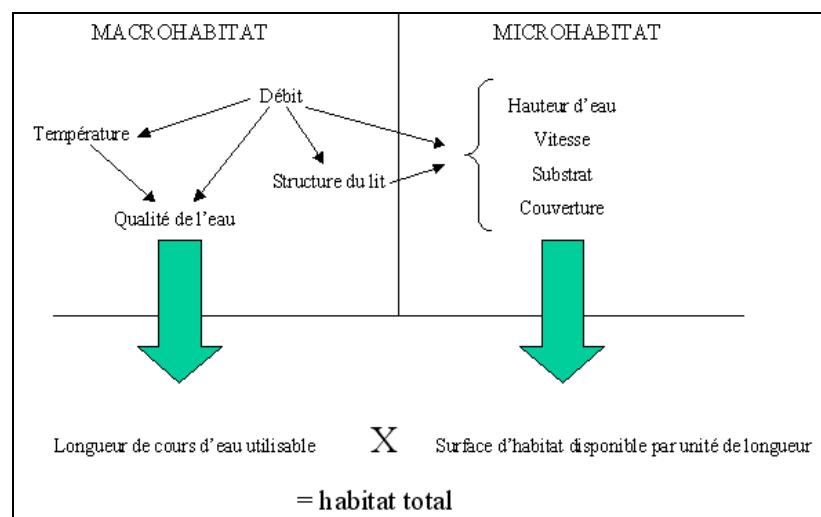


Figure 2 : principe de fonctionnement de PHABSIM.

- L'analyse des macrohabitats par espèce s'appuie sur des modèles de température et de qualité de l'eau qui intègrent l'influence du débit. Ils permettent d'évaluer par segment la longueur de cours d'eau utilisable, c'est-à-dire permettant la survie de l'espèce (conditions létales). Dans le cas où la géomorphologie du cours d'eau est susceptible d'être modifiée de



façon significative pour les alternatives envisagées, il faut joindre à ces deux modèles un modèle de transport solide qui permet de prévoir l'état futur du lit.

- Par ailleurs, le modèle PHABSIM (Physical HABitat SIMulation system) est utilisé pour évaluer un indice de la quantité de microhabitats disponibles par unité de longueur et par espèce en fonction du débit. Les données nécessaires à l'utilisation de PHABSIM sont les suivantes : distance entre les tronçons choisis, dimensions des cellules d'habitat, substrat et couverture associés à chaque cellule, pente, géométrie du lit. PHABSIM s'appuie sur un modèle hydraulique permettant d'évaluer en fonction du débit les valeurs des vitesses d'écoulement et des hauteurs d'eau au niveau de chaque cellule. De plus, il requiert l'établissement de courbes de préférence univariées donnant un indice compris entre 0 et 1 qui est représentatif de l'évolution des densités de population observées en fonction du paramètre physique retenu (l'indice est égal à 1 pour la valeur du paramètre associée au maximum de densité). Pour un débit donné, on peut donc associer à chaque cellule quatre indices issus des quatre courbes de préférence univariées (vitesse, profondeur, couverture, substrat). Pour obtenir un indice global par cellule, différentes options sont possibles : produit des indices univariés (implanté par défaut dans PHABSIM), moyenne géométrique, minimum des indices. Ensuite, pour obtenir une valeur représentative de l'habitat disponible au niveau du tronçon, on réalise la somme des surfaces des différentes cellules pondérées par l'indice global obtenu. En divisant par la longueur du tronçon, on obtient un indice de la surface d'habitat disponible par unité de longueur. Il reste alors à multiplier par la longueur de cours d'eau utilisable déduite de l'analyse des macrohabitats pour l'espèce considérée. On obtient ainsi un indice de l'habitat total disponible par espèce.

Pour comparer les différentes alternatives en termes d'impacts, la méthode IFIM permet de s'appuyer sur deux types d'outils (WADDLE T.J., 2001) :

- l'analyse des séries temporelles d'habitat par espèce ;
- l'analyse des courbes habitat-fréquence de dépassement issus de ces séries temporelles.

Ces courbes sont obtenues à partir des séries hydrologiques et de la correspondance entre débit et habitat total donnée par PHABSIM. Pour chaque espèce, il faut en général distinguer les différents stades de développement et réaliser l'analyse précédente pour chaque stade en s'appuyant sur les courbes de préférence adaptées. Pour la synthèse des résultats, deux alternatives sont envisageables :

- soit tous les habitats obtenus par stade de développement sont sommés pour obtenir une surface globale, ce qui revient à considérer que la surface nécessaire pour maintenir une population est également distribuée entre les différentes tranches d'âges ;
- soit un modèle de population est utilisé pour calculer les surfaces d'habitat nécessaires pour chaque tranche d'âge en fonction de la population adulte à maintenir (données nécessaires sur les taux de mortalité par tranche d'âge).

La méthode IFIM a donc permis de « convertir » les données sur les débits en données relatives aux habitats disponibles. Il faut alors identifier dans ces courbes les événements limitants pour chaque espèce afin d'atteindre les objectifs fixés. La méthode IFIM intègre bien la notion de régime réservé puisqu'elle permet une analyse temporelle des alternatives à mettre en place. Les auteurs de la méthode soulignent dans le rapport présentant IFIM l'importance de respecter la variabilité hydrologique d'un cours d'eau (BOVEE K.D. et al., 1998) : « avec le même bilan annuel de stockage de la ressource, une population de poissons plus importante peut être maintenue sur plus de 10 à 20 ans si la gestion concorde avec les besoins des populations plutôt que de délivrer un débit minimum constant ».

#### **b) Analyse critique**

Pour rendre objective la détermination des régimes réservés, il faudrait disposer de modèles qui calculent les variations de population pour chaque espèce en fonction de séries hydrologiques. Dans cette démarche quantitative, la méthode IFIM est la plus avancée puisque la grandeur d'intérêt modélisée est déjà un indicateur biologique, et non pas une

variable hydrologique ou hydraulique. Cet avantage théorique dépend toutefois de la validité des résultats obtenus et de la possibilité de contrôler ces résultats.

Par ailleurs, IFIM présente certaines limites d'ordre pratique ou conceptuel.

#### 1- Les facteurs non intégrés dans le modèle

- IFIM est difficilement utilisable dans le cas de changements géomorphologiques significatifs, puisque aucun modèle de transport solide ne permet actuellement de prévoir l'évolution du lit avec un degré de précision suffisant pour simuler les données nécessaires à PHABSIM.
- Les impacts sur la végétation rivulaire ne sont pas encore pris en compte, notamment le rôle des crues les plus importantes pour le lit majeur.
- La modélisation des différentes sources de nourriture en fonction du débit n'est pas encore intégrée de façon systématique dans IFIM.
- Les problèmes de configuration spatiale des cellules d'habitat, c'est-à-dire leur agencement dans l'espace et leur degré de fragmentation ne peuvent être évalués avec IFIM car ils requièrent une modélisation hydraulique en deux dimensions de chaque section transverse.
- Les enjeux liés à la connexion spatiale ou temporelle entre différents types d'habitat ne peuvent pas être évalués avec IFIM (migration des œufs avec le courant jusque dans des zones propices au développement de la fraye, possibilité pour les reproducteurs d'atteindre les frayères...).

#### 2- Les erreurs dues à la simplification du problème

En dehors des erreurs inhérentes à la modélisation, la méthode IFIM implique avant la phase d'étude une réduction du problème d'ordre spatial et biologique.

- Les tronçons retenus conditionnent les résultats obtenus pour tout le segment.
- Le choix des espèces cibles ne permet pas une approche holistique des impacts écologiques.

