

Estimation et disposition des débits environnementaux dans les cours d'eau méditerranéens

Concepts, méthodologies et pratique émergente

Étude de cas méditerranéen

Débits environnementaux et Gestion Intégrée des Ressources en Eau: étude de cas du fleuve Vomano

Auteur

Stefano MARAN

Unité d'Affaires Environnementales, CESI, Italie
maran@cesi.it

Les opinions exprimées sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN.



Les études de cas méditerranéens de ce dossier informatif ont été possibles grâce au financement du gouvernement hollandais par le biais de l'Initiative pour l'Eau et la Nature et le soutien financier du Ministère des Affaires Étrangères, Direction Générale pour la Coopération et le Développement, Italie.



Le soutien principal aux activités du Centre pour la Coopération Méditerranéenne de l'UICN a été apporté par:



Débits environnementaux et Gestion Intégrée des Ressources en Eau: étude de cas du fleuve Vomano

1 INTRODUCTION

Des changements récents dans la législation italienne tendent à considérer les débits environnementaux dans le contexte de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). En l'occurrence, la GIRE a été définie comme un "processus pour la promotion du développement et de la gestion coordonnés de l'eau, de la terre et de leurs ressources respectives afin de maximiser en conséquence l'action en faveur du bien-être économique et social d'une façon équitable, sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux"¹. On considère comme un principe de base pour le développement durable et la recherche de solutions le fait de concilier des usages multiples et compétitifs de l'eau avec la protection de l'environnement. Un outil important pour la mise en oeuvre de cette approche dans le processus d'attribution d'eau est une analyse à critères multiples², selon laquelle l'estimation du débit environnemental offre la possibilité de quantifier les critères relatifs à l'environnement.

À l'origine le concept de Débit de Dotation est apparu en Italie à la fin des années 1970 dans un but bien spécifique, à savoir celui de protéger la faune aquatique en aval de la dérivation du lit d'un fleuve. Depuis lors, différentes applications et interprétations ont évolué, élargissant le sens original de ce concept. Dans de récentes réglementations, il est considéré comme un instrument pour atteindre les objectifs de qualité visés en matière d'eau –au même titre que d'autres mesures, dans le cadre du Plan Régional de Protection et Gestion des Eaux.

Les débits environnementaux sont actuellement prescrits dans la législation nationale italienne en termes généraux, comme des lois-cadres. Les Autorités individuelles du Bassin Hydrographique sont chargées de fixer des règlements spécifiques pour les fleuves dont elles assument la responsabilité. Les normes actuelles ne considèrent les débits environnementaux que comme des débits de dotation qui doivent se trouver en aval des dérivations d'eau. En définitive, ces règlements doivent être reconnus par les Autorités Régionales dans leurs Plans de Protection des Eaux, dans lesquels peuvent sans doute figurer d'autres spécifications (à savoir les différents besoins en DD pour traiter des questions spécifiques).

Ce cas d'étude décrit un schéma pilote pour intégrer des estimations de débit environnemental avec les instruments de la GIRE dans le fleuve Vomano au centre de l'Italie. Les fleuves qui coulent dans ce bassin sont très régulés, principalement pour la production d'énergie hydraulique. Il montre bien comment des objectifs en matière d'environnement sont incorporés dans une analyse à critères multiples pour développer un plan de gestion intégrée des ressources en eau et des politiques de régulation de débit. Dans de telles circonstances, le principal défi est généralement de définir un classement d'ordre environnemental qui puisse être calculé pour différents cadres hypothétiques -et soit inaccessible à l'expérimentation et la mesure. L'approche décrite résout ce problème en utilisant les méthodologies de Débit de Dotation déjà existantes pour définir un classement d'ordre environnemental, et le combiner avec des techniques basées sur le Réseau Bayésien. Cela a donc

¹ Partenariat Mondial de l'Eau 2000. *Towards water security: a framework for action*. GWP, Stockholm, Suède.

² Voir par ex., *Guidelines for the allocation and management of water for maintaining the ecological functions of wetlands*, adopté dans la Résolution VIII.1 de COP8 pour la Convention sur les Zones humides (Ramsar)

permis de faire intervenir explicitement des parties prenantes dans les choix de compromis au sujet des débits en utilisant des formulations à critères multiples, et de recommander un régime de débit environnemental qui reflète les deux analyses scientifiques, autrement dit en utilisant la meilleure information disponible et les perspectives des parties prenantes.