#### 3- La quantité de données à collecter

Pour caler les différents modèles utilisés dans IFIM, il est nécessaire de collecter une quantité de données impressionnante : séries hydrologiques, hauteurs d'eau, morphologie du lit, vitesses du courant, substrat, couverture, données météorologiques, températures de l'air et de l'eau, densité, hauteur et inclinaison de la végétation rivulaire, apports d'eaux souterraines, pente, concentrations de divers éléments chimiques, densités biologiques pour caler les courbes de préférence. Parmi toutes ces données, les plus contraignantes à obtenir sont certainement les données biologiques, c'est pourquoi la méthode IFIM est longue et coûteuse à mettre en place dans les régions où peu de mesures existent dans ce domaine.

#### 4- Les limites de l'indice de préférence

- Les courbes de préférence sont difficilement transférables d'un cours d'eau à un autre et il est parfois difficile de les valider pour tous les types de cours d'eau (limite de la pêche électrique ou des autres techniques utilisées).
- L'obtention d'un indice global de qualité par type d'habitat soulève la question de l'indépendance des paramètres physiques retenus. En effet, l'agrégation des courbes univariées en une courbe globale pose un problème dans PHABSIM qui se traduit par différentes options de traitement : produit, moyenne géométrique ou minimum des indices univariés. Il est probable que les résultats soient très sensibles à l'option choisie ce qui induit une source d'erreur supplémentaire.
- La donnée de l'habitat total disponible en fonction du débit masque totalement le problème de la qualité des habitats retenus. En effet, le même résultat peut être obtenu pour un très grand nombre d'habitats de qualité médiocre ou pour un nombre restreint d'habitat de très bonne qualité.

- L'habitat total disponible est un indice qui ne correspond à aucune grandeur physique ou biologique mesurable. De ce fait, il est délicat de vérifier les prévisions données par IFIM. Il manque un modèle qui permette de corréliser la dynamique des habitats avec celle des populations afin de valider la méthode utilisée à partir d'un suivi biologique sur le terrain.

#### 5- Les difficultés pour synthétiser les résultats

- Pour avoir une approche la plus holistique possible, il faut retenir le maximum d'espèces, établir des courbes de préférence pour les différents stades de développement des individus, voire même utiliser différentes courbes selon la saison. Pour chaque série hydrologique, IFIM va donc calculer la série d'habitats disponibles par espèce et par stades de développement. Au sein d'une même espèce, l'utilisation d'un modèle de population peut permettre de calculer par tranche d'âge l'habitat nécessaire pour garantir le maintien d'une population d'adultes fixée. Il faut donc analyser les séries hydrologiques en identifiant les valeurs d'habitat limitantes pour chaque espèce. La première difficulté consiste alors à satisfaire toutes les espèces prises en compte sachant qu'elles peuvent avoir des préférences antagonistes. En l'absence de modélisation efficace des interactions biotiques faisant intervenir les phénomènes de prédation et de concurrence, il est relativement subjectif de pondérer les exigences des différentes espèces.
- L'analyse des différentes alternatives est réalisée à partir des séries d'habitat et des courbes habitat-fréquence de dépassement pour chaque espèce. Une difficulté majeure pour élaborer de nouvelles alternatives mieux adaptées aux exigences écologiques provient du fait qu'il n'existe pas de bijection entre les valeurs de débit et l'indice d'habitat calculé. Ainsi, la modification des courbes habitat-fréquence de dépassement à partir des séries hydrologiques est une tâche complexe.
- La prise en compte de la variabilité hydrologique est limitée dans IFIM. En effet, à moins de disposer de séries temporelles de référence pour les habitats, la variabilité n'est jamais intégrée comme objectif dans IFIM. Tout au plus sera-t-elle prise en compte avec l'introduction d'une certaine saisonnalité répondant aux exigences des différentes tranches d'âge (pour une seule espèce caractérisée par une courbe unique de préférence, l'habitat total maximal est indépendant du temps et l'alternative « optimale » correspondrait au débit constant qui maximise cette valeur).

#### ➤ **BUILDING BLOCK METHODOLOGY (BBM)**

##### **a) Description**

La Building Block Methodology a été développée par la Water Research Commission en Afrique du Sud pendant les années 1990 (THARME R.E. & KING J.M., 1998). Elle aborde le problème de la quantification des régimes hydrologiques nécessaires à la préservation des écosystèmes aquatiques. Elle a été créée pour répondre à deux exigences : permettre une approche holistique des écosystèmes aquatiques et préconiser des modes de gestion de la ressource dans un contexte caractérisé par le manque de données biologiques et l'urgence de la demande. Elle requiert moins d'un an pour être mise en œuvre. Son principe de base consiste à identifier pour chaque mois les composantes essentielles des séries hydrologiques formant ainsi différents blocs qui sont sommés pour obtenir le régime préconisé. A court terme, elle privilégie les avis d'experts plutôt que la mise en place de modèles afin de permettre un gain de temps.

La mise en œuvre de la BBM s'effectue en 3 étapes (KING J.M., LOUW M.D., 1998).

- La première étape de l'étude est la plus longue mais ne dépasse pas les 6 mois en général. Elle comprend la collecte des données nécessaires, le choix des sites de référence et la détermination des objectifs par site.
- La seconde étape consiste à établir le régime hydrologique préconisé pour la zone étudiée, ce qui doit prendre au plus 4 jours. Pour cela, la réflexion est menée par un groupe de travail (une vingtaine de personnes environ) réunissant tous les acteurs concernés et des spécialistes dans chaque domaine (gestionnaires de la ressource, ingénieurs, hydrologues, hydrauliciens, spécialistes en biologie, géomorphologie...). Dans un premier temps, le

groupe de travail visite une partie des sites retenus à l'étape 1, en général les mieux préservés afin d'avoir une vision correcte de la biodiversité naturelle du cours d'eau. Au cours de chaque visite, les différents spécialistes décrivent les impacts probables en fonction des modifications du débit. Ensuite, les sites d'étude sont répartis entre différents sous groupes de travail comportant un spécialiste de chaque domaine. Pour chaque site, un régime hydrologique est établi en fonction des objectifs écologiques retenus. Afin de tenir compte du rôle sélectif joué par la variabilité hydrologique naturelle, ce régime est décomposé en deux alternatives : une alternative correspondant à un écoulement de maintenance et une autre associée aux années sèches. Pour intégrer ces deux options dans le mode de gestion, il faudra tenir compte de la période de retour des années sèches. L'analyse est ensuite réalisée pour chaque mois en commençant par la composante correspondant aux débits minimaux nécessaires, puis en intégrant la composante associée aux débits plus élevés. Pour cela, chaque spécialiste décrit les exigences qu'il a identifiées en termes de hauteur d'eau à partir des coupes transverses détaillées lors de l'étape 1 (voir figure 3 ci-dessous (KING J.M., LOUW M.D., 1998)).

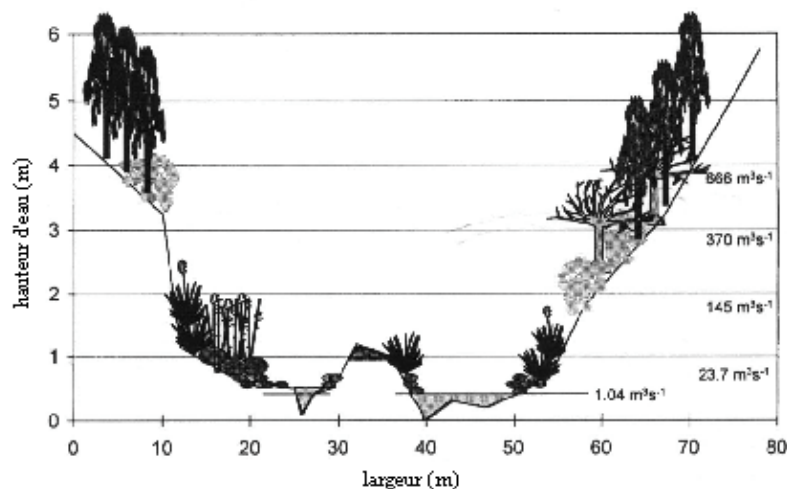


Figure 3 : exemple de coupe transverse utilisée au sein de la BBM.

L'hydraulicien interprète les écoulements décrits et les quantifie pour les différentes variables hydrauliques et hydrologiques. Pour chaque composante de l'écoulement retenu, on précise d'une part la magnitude et d'autre part la fréquence de dépassement associée par rapport au régime actuel et par rapport au régime naturel de référence. Pour la composante associée aux débits plus élevés, il faut mentionner également la durée (et la période de retour dans le cas où une variabilité interannuelle est prise en compte). Enfin, pour permettre une plus grande clarté par rapport aux quantités disponibles pour les usages de la ressource, le volume annuel associée à chaque composante du régime est calculé. Ce volume est ensuite exprimé en pourcentage du volume annuel écoulé moyen ou médian pour le régime naturel de référence et pour le régime actuel. Les régimes proposés pour chaque site sont ensuite comparés afin de vérifier leur concordance et d'élaborer une proposition globale pour tout le linéaire concerné par le projet.

(Le tableau présenté à l'annexe 2 illustre l'ensemble des critères retenus pour décrire le régime préconisé dans le cas particulier de la rivière Sabie en Afrique du Sud).

- Lors de la dernière étape, les régimes préconisés sont analysés en termes de faisabilité par rapport aux contraintes imposées par les différents usages de la ressource. En cas d'incompatibilité avec la demande, il faut les modifier en minimisant les impacts écologiques. Ensuite, il faut traduire le régime grossier obtenu en véritables séries hydrologiques à partir de modèles climatiques et hydrologiques. En cas de validation du régime proposé, des études plus poussées doivent être menées pour pallier les manques identifiés au cours de l'analyse. Un programme de suivi doit également être mis en place pour réajuster le mode de gestion au fil des années.

## **b) Analyse critique**

### Avantages :

- La BBM est applicable en peu de temps (moins d'un an) et peut donc répondre aux demandes urgentes d'aménagement rencontrées dans les pays en voie de développement. De plus, elle s'appuie sur une approche globale de l'écosystème (végétation rivulaire, espèces macrophytes, faune aquatique).
- La BBM peut être mise en œuvre dans des contextes caractérisés par une faible quantité de données disponibles. En effet, elle s'appuie sur des connaissances d'experts mobilisables rapidement plutôt que sur le calage de nombreux modèles.
- Les résultats de la BBM sont donnés sous une forme directement exploitable pour les gestionnaires de la ressource puisque le régime proposé est quantifié en différents volumes mensuels (information essentielle pour définir des règles de gestion des réservoirs).
- La méthode est transparente avec la rédaction de rapports pour chaque étape et surtout grâce à une implication directe des différents acteurs lors de l'estimation du régime réservé.
- La notion de variabilité hydrologique est intégrée en partie dans la méthode : le régime proposé tient compte de la saisonnalité des événements hydrologiques, spécifie leur période de retour, leur durée ; il intègre le rôle sélectif des années sèches. Cependant, les paramètres liés aux taux de variation du débit qui servent à quantifier la régularité de l'écoulement sur de courtes périodes sont négligés.
- La méthode est relativement adaptative puisqu'elle peut intégrer de nombreux modèles au cours de la phase de suivi qui vont peu à peu se substituer aux dires d'experts pour permettre des préconisations plus objectives.

### Inconvénients :

- La température et la qualité de l'eau ne sont pas prises en compte lors de l'estimation du régime réservé.
- Du fait d'une approche holistique, les objectifs retenus sont assez qualitatifs ce qui rend plus difficile la mise en place d'un suivi efficace.
- La réduction spatiale de l'étude à quelques sites particuliers est source d'erreur.
- La méthode est moins bien adaptée aux rivières fortement aménagées car elle s'inscrit dans une démarche de préservation plutôt que de restauration des écosystèmes existants. En effet, l'estimation du régime réservé est réalisée à partir de sites encore préservés pour lesquels des visites sur le terrain permettent d'évaluer directement les besoins des différentes espèces. Ceci reflète le contexte sud-africain dans lequel la BBM a été utilisée essentiellement lors des études d'avant projet précédant l'aménagement des cours d'eau.
- Les résultats donnés par la BBM restent assez subjectifs. Ils s'appuient sur des avis d'experts facilement contestables par les différents acteurs plutôt que sur l'utilisation de modèles déterministes.

## ➤ **RANGE OF VARIABILITY APPROACH (RVA)**

### **a) Description**

La méthode RVA a été mise au point à la fin des années 1990 aux Etats-Unis (RICHTER B.D. et al., 1997). Elle trouve ses fondements dans l'énoncé du paradigme du régime naturel (POFF N.L. et al., 1997) : le respect de la plage complète de variations intra-annuelles et inter-annuelles du régime hydrologique, caractérisé par la magnitude, la saisonnalité, la durée, la fréquence et le taux de variation est critique pour le maintien de la biodiversité naturelle et la préservation des écosystèmes aquatiques.

- La magnitude désigne la valeur du débit moyen sur une période donnée.
- La saisonnalité fait référence à la régularité avec laquelle un événement hydrologique se produit à la même période de l'année.
- La durée est la période temporelle associée à un régime d'écoulement particulier (étiages ou crues par exemple).

- La fréquence de dépassement associée à un débit fixé est l'inverse de la période avec laquelle un débit supérieur ou égal survient.
- Le taux de variation traduit la rapidité avec laquelle l'écoulement passe d'une valeur de débit à une autre (c'est la dérivée moyenne du débit sur une période déterminée).

La méthode RVA s'appuie sur ce constat pour proposer une gestion holistique de l'écosystème à partir du régime hydrologique naturel du cours d'eau. Elle nécessite dans un premier temps une analyse statistique du régime naturel à partir d'indicateurs variés. Pour cela, il faut disposer d'un registre des débits journaliers sur une période d'au moins 20 ans au cours de laquelle le régime du cours d'eau n'était pas modifié. Ensuite, le régime hydrologique naturel est caractérisé à partir de 32 indicateurs d'altération hydrologique répartis en 5 groupes et rassemblés dans le tableau de l'annexe 3. Ces indicateurs reprennent les 5 notions énoncées dans le cadre du paradigme du régime naturel. Ce sont des valeurs annuelles dont il faut calculer la valeur moyenne, l'écart type et la plage de variations à partir du registre hydrologique de référence. Pour chacun des 32 indicateurs, il faut ensuite fixer des objectifs de gestion en fonction de l'état des connaissances sur les impacts écologiques. Ces objectifs peuvent être de différents types :

- rester à l'intérieur de la plage de variation naturelle de l'indicateur (ou vérifier la contrainte imposée par une seule des deux bornes) ;
- rester dans une plage déterminée par deux fréquences de dépassement associées à la distribution naturelle de l'indicateur (entre 25% et 75% par exemple) ;
- rester pour 68% des années à l'intérieur de la plage minorée par la valeur moyenne moins l'écart type et majorée par la valeur moyenne plus l'écart type.

En l'absence d'informations écologiques, les auteurs de la méthode recommandent l'utilisation de l'écart type comme critère de gestion. Ce choix permet une certaine flexibilité au niveau des usages de la ressource sans soumettre pour autant l'écosystème à un stress trop chronique, ce qui peut être le cas si l'on impose seulement le respect de la plage de variations naturelles.

Une fois déterminés les objectifs pour chaque indicateur, il faut mettre en place un système de gestion adapté de la ressource en ayant recours si nécessaire à des modèles hydrologiques : définition de nouvelles règles opératoires sur les réservoirs, mesures de restauration du lit majeur, restriction des usages en fonction des saisons...