2 LE CADRE LÉGISLATIF ÉVOLUTIF DE L'ITALIE

En Italie la disposition d'écoulements fluviaux en aval de dérivations d'eau pour protéger l'écosystème aquatique a été reconnue depuis la fin des années 1970, lorsque les autorités locales prescrivirent des règlements pour les personnes chargées de la manutention des barrages. À l'origine, ces réglementations étaient établies dans les régions alpines, où l'exploitation des ressources en eau est élevée, notamment pour la production d'énergie hydraulique. Le motif principal de l'action locale était la croissante préoccupation publique pour la protection de l'environnement. Ces règlements étaient basés sur le concept de Débit de Dotation (DD) pour protéger la faune aquatique et étaient destinés à garantir un déversement d'eau à proximité du cours naturel. Les premières méthodes se référaient à certaines mesures hydrologiques (telles que l'indice de sécheresse ou un déversement spécifique) mais sans aucune référence aux conditions spécifiques de site. Leur principal avantage résidait dans leur simplicité; leurs principaux inconvénients étaient les suivants:

- Seuls les permis pour de nouvelles dérivations ou prélèvements devaient satisfaire aux exigences du DD
- Seule une infime partie du territoire national était soumise à ces règlements
- La quantification du DD était plutôt arbitraire
- On recherchait la protection d'un composant écologique (la faune aquatique) par le biais d'une approche purement hydrologique (par ex. la méthode de l'indice ou du pourcentage)

Le dernier inconvénient met en évidence un manque de référence dans les méthodes précédentes aussi bien aux réponses spécifiques des espèces qu'aux conditions spécifiques de site (telles que la configuration de la section fluviale, le substrat, et les autres variables qui contribuent à caractériser l'habitat local). Pratiquement toutes les réglementations ont laissé aux autorités locales la liberté d'augmenter les débits minimums qui s'écoulent en aval des dérivations d'eau pour prendre en compte des facteurs spécifiques de site, chose du reste qui a été rarement faite.

A partir des années 1980, les activités réalisées dans ce domaine ont suscité l'intérêt du public, ce qui encouragea le développement des recherches scientifiques ainsi que des activités dans un contexte réglementaire. Comme dans d'autres pays, des expérimentations ont été réalisées en Italie pour quantifier le DD sur une base plus scientifique et pour estimer les bénéfices actuels d'un nouveau régime d'écoulement d'eau. En particulier, la méthodologie du microhabitat, qui simule l'effet d'une réduction de débit dans l'habitat local d'espèces de poissons particulières a été appliquée dans différents sites du pays entier. Cette tâche a été réalisée aussi bien dans le cadre de programmes de recherche que comme des actions menées conjointement par les autorités locales et les usagers de l'eau.

L'un des résultats de cette recherche et de ces expérimentations a été une nouvelle série de règlements régionaux pour la quantification des besoins en DD auxquels doivent satisfaire les nouveaux plans d'exploitation d'eau. Cependant, la compétence pour la mise en place de ces règlements n'a pas été clairement établie. C'est pourquoi les Autorités du Bassin Hydrographique ainsi que les gouvernements régionaux ont adopté plusieurs formules. Ces règlements étaient encore formulés comme de simples expressions hydrologiques de façon à en faciliter l'application. Elles comportaient également des coefficients spécifiques de bassin hydrographique, et dans certains cas, des coefficients

de correction pour prendre en compte des facteurs additionnels (par exemple la valeur naturaliste, la qualité de l'eau, l'interaction avec les eaux souterraines, etc.). Cependant, la quantification de ces coefficients par rapport aux conditions locales fut à peine entreprise.

Par exemple, en 1992 les Autorités du Bassin Hydrographique du Pô adoptèrent la formule suivante pour un bassin hydrographique dans leur domaine de compétence (Valtellina, au nord de l'Italie), à la suite de sérieux incidents dus à l'instabilité hydrogéologique de la région. Selon la formule, le DD devait au moins être de:

$$DD = 1.6 P A Q N \text{ (l/s/km}^2\text{)}$$

Sachant que P est un facteur de précipitation due à la pluie (qui oscille entre 1.0 et 1.8); que A représente la hauteur moyenne du bassin d'alimentation; et que Q et N représentent les caractéristiques spécifiques de site et la valeur naturaliste du tronçon fluvial considéré.