Par ailleurs, pour améliorer la pertinence écologique des objectifs définis et pour mesurer les effets du nouveau mode de gestion, un programme de suivi doit être mis en place. Les mesures réalisées serviront à faire progresser la recherche dans le domaine. En fonction des nouvelles connaissances sur le fonctionnement de l'écosystème, les objectifs de l'année suivante pourront être réajustés. Ce suivi est particulièrement important lorsque les effets du plan de gestion sont durs à prévoir et à modéliser.

Un an après la mise en place du nouveau mode de gestion de la ressource, il faut réaliser un bilan annuel en analysant la série hydrologique obtenue à partir des 32 indicateurs d'altération utilisés à l'étape 1. Cela permettra de déterminer quels ont été les objectifs atteints et de discuter les causes des échecs. Il faut ensuite répéter chaque année la même procédure en tenant compte lors de la détermination des nouveaux objectifs de l'état de la recherche, du suivi biologique et des résultats antérieurs.

## **b) Analyse critique**

### Avantages :

- Facilité de mise en œuvre :

Les données hydrologiques sont plus faciles à rassembler ou à synthétiser que des données hydrauliques ou biologiques. De plus, la détermination des objectifs par défaut (sans l'utilisation d'autres modèles pour déterminer les impacts écologiques) requiert uniquement une analyse statistique.

- Approche globale :

La caractérisation du régime hydrologique dans son ensemble assure une approche holistique du problème sans privilégier des espèces cibles particulières.

- Application à très court terme :

Une fois obtenues les données hydrologiques de référence, des objectifs temporaires peuvent être dégagés rapidement et l'implémentation d'un nouveau mode de gestion est possible en quelques mois.

- Approche intelligible pour tous les acteurs :

Le principe de la méthode RVA est simple, concis et facile à exposer auprès des différents acteurs coordonnant la gestion de la ressource. Les résultats donnés par les indicateurs d'altération sont déterministes et de ce fait ne peuvent pas être contestés. Ainsi, les négociations portent uniquement sur la détermination des objectifs.

#### Inconvénients :

- Limites de l'analyse statistique :

Le défaut principal de la méthode RVA résulte du manque de fondement écologique des objectifs retenus. En l'absence d'informations supplémentaires, une analyse purement statistique ne permet pas de valider la pertinence des indicateurs choisis. Ensuite, la sélection des séries hydrologiques retenues comme référence doit être réalisée minutieusement : la prise en compte partielle d'un cycle hydrologique peut biaiser l'analyse et amener à des objectifs mal adaptés.

- Problèmes de gestion des différents indicateurs :

La prise en compte d'indicateurs multiples sans règles de hiérarchisation soulève une première difficulté lors de l'élaboration d'un nouveau plan de gestion de la ressource. D'une part, la réalisation de chaque objectif ne peut pas être appréhendée de façon indépendante, ce qui rend le problème complexe. D'autre part, l'information donnée par les indicateurs n'est souvent pas suffisante pour proposer une alternative de gestion. Ainsi, il faut souvent revenir à l'analyse des séries hydrologiques pour identifier à quelle période de l'année un indicateur dévie fortement de sa plage de variations naturelles et tenir compte des saisonnalités pour l'atteinte de chaque objectif. Par ailleurs, lors du suivi du plan de gestion, il semble très difficile de différencier pour chaque indicateur les impacts écologiques constatés. Ceci peut être source de confusion lors du réajustement annuel des objectifs.

- Contraintes significatives pour les autres usages :

La méthode RVA s'appuie sur une restauration partielle du régime naturel qui peut imposer des restrictions importantes des autres usages. Ces contraintes sont systématiques lors d'une démarche de préservation des écosystèmes mais elles seront d'autant moins bien acceptées que leur justification se limite à une analyse statistique. Ainsi, la mise en œuvre de la méthode dans des zones comportant des aménagements hydroélectriques a montré que les objectifs correspondant aux taux de variations impliquent systématiquement une diminution notable de la production d'énergie. Au niveau de l'occupation des sols, respecter la plage naturelle de variations pour les débits de crue peut s'avérer problématique lorsque le lit majeur a été fortement aménagé. En effet, de nombreux réservoirs ont été utilisés pour écrêter les pics de crue et ont favorisé les implantations dans des zones naturellement inondables. Enfin, la restauration partielle du régime naturel peut provoquer des changements importants de la géomorphologie du cours d'eau alors que celui-ci a peut être atteint un nouveau profil d'équilibre adapté aux aménagements. Il faut donc s'assurer que la plupart des ouvrages sont capables de résister à de tels bouleversements. En raison de ces contraintes, la méthode RVA doit être réservée aux cours d'eau pour lesquels les préoccupations écologiques sont fortes.

- Limites de l'approche hydrologique :

Certes le régime hydrologique conditionne beaucoup de facteurs déterminants pour l'écosystème, néanmoins il serait réducteur de ne pas prendre en compte d'autres paramètres physiques ou chimiques importants. En effet, même si le régime naturel est très bien reproduit à l'aide des objectifs de la méthode RVA, la conservation des aménagements dans le lit de la rivière peut induire des modifications au niveau de la qualité de l'eau, de la température, du transport solide, de la connexion entre les habitats. Il est donc préférable sur le long terme de compléter l'analyse hydrologique avec d'autres modèles.

## **LES DIFFICULTES DE MISE EN ŒUVRE DE LA NOTION DE REGIME RESERVE**

### **➤ LES DIFFICULTES LIEES AUX METHODES**

Quelque soit le type d'approche retenu, la mise en place de régimes réservés se heurte dans un premier temps à des limites d'ordre scientifique et technique. L'approche la plus descriptive consiste à modéliser la chaîne de causalité qui relie hydrologie et populations en passant par une quantification de l'habitat disponible par espèce. Malheureusement, ce type de méthodes s'appuie sur des données biologiques souvent difficiles à obtenir, ce qui constitue une première limite d'ordre technique. De plus, cette démarche quantitative suppose un traitement distinct pour chaque espèce qui rend d'autant plus lourde la collecte de données et la synthèse finale des résultats. Enfin, ces méthodes s'appuient sur un indicateur d'habitat disponible difficile à utiliser pour rendre compte de tous les aspects de la variabilité hydrologique d'un cours d'eau, en particulier le rôle sélectif joué par certains paramètres dans la préservation de l'écosystème naturel. Une autre alternative pour s'affranchir des difficultés de modélisation et de la complexité des méthodes de microhabitats consiste à mobiliser des connaissances d'experts comme c'est le cas pour les méthodes holistiques. L'inconvénient majeur de ce type d'approche provient de la subjectivité relative des mesures préconisées, d'autant plus que les effets de certains paramètres hydrologiques sont encore mal connus. Face à ces lacunes, il existe une dernière alternative qui consiste à prendre comme référence le régime naturel du cours d'eau en considérant qu'il contient toutes les informations hydrologiques nécessaires à la préservation de l'écosystème, puis de le comparer de manière statistique au régime actuel. En corrigeant des altérations hydrologiques majeures, cette approche peut prendre en compte des effets sur le milieu qui ne sont pas encore modélisés de façon convenable. Dans ce cas, le principal inconvénient provient du manque de fondement écologique des objectifs choisis. En somme, la mise en place de régimes réservés est compromise à la fois par les difficultés de mise en œuvre des méthodes et par la possible remise en cause de la pertinence écologique des mesures préconisées, d'autant plus qu'il y a un manque de validation sur le long terme.

### **➤ LES CONFLITS ENTRE USAGES DE LA RESSOURCE ET PROTECTION DU MILIEU**

#### **a) Contraintes imposées par un régime réservé pour les différents usages**

Une fois établi un régime réservé répondant aux objectifs écologiques fixés, il faut vérifier que sa mise en place est compatible avec les autres usages et élaborer des plans de gestion adéquats. Selon la méthode utilisée, le régime préconisé sera donné sous une forme plus ou moins exploitable pour les gestionnaires. Pour la méthode BBM, les régimes de maintenance et de sécheresse sont directement décrits en débits et volumes mensuels, ce qui peut facilement être pris en compte lors de l'élaboration d'un plan de gestion des réservoirs (voir annexe 2). Par contre, pour les méthodes qui intègrent de nombreux paramètres hydrologiques comme la méthode RVA, les élaborations du plan de gestion et du régime réservé doivent avoir lieu conjointement parce que le régime réservé issu de la méthode RVA est caractérisé de manière statistique et peut correspondre à différentes séries hydrologiques ; il faut donc imaginer une série hydrologique qui vérifie les objectifs fixés par indicateur et qui s'avère la moins contraignante possible pour les différents usages.

En dehors de l'hydroélectricité, les contraintes supplémentaires imposées aux autres usages sont moindres lors du passage d'un débit à un régime réservé. En effet, pour l'irrigation ou pour l'alimentation en eau potable, les conflits ont lieu exclusivement pendant la période d'étiage durant laquelle la principale problématique environnementale consiste à respecter un débit minimum pour préserver l'écosystème. L'intégration d'un régime réservé dans les plans de gestion peut toutefois modifier le volume d'eau disponible dans les réservoirs au début de la saison sèche, en particulier si une partie du volume habituellement stocké au printemps a été utilisé pour restaurer le régime naturel de crues. Dans ce cas, les restrictions sur les prélèvements en eau potable et en irrigation peuvent devenir plus contraignantes en



période d'étiage. En ce qui concerne l'hydroélectricité, l'intégration dans les plans de gestion de contraintes de variabilité hydrologique a des répercussions directes sur la production d'énergie. En effet, l'énergie hydroélectrique est utilisée essentiellement pour ajuster la production d'électricité en période de pointe. De ce fait, il est plus avantageux d'un point de vue économique d'ajuster le débit au travers de l'ouvrage en fonction de la demande énergétique. Ce mode de fonctionnement s'accompagne généralement d'une augmentation des taux de variations journaliers du débit du cours d'eau par rapport à la situation naturelle. La mise en place d'un régime réservé a pour effet de diminuer cette souplesse de production et engendre des pertes économiques. De plus, le stockage de l'eau en fonction de la demande énergétique induit souvent une atténuation et un décalage temporel des événements hydrologiques extrêmes, ce qui s'oppose également au respect de la variabilité hydrologique naturelle. Pour toutes ces raisons, le passage de la notion de débit réservé à celle de régime réservé place l'usage hydroélectrique au centre des négociations.

#### **b) Vers une coordination des différents acteurs ?**

Contrairement au cas des débits réservés où les gestionnaires doivent seulement intégrer une valeur minimale de débit dans leur plan de gestion, la mise en place de régimes réservés constitue une tâche complexe qui nécessite une réflexion commune des différents acteurs. Etant donné la spécificité du régime hydrologique de chaque rivière, il n'est pas envisageable de mettre au point une législation quantitative sur les régimes réservés. Il est plus cohérent d'imaginer une législation qui selon le potentiel écologique d'une rivière impose le respect d'un régime réservé déterminé à la suite d'une étude locale. La mise en place de régimes réservés se prête donc à des négociations au cas par cas entre les différents acteurs concernés. Les chances de succès de ces négociations dépendent non seulement de la crédibilité des résultats scientifiques obtenus, mais aussi du type de coordination mise en place entre les acteurs.

Le premier facteur de réussite repose sur l'implication des responsables tout au long de l'étude environnementale, comme c'est le cas dans la méthode BBM où acteurs et experts sont regroupés lors de la détermination du régime préconisé. Ce procédé favorise l'instauration d'un climat de confiance et crée un consensus entre les acteurs impliqués qui les pousse à quitter leurs positions conservatrices. Par ailleurs, pour permettre un dialogue entre des acteurs ayant des intérêts divergents, il faut mettre en place une structure médiatrice. En l'absence d'une telle structure, chaque acteur prend des risques en faisant des concessions, c'est pourquoi la négociation reste figée aux positions initiales. Le cas de la Suisse est à ce titre exemplaire (TRUFFER B. et al., 2003) : l'opposition entre les gestionnaires de centrales hydrauliques et les associations de défense de l'environnement a abouti à une impasse dès les années 1980. Une loi de protection de l'eau adoptée en 1991 impose aux exploitants des centrales certaines mesures en faveur de l'environnement, mais elle ne s'applique que lors du renouvellement des licences. Par ailleurs, la libéralisation du marché de l'énergie hydraulique impose des contraintes plus fortes de rentabilité qui s'avèrent préoccupantes pour le respect de l'écosystème. Dans ce contexte d'urgence, les associations de défense de l'environnement ont intérêt à promouvoir l'énergie hydraulique par rapport aux énergies fossiles qui pourraient inonder le marché mais elles ne peuvent réaliser ce pas sans obtenir des concessions environnementales de leurs opposants. Quant aux exploitants des centrales, ils voudraient se différencier sur le marché de l'énergie en proposant une électricité plus propre dont la surfacturation couvrirait les frais environnementaux, mais ils ne peuvent y parvenir sans l'appui auprès de l'opinion publique des associations de défense de l'environnement. Un consensus a pu être atteint dans ce cas grâce au rôle de médiateur assuré par un groupe de chercheurs de l'Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies Environnementales (EAWAG). La solution retenue consiste à internaliser le surcoût occasionné par le respect de mesures environnementales en créant un label « énergie verte » qui permet aux exploitants de facturer leur électricité plus chère. Cet exemple montre que la mise en place de régimes réservés ne pourra probablement pas être généralisée sans l'instauration d'un mécanisme de compensation financière qui incite les exploitants des centrales hydrauliques à faire des concessions environnementales.

## BIBLIOGRAPHIE

**ARTHINGTON A.H.**, 1998. Comparative evolution of environmental flow assessment techniques: review of holistic methodologies. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper n° 26/98. Canberra, Australia.

**ARTHINGTON A.H., THARME R.E., BRIZGA S.O., PUSEY B.J., KENNARD M.J.**, 2004. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. In: Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries Volume II. Welcomme R, Petr T (Eds). FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. RAP Publication 2004/17: 37-65.

**BOVEE K.D.**, 1982. A Guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream flow information. Western Energy and Land Use Team. U.S. Fish and wildlife Service, Fort Collins COLORADO. FWS/OBS 82/26, paper nQ12 : 248 p.

**BOVEE K.D., LAMB B.L., BARTHOLOW J.M., STALNAKER C.B., TAYLOR J., AND HENRIKSEN J.**, 1998. Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. Fort Collins, COLORADO: U.S. Geological Survey-BRD. Information and Technology Report USGS/BRD/ITR-1998-0004. 130 p.

**BRATRICH C., JORDE K., MEIER W., PETER A., SCHNEIDER M., TRUFFER B., WEHRLI B.**, 2004. Green Hydropower: a new assessment procedure for river management. River Research and Applications, n°20, 865-882.

**GARCIA BAUTISTA A.**, 2002. La problématique des débits réservés dans le contexte de l'Union Européenne. Le cas de l'Espagne, la France et le Royaume Uni. Rapport de stage, Cemagref, Lyon, 77 p.

**GIPPEL C.J.**, 2001. Australia's environmental flow initiative: filling some knowledge gaps and exposing others. Water Science and Technology 43(9): 73-88.

**KING J.M., LOUW M.D.**, 1998. Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the Building Block Methodology. Aquatic Ecosystem Health and Management, n°1, 109-124.

**LAMOUREUX N., DOUTRIAUX E., TERRIER C., & ZYLBERBLAT M.**, 1999. Modélisation des impacts de la gestion des débits réservés du Rhône sur les peuplements piscicoles. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, n°352, 45-61.