Seul le facteur de précipitation a été quantifié. Les autres n'ont pas été spécifiés. La formule devait être appliquée à de nouveaux projets d'exploitation d'eau. Pour les dérivations déjà existantes, des écoulements expérimentaux et provisoires ont été prévus en vertu d'un accord entre les autorités locales et les producteurs d'énergie hydraulique, de façon à détecter et mesurer de possibles améliorations dans l'environnement.

À titre d'exemple supplémentaire, la réglementation adoptée en 1995 par la région piémontaise (au Nord-Ouest de l'Italie) était censée être appliquée à de nouvelles dérivations et dans le cadre de projets de renouvellement. Elle est basée explicitement sur la valeur Q_{355} , autrement dit un débit excédentaire ne s'écoulant pas plus de 355 jours par an. Cela signifie, en moyenne, que le débit naturel est inférieur à la valeur Q_{355} seulement 10 jours par an. Il est évident que cet indice ne peut provenir que des stations hydrométriques, mais le règlement envisage également une procédure de rationalisation pour calculer la valeur Q_{355} dans des sections fluviales où il n'y a pas de séries temporelles hydrométriques.

Le DD est alors obtenu en appliquant trois coefficients de correction multiplicatifs à la valeur Q_{355} de débit naturel, à savoir:

- K_A , oscillant entre 0.7 et 1.0, qui est utilisé pour représenter les différentes sensibilités environnementales du tronçon fluvial en question
- K_B , oscillant entre 0.25 et 1.0, qui permet une application temporelle graduelle de la norme (à partir de 1995 jusqu'à 2005, lorsque le règlement était censé être totalement en vigueur)
- K_C , oscillant entre 1.0 et 1.5, qui représente le niveau différent de protection en raison de la valeur naturaliste de la zone en question (par exemple dans des zones protégées)

Un aspect intéressant et original de ce règlement est la possibilité de prescrire dans certains cas un DD à variable temporelle. La formule qui définit la modulation temporelle est:

$$DD_t = \begin{cases} Q & \text{quand } Q < DD \\ DD + 0.1(Q - DD) & \text{quand } Q \geq DD \end{cases}^n$$

Sachant que: Q est le débit naturel; DD est le DD défini ci-dessus, et DD_t est le DD à variable temporelle. À la connaissance de l'auteur, la modulation temporelle du DD n'a jamais été appliquée, peut-être à cause de sa difficile application pratique.

Ces approches ont permis de résoudre certaines imperfections des règlements antérieurs, mais elles présentaient encore des inconvénients. Par exemple, l'absence de procédure spécifique pour la quantification de coefficients spécifiques de sites a rendu leur application particulièrement difficile. L'estimation du DD a donc continué de ne pas tenir compte des conditions locales spécifiques ni de la morphologie du tronçon fluvial soumis à la réduction de débit. En outre, le fait que tous ces règlements soient appliqués uniquement aux nouveaux permis a limité la diffusion des écoulements environnementaux.

En même temps, la protection du fleuve grâce à la disposition de débits réservés en aval des dérivations d'eau a été reconnue dans d'importantes Lois Nationales, à commencer par la Loi sur la Protection du Sol de 1983, en vertu de laquelle les Autorités du Bassin Hydrographique sont entrées en scène en Italie, puis la Loi sur la Protection des Eaux (1999), qui a réaménagé la totalité du cadre normatif italien pour la protection des eaux. En particulier, la Loi sur la Protection des Eaux a introduit des concepts très basiques, mais non moins importants, dans la législation environnementale italienne, à savoir:

- L'intégration d'aspects quantitatifs et qualitatifs
- Le bassin versant en tant qu'unité de base pour la gestion des eaux
- Des objectifs de qualité environnementale de l'eau formulés en termes de critères écologiques

Il est intéressant de noter que, selon ce que stipule cette loi, les débits environnementaux doivent contribuer à atteindre les objectifs de qualité visés en matière d'eau. Outre ces principes, la norme a prescrit que tous les permis d'exploitation des eaux devraient être réexaminés afin d'établir des écoulements de débits environnementaux. L'application de nombreux principes de cette loi a pris la forme de règlements et réglementations devant être traités par les autorités locales (principalement les Autorités Régionales et du Bassin Hydrographique) de sorte que leur effet pratique est difficile à apprécier à l'heure actuelle.

Il est évident, si l'on considère les trois points indiqués ci-dessus que, sous bien des aspects, l'approche de base de cette loi ressemble à la Directive-Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne qui a été approuvée un an plus tard, en 2000.