**MILHOUS R.T.**, 1979. 'Me PHABSIM system for instream flow studies. In Proceedings of the Summer Computer Simulation conf., Toronto, Ontario, Society for computer simulation, La Jolla, CA, 440-446.

**MILNER N.J., WYATT R.J., SCOTT M.D.**, 1993. Variability in the distribution and abundance of stream salmonids and the associated use of habitat models. J. Fish Biol. n°43 (Suppl. A), 103-119.

**PETTS G.E.**, 1996. Water allocation to protect river ecosystems. Regul. Rivers: Res. Mgmt. n°12: 353-365.

**POFF N.L. et al.**, 1997. The Natural Flow Regime. Bio Science, vol.47, n°11, 769-784.

**RICHTER B.D. et al.**, 1997. How much water does a river need ? *Freshwater Biology*, vol.37, 231-249.

**RICHTER B.D. et al.**, 2003/02. Ecologically sustainable water management : Managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, vol.13, n°1, 206-224.

**SOUCHON Y., VALENTIN S., & CAPRA H.**, 1998. Peut-on rendre plus objective la détermination des débits réservés par une approche scientifique. *La Houille Blanche*, n°8, 41-45.

**STALNAKER C.B.**, 1979. The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. In: *The ecology of regulated streams*, New York, Ward and Stanford (Eds), 326-337.

**TENNANT D.L.**, 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. In Orsbom, J.F. & Allman, C.H. (Eds). *Instream Flow Needs*. American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, Maryland, 359-373.

**THARME R.E., KING J.M.**, 1998. Development of the Building Block Methodology for Instream Flow Assessments, and Supporting Research on the Effects of Different Magnitude Flows on Riverine Ecosystems. *Water Research Commission Report n° 576/1/98*, 452 pp.

**THARME R.E.**, 2003. A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, vol.19, 397-442.

**TROCHERIE F. & SOUCHON Y.**, 1989. Etude des conditions d'application de l'article 410 du code rural sur les débits réservés. Aide à la préparation du bilan. 2 ème partie :résultats d'une enquête relative aux effets de réduction de débit sur la qualité biologique des cours d'eau, Rapport final. CEMAGREF DQEPP/LHQ- Secrétariat d'état à l'Environnement DPN/SPH, Convention 88171, 70 p. + annexes.

**TRUFFER B., BRATRICH C., MARKARD J., PETER A., WÜEST A., WEHRLI B.**, 2003. Green Hydropower : The Contribution of Aquatic Science Research to the Promotion of Sustainable Electricity. *Aquatic Sciences*, n°65, 99-110.

**U.S. GEOLOGICAL SURVEY** [updated 04/04/2003]. The Five Phases of IFIM. [online]. Fort Collins Science Center, COLORADO, U.S. Department of the Interior. Available on: <http://www.fort.usgs.gov/products/software/ifim/5phases.asp> (visited the 18.11.2005).

**WADDLE T.J.**, 2001. PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises. Fort Collins, CO, U.S. Geological Survey, 288 p.

**WRIGHT J.F., FURSE M.T., ARMITAGE P.D.**, 1993. RIVPACS: A technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK. *Eur. Water Pollut. Control* 3: 15-25.

## **ANNEXE 1 : Etude de l'application de la notion de débit réservé dans 4 pays.**

### **a) Le Brésil**

#### Contexte :

Le Brésil est considéré comme un pays très riche du point de vue hydrologique car il possède près de 12% de l'eau douce qui s'écoule à la surface de la Terre. Cependant, cette ressource est très inégalement répartie selon les régions : il y en a 70% en Amazonie, région où vit moins de 7 % de la population nationale, 15% dans le Centre Ouest, 6% dans le Sud et le Sud Est et à peine 3% dans le Nordeste, dont les 2/3 sont situés dans le bassin du fleuve São Francisco. L'inégalité de la répartition dans le pays, avec un désavantage évident du Nordeste brésilien, est la conséquence des caractéristiques géologiques et climatiques de la région : la présence du bouclier cristallin sur près de 70% de la superficie semi-aride nordestine rend difficile la constitution de réserves dans le sous-sol, la topographie est peu favorable à l'aménagement de réserves fluviales, et la région est soumise à des sécheresses importantes.

Au niveau des usages, la pression sur la ressource est localement élevée au niveau des agglomérations du fait de la consommation en eau potable et ce phénomène est accentué par le mauvais rendement des réseaux de distribution. En ce qui concerne les prélèvements agricoles, la situation est problématique dans le Nord Est du fait d'une ressource limitée et d'une évapotranspiration intense. Dans une moindre mesure, le Sud est également sujet à des conflits d'usages impliquant l'irrigation. Enfin, le Brésil est un pays atypique au niveau de la production d'énergie électrique puisque plus de 80% de la production totale est d'origine hydraulique. L'aménagement massif des cours d'eau a commencé dans les années 1960 avec la réalisation d'ouvrages de grande capacité. A l'heure actuelle, une puissance totale de 70 000 MW est fournie par 600 usines dont 25 ont une puissance supérieure à 1 GW. Par ailleurs, la demande énergétique du Brésil connaît un taux de croissance de 4,5% par an et seulement un quart du potentiel hydraulique du pays est utilisé, c'est pourquoi la construction de près de 500 nouveaux barrages est prévue d'ici 2015. La prise en compte des impacts environnementaux freine peu ce développement mais tend à infléchir la politique d'aménagement en privilégiant la petite hydraulique (entre 1 et 30 MW) dont les effets sont considérés moins dévastateurs pour les écosystèmes aquatiques.

#### Législation :

Au début des années 1990, le Brésil a entamé une vaste réforme dans les modes de gestion des eaux avec la mise en place de comités de bassin chargés de la planification et de la gestion intégrée de la ressource à l'échelle d'un bassin versant. Toutefois, le fédéralisme se traduit par deux niveaux distincts de gestion, ce qui complexifie la tâche : les bassins qui s'étendent sur deux Etats ou plus sont fédéraux alors que les autres bassins relèvent des Etats fédérés. Cette évolution de gestion s'est accompagnée d'une modification de la législation concernant les « débits de référence » : en 1986, la Résolution n°20 du CONAMA (Conseil National de l'Environnement) fixe le débit de référence à la valeur 7Q10 pour tout le pays ; par la suite, en 2005, la Résolution n°357 du CONAMA délègue à chaque comité de bassin la détermination de cette valeur (voir tableau 1 page suivante).

Cependant, le débit de référence n'est pas défini comme le débit minimum à garantir pour assurer la sauvegarde de l'écosystème. Il s'agit d'une valeur de débit utilisée comme base pour appréhender la gestion des usages en accord avec les exigences du milieu. Ainsi, la Résolution n°357 du CONAMA impose le respect de valeurs seuils de pollution pour tout débit supérieur au débit de référence. Le débit de référence correspond donc au pouvoir de dilution minimum pris en compte pour le respect des normes de qualité de l'eau (problématique des rejets industriels).

En ce qui concerne les ouvrages hydrauliques, la Résolution n°01 du CONAMA impose dès 1986 la réalisation d'une étude d'impact environnemental avant tout nouvel aménagement. Pour ce qui est du débit minimum à garantir à l'aval immédiat d'un ouvrage, la législation ne prévoit pas de valeur déterminée. Il existe néanmoins des recommandations préconisées par

ELETROBRÁS, entreprise du Gouvernement fédéral chargée des investissements et de la gestion des activités du secteur électrique. Ces recommandations sont fixées depuis 1999 à 50% du débit classé Q95 ou 80% du débit 7Q10.

<i>Comité de bassin</i>	<i>Evaluation du débit de référence</i>
Paraná	50% 7Q10
Minas Gerais	70% 7Q10
Pernambuco	20% Q90
Bahia	20% Q90
Paraíba	10% Q90
Rio Grande do Norte	10% Q90
Ceará	10% Q90

**Tableau 1** : récapitulatif des débits de référence retenus par Etats.

**Méthodes :**

Les méthodes actuellement utilisées au Brésil pour fixer les valeurs de débit réservé sont essentiellement de type hydrologique. Elles aboutissent en général à la détermination d'une valeur unique à partir de dires d'expert. Localement, d'autres méthodes ont été testées pour tenir compte d'une plus grande variabilité hydrologique avec la prescription de différentes valeurs de débit réservé selon les saisons. La prédominance des méthodes hydrologiques s'expliquent par le manque actuel de données biologiques sur les écosystèmes aquatiques brésiliens qui empêchent l'utilisation de méthodes de types microhabitats. Un tel manque résulte d'une prise de conscience relativement récente des dommages causés au milieu par les aménagements hydrauliques, les premières mesures de protection datant des années 1990.

## b) L'Espagne

### Contexte :

L'Espagne est un pays très contrasté en ce qui concerne les précipitations et les ressources en eau. De façon simplifiée, il existe un important gradient géographique du nord-ouest vers le sud-est avec des indices d'humidité qui vont de l'humide à l'aride. La situation est problématique au niveau des bassins méditerranéens pour différentes raisons : d'une part, la ressource est limitée avec de fortes irrégularités naturelles ; d'autre part, la demande correspondant aux différents usages de l'eau est en très forte augmentation du fait de la croissance de population dans ces régions, d'un afflux de touristes, du développement économique et de la mise en place de cultures intensives et consommatrices d'eau sur le littoral.

### Législation :

L'organisation territoriale espagnole se caractérise par la décentralisation des autorités en matière de gestion de la ressource en eau : 17 Communautés Autonomes partagent des compétences avec le gouvernement central. La Loi 29/1985 du 2 août sur l'Eau fait référence à la mise en place de débits écologiques comme contenu obligatoire des plans de bassins, néanmoins elle ne spécifie aucune valeur seuil d'où une relative autonomie des organismes de bassin pour imposer les débits réservés. Il en résulte une importante hétérogénéité des valeurs choisies selon les confédérations hydrographiques.

Le tableau 2 résume les débits réservés retenus selon les bassins (GARCIA BAUTISTA A., 2002).

<i>Confédération Hydrographique</i>	<i>Evaluation du débit écologique</i>
Nord	10% module. Minimum absolu de 50 l/s
Duero	Non spécifiée
Ebro	Individualisée ou 10% module
Tajo	Individualisée ou 50% du Qétiage
Guadiana	1% de l'apport aux réservoirs
Guadalquivir	Chiffrée ou 35% du Q19
Júcar	Individualisée ou 1% des ressources du bassin
Segura	Chiffrée ou 10% module
Sud	Individualisée ou 10% module

**Tableau 2 :** récapitulatif des politiques concernant l'établissement du débit écologique par organismes de bassin.

### Méthodes :

L'éventail des méthodes actuellement utilisées en Espagne pour estimer les débits réservés est assez large. En dehors des méthodes conventionnelles aboutissant à une valeur seuil unique de débit, il existe plusieurs approches permettant de tenir compte d'une certaine variabilité hydrologique. Le modèle RECE (Régime Saisonnier de Débits Ecologiques) introduit notamment une variation du débit réservé au cours de l'année selon des périodes dépendant du régime hydrologique du cours d'eau (DOCAMPO L., 1997). Toutefois, la variabilité du régime naturel est seulement intégrée de façon saisonnière ou mensuelle dans les préconisations. Dans le contexte espagnol, les progrès en terme d'estimation des débits ou régimes réservés sont limités par le manque de suivi biologique car l'application des mesures préconisées reste déficiente. De plus, il n'existe pas encore de base de données environnementales ou biologiques qui soient cohérentes à l'échelle nationale.

### c) La France

#### Contexte :

Le territoire français est caractérisé par une ressource globale en eau relativement abondante mais répartie de façon très inégale selon les régions. Les zones les plus sujettes à une pénurie de la ressource sont essentiellement la région méditerranéenne en raison de son climat plus sec, la Bretagne où la capacité de stockage souterrain est limitée par la proximité du socle granitique, et occasionnellement le grand sud-Ouest qui connaît des risques non négligeables de sécheresse.

Au niveau des usages, les prélèvements restent modérés par rapport à d'autres pays d'Europe mais les situations à l'intérieur d'un même bassin sont très disparates. L'alimentation en eau potable induit une forte pression sur la ressource souterraine au niveau des grosses agglomérations et dans la région méditerranéenne, en particulier pendant la période estivale en raison de l'afflux de touristes. Pour les eaux superficielles, la majeure partie des prélèvements (70%) est d'origine industrielle et sert à la production d'énergie pour le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires. L'énergie hydroélectrique a été largement développée jusque dans les années 1970, ce qui a induit une forte modification des régimes hydrologiques des cours d'eau et une fragmentation de leur linéaire. A cela s'ajoutent des prélèvements agricoles élevés en particulier pendant les périodes estivales avec le développement des cultures de maïs.

#### Législation :

La loi « Pêche » de 1984 impose aux gestionnaires des ouvrages de rétention des cours d'eau le respect d'un débit minimal appelé débit réservé garantissant la vie, la circulation et la reproduction des poissons. L'article L.432-5 du code de l'environnement précise la valeur de ce débit qui varie entre le dixième et le vingtième du module interannuel selon le cours d'eau avec des dispositions particulières pour les ouvrages existant avant 1984. Par ailleurs, la **loi sur l'Eau de 1992** précise les régimes d'autorisation et de déclaration pour l'usage de l'eau par l'intermédiaire de quatre décrets : **décrets 93-742 du 29 mars 1993, 94-894 du 13 octobre 1994, 95-1204 et 95-1205 du 6 novembre 1995**. Pour les ouvrages hydroélectriques, le régime d'autorisation dépend de la puissance et s'appuie sur une enquête publique et une étude (ou notice) d'impact. Pour les autres prélèvements, le débit de référence est le QMNA5 (débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans). Une déclaration est nécessaire pour des prélèvements compris entre 2 et 5% du QMNA5. Au-delà de 5%, ils sont soumis à autorisation. Comme mentionné dans l'introduction de cette étude, la législation française doit être prochainement mise à jour pour tenir compte de la Directive Cadre sur l'Eau.

#### Méthodes :

L'évolution de la législation française est symptomatique de celle des méthodes mises au point pour évaluer les besoins des écosystèmes aquatiques. Ainsi, les valeurs retenues pour le débit réservé (dixième du module) ou pour le débit de référence (QMNA5) découlent des approches hydrauliques validées à la fin des années 1970. Plus précisément, le dixième du module est la valeur critique obtenue par la méthode du Montana (TENNANT D.L., 1976). Dans les années 1990, la mise en place d'études d'impact pour les régimes d'autorisation et de concession a permis de s'appuyer sur les résultats des méthodes de type microhabitats, plus adaptées pour tenir compte des spécificités de chaque cours d'eau. Ces méthodes ont été développées essentiellement à partir de la méthodologie IFIM. Pour l'instant, le débit réservé préconisé par chaque étude d'impact a une valeur unique mais la notion de régime réservé devrait être introduite avec l'application de la Directive Cadre sur l'Eau. En ce qui concerne les données disponibles, il y a encore un manque d'observations sur les effets à moyen-long terme de la mise en place de débits réservés pour les cours d'eau.

## d) Le Royaume-Uni

### Contexte :

De par sa localisation insulaire, le Royaume-Uni est soumis à un climat océanique très humide. Les précipitations sont plus fortes sur l'ouest du pays et sur les reliefs mais restent supérieures à 500 mm par an dans tout le pays. Les températures estivales restent modérées ce qui limite l'évapotranspiration. Tout le problème de la disponibilité de la ressource provient de la faible capacité de rétention des sols notamment dans les massifs cristallins.