Cadre 1: Évolution de la définition du DD dans différentes réglementations italiennes^(*)

“un débit résiduel minimum pour assurer la vie des poissons” (1978)

“le débit nécessaire à la vie dans les fleuves de façon à ne pas porter préjudice à l'équilibre de l'écosystème” (1994)

“le débit qui doit être maintenu en aval des dérivations d'eau pour maintenir les conditions vitales immédiates, bien que très critiques, pour la fonctionnalité et la qualité de l'écosystème” (1995)

“la protection quantitative des ressources en eau contribue à atteindre les objectifs de qualité par le biais d'une planification des usages destinés à éviter des impacts sur la qualité de l'eau et à permettre une exploitation durable de l'eau” (1999)

“le débit qui doit être maintenu en aval des dérivations d'eau afin de maintenir les conditions vitales pour la fonctionnalité et la qualité de l'écosystème” (2002)

(*) Traductions libres de l'auteur de l'anglais

Suite à l'approbation de la Loi sur la Protection des Eaux de 1999, certaines Autorités du Bassin Hydrographique ont formulé de nouveaux besoins en DD (par exemple l'Autorité du Bassin Hydrographique du Pô, le plus important d'Italie), tandis que d'autres travaillent toujours sur le sujet. Ces critères sont généralement le résultat d'expérimentations exhaustives et sont formulés, comme auparavant, sous la forme de formules hydrologiques, corrigées probablement à l'aide de certains coefficients qui prennent en compte différents aspects environnementaux.

Quant à leur application à des permis fluviaux déjà existants, il est normalement prévu que les normes soient appliquées de façon graduelle; par exemple la norme des ABH du Pô établit les objectifs intermédiaires suivants:

- Pour 2008, toutes les dérivations d'eau déjà existantes permettront que s'écoule au moins le DD "hydrologique", autrement dit, sans l'application de facteurs de correction.
- Pour 2016, le DD "hydrologique" devra être ajusté en appliquant des facteurs de correction (si besoin est).

Si l'on examine ces développements, il est intéressant de noter la transformation graduelle du DD d'un pur indice hydrologique en un instrument pour la protection de tout l'écosystème fluvial (voir cadre 1), ainsi qu'une augmentation des coefficients de base de la partie hydrologique de la formule proposée; par exemple, si l'on se limite aux zones alpines, le débit spécifique typique pour des besoins en DD a augmenté de 1.6-2.0 l/s/km² selon les premières normes à 4.0-6.6 l/s/km² selon les plus récentes.

3 L'ÉCOSYSTÈME AQUATIQUE DU FLEUVE VOMANO

Le fleuve Vomano se trouve au centre de l'Italie et son bassin versant s'étend sur 782 km². Il prend sa source dans le massif du Grand Sasso à 2155 mètres au-dessus du niveau de la mer, parcourt 68 km en direction Est vers la mer Adriatique. Dans la section fluviale de Ponte Vomano (à 136 m au-dessus du niveau de la mer, près de Villa Vomano) un débit d'étiage normal de 5.6 m³/s a été observé, qui peut être comparé à un débit de crue normal de 19.2 m³/s. Le débit d'étiage se produit normalement en août (de l'ordre de 4.5 m³/s) tandis que le débit de crue se produit en avril, lorsque coïncident les fortes précipitations de printemps avec l'eau provenant de la fonte de la neige.

La qualité de l'eau du Vomano a été jugée bonne, notamment dans les tronçons supérieurs des courants. Le Rapport 2002 sur la Qualité de l'Eau et la Distribution des Poissons a classé 12 des 16 stations dans la catégorie "sans impact" conformément à l'Indice Biotique Étendu. La station la plus basse, près de l'embouchure du Vomano dans la mer Adriatique, a été classée dans la catégorie "contaminée". En outre, de nombreux sites d'une remarquable valeur naturaliste ont été identifiés. Les salmonidés (la truite) constituent l'espèce de poisson la plus appréciée, et sont présents dans le cours supérieur et moyen des courants. Dans le cours inférieur, les cyprins prennent peu à peu la place des salmonidés. Certains cyprins d'un très grand intérêt scientifique sont également présents, et ont été reconnus par l'établissement de deux sites d'importance communautaire.