Au niveau des usages, la principale cause de pression sur la ressource est l'alimentation en eau potable. En effet, toute la région sud-est est densément peuplée. Etant donné la faible capacité des aquifères, l'essentiel des prélèvements est réalisé dans les eaux de surface ce qui peut s'avérer problématique pour les écosystèmes lors des sécheresses estivales. Les autres usages ont un impact limité au niveau de la ressource : l'irrigation est peu développée étant donné le contexte agricole peu favorable, la production d'énergie hydroélectrique est limitée par la faiblesse des reliefs, les prélèvements industriels pour le refroidissement des centrales se font essentiellement dans les estuaires.

### Législation :

Dans cette étude, seul l'ensemble centralisé Angleterre et Pays de Galles sera pris en compte. Le concept de débit minimal acceptable (Minimum Acceptable Flow) apparaît au Royaume-Uni en 1963 avec le « Water Resources Act » qui introduit le système de licences toujours en vigueur aujourd'hui. En 1976, le « Drought Act » prévoit la possibilité d'obtenir des dérogations pour prélever une quantité supérieure à celle autorisée par la licence en cas de situations urgentes de sécheresse. En 1993, le programme « Alleviation of Low Flows » se traduit par une augmentation des débits minimaux pour une liste comportant les 40 rivières les plus dégradées. Enfin, le « Biodiversity Action Plan » (1994) prévoit entre autres des mesures de régulation des débits pour protéger 49 espèces clés dépendant d'habitats fluviaux. En somme, la législation britannique est caractérisée par une certaine souplesse qui permet d'envisager au cas par cas le problème des débits réservés lors de l'attribution des licences de prélèvements.

### Méthodes :

Le Royaume-Uni s'appuie sur des scénarios quantitatifs pour la négociation des licences qui sont révisées tous les 6 ans dans le cadre de la procédure CAMS (Catchment Abstraction Management Strategies). Pour estimer ces débits négociés, toute une gamme d'outils a été mise en œuvre. Dans le cas des cours d'eau considérés comme d'importance écologique moindre, certaines méthodes hydrologiques sont encore utilisées comme le Q95 ou le Q347. La méthode des microhabitats IFIM a également été largement appliquée au RU. Elle fournit des scénarios quantitatifs qui servent de base à la réflexion de groupes d'experts. D'autres approches biologiques ont également été développées :

- le logiciel HABSCORE permet d'évaluer un potentiel piscicole (essentiellement salmonicole) en fonction de différents paramètres physiques (MILNER N.J. et al., 1993) ;
- le système RIVPACS permet une évaluation de la qualité hydrobiologique en comparant la population de macroinvertébrés observée à une distribution de référence associée au même univers physiographique. En cas d'écart important, on en déduit une altération qui peut être recherchée soit au niveau de la composition chimique de l'eau, soit au niveau de la qualité de l'habitat (WRIGHT J.F. et al., 1993).

Dans la plupart des cas, ces approches aboutissent à une valeur unique de débit minimum. Néanmoins, la notion de régime réservé commence à être mise en pratique notamment au travers d'une méthode holistique : « the River Babingley method » (PETTS G.E., 1996). Cette méthode prévoit un régime de débits qui tient compte de « conditions spéciales » et de « mesures pour des circonstances exceptionnelles ».



**ANNEXE 2 : Tableau caractéristique du régime hydrologique recommandé (BBM)**  
(KING J.M., LOUW M.D., 1998)

Site : 4      Rivière : Sabie

FdD = Fréquence de dépassement

VA = Volume annuel écoulé

(r) désigne le régime naturel de référence

(a) désigne le régime actuel

VA moyen (r) = 549 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup>

VA médian (r) = 512 m<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup>

COMPOSANTES du REGIME RESERVE		OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	VOLUME (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	% VA moyen	% VA médian	
REGIME de MAINTENANCE	Débits d'étiage (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	3	4	5	6	9	8	7	6	5.2	4.5	4	3.4	170			
	1. FdD % (r)	100	99	99	100	94	96	98	98	98	98	98	98		29 (r)	33 (r)	
	2. FdD % (a)	54	69	86	79	74	77	76	65	59	55	48	49		41 (a)	50 (a)	
	Débits de crue																
	1. Magnitude (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	6	8	30	12	50	130	12	10						32		
	2. Durée (jours)	3	3	7	5	10	14	5	5								
3. Période (années)					1:1	1:3											
4. FdD % (r)	75	75	18	78	25	7	80	90							5 (r)	6 (r)	
5. FdD % (a)	17	31	8	45	20	7	60	57							8 (a)	9 (a)	
	Total (r)														34	39	
	Total (a)														49	59	
REGIME de SECHERESSE	Débits d'étiage (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	2	2.5	3	3.5	4	3.7	3.3	3.1	2.8	2.5	2.3	2.1				
	1. FdD % (r)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	91	15 (r)	18 (r)	
	2. FdD % (a)	72	87	92	97	95	95	95	93	90	87	81	77		22 (a)	27 (a)	
	Débits de crue																
	1. Magnitude (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )		5	6	7		8	7	6						3	0.5 (r)	0.6 (r)
2. Durée (jours)		3	3	3		3	3	3							0.7 (a)	0.9 (a)	
	Total (r)														15.5	18.6	
	Total (a)														22.7	27.9	

**ANNEXE 3** : Liste des paramètres retenus comme indicateurs d'altération hydrologique dans la méthode RVA (RICHTER B.D. et al., 1997)

<b>Groupes d'indicateurs</b>	<b>Caractéristiques du régime</b>	<b>Indicateurs hydrologiques</b>
<b>Groupe 1</b> : Magnitude de l'écoulement mensuel	- Magnitude - Saisonnalité	- Débit moyen pour chaque mois
<b>Groupe 2</b> : Magnitude et durée des conditions extrêmes annuelles de l'écoulement	- Magnitude - Durée	- Minimum annuel de la moyenne sur un jour - Maximum annuel de la moyenne sur un jour - Minimum annuel de la moyenne sur 3 jours consécutifs - Maximum annuel de la moyenne sur 3 jours consécutifs - Minimum annuel de la moyenne sur 7 jours consécutifs - Maximum annuel de la moyenne sur 7 jours consécutifs - Minimum annuel de la moyenne sur 30 jours consécutifs - Maximum annuel de la moyenne sur 30 jours consécutifs - Minimum annuel de la moyenne sur 90 jours consécutifs - Maximum annuel de la moyenne sur 90 jours consécutifs
<b>Groupe 3</b> : Saisonnalité des conditions extrêmes annuelles de l'écoulement	- Saisonnalité	- Date du calendrier associée au débit journalier maximal de l'année - Date du calendrier associée au débit journalier minimal de l'année
<b>Groupe 4</b> : Fréquence et durée des « pics » et des « creux » de débit (*)	- Fréquence - Durée	- Nombres de pics de débit par an - Nombres de creux de débit par an - Durée moyenne des pics sur un an (en jours) - Durée moyenne des creux sur un an (en jours)
<b>Groupe 5</b> : Taux de variations et fréquence des changements d'écoulement	- Taux de variations - Fréquence	- Moyenne de toutes les différences positives entre deux débits journaliers consécutifs - Moyenne de toutes les différences négatives entre deux débits journaliers consécutifs - Nombre d'accroissements entre 2 jours consécutifs sur un an - Nombre de diminutions entre 2 jours consécutifs sur un an

(\*) Les « pics » (respectivement « creux ») de débit correspondent aux périodes durant lesquelles le débit journalier reste supérieur (respectivement inférieur) au débit classé de fréquence de dépassement 25 % (respectivement 75 %) défini à partir de la totalité des séries hydrologiques de référence.