Plusieurs zones protégées sont présentes dans le bassin versant du Vomano. La plus importante est celle du Parc National du Grand Sasso et des Monti della Laga qui occupe une superficie de 15.000 hectares et est l'une des plus grandes d'Italie. Le parc comprend trois chaînes de montagnes: la cordillère du Grand Sasso d'Italie, le massif de Laga et les Monti Gemelli. On y trouve également le pic le plus élevé des Apennins, le Corno Grande (2.912 mètres) et le seul glacier des Apennins, le Calderone, glacier d'Europe qui est situé le plus au sud. Le parc fait partie des Zones Italiennes de Protection Spéciale, établi conformément à la Directive européenne "Birds" (79/409/CEE). De plus, on y trouve deux Sites d'Importance Communautaire (SIC, institués conformément au contenu de la Directive Européenne de l'Habitat 92/43/CEE). Ces deux sites ont été sélectionnés pour la grande qualité de leurs eaux fluviales et de leur habitat et pour la valeur de leur paysage naturel: ces deux SIC constituent la frontière sud de la zone de diffusion pour certaines espèces de poissons (par exemple, *Chondrostoma genei*).

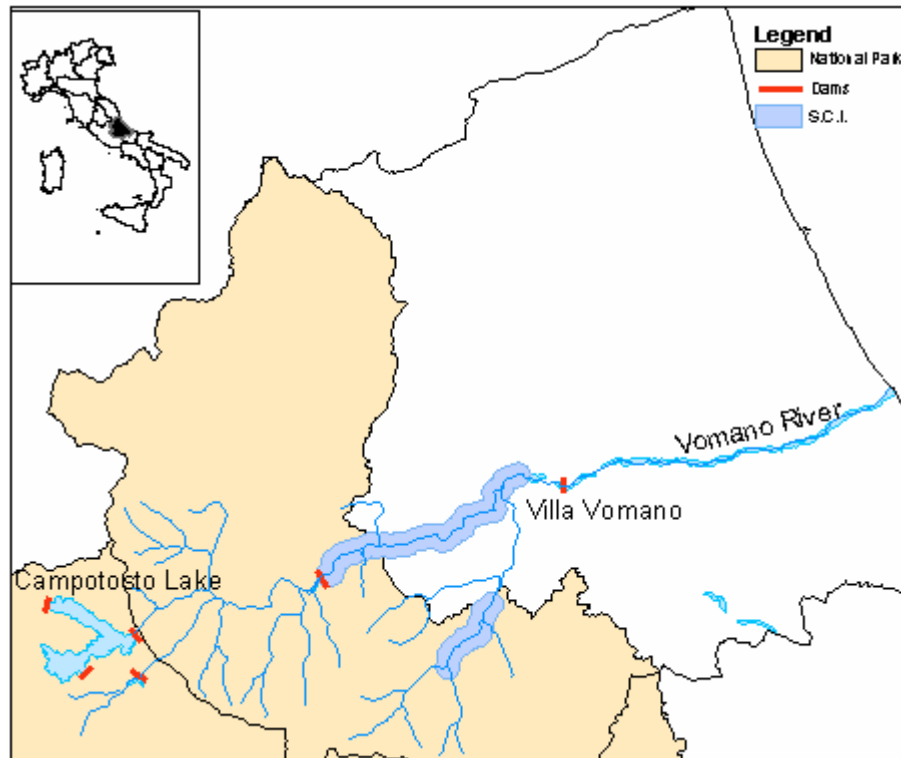


Figure 1: Le réseau hydrographique du Vomano

Le régime hydrologique du Vomano a été considérablement modifié par de nombreuses structures hydrauliques et par des travaux publics. Par exemple, la construction du tunnel autoroutier à travers le Massif du Grand Sasso a perturbé un grand bassin aquifère de la région, réduisant ainsi la surface piezométrique d'environ 600 m, ce qui affecte le déversement de plusieurs sources qui jaillissent du Grand Sasso. Hormis ceci, les problèmes environnementaux suivants ont été détectés en rapport avec la gestion des eaux du bassin du Vomano:

- L'érosion fluviale des berges et la perte de l'habitat causées par des pics de recharge qui sont de brutales variations de débit dues à la modulation quotidienne de la production d'énergie hydraulique;
- Les impacts des dérivations de débit dans les zones protégées, et
- Les transvasements d'eau entre différents bassins versants.

Toutes ces questions ont rapport aux usages actuels des ressources en eau de la zone (l'énergie hydraulique, l'irrigation et l'approvisionnement en eau potable).

Les installations pour la production d'énergie hydraulique dans le Vomano produisent 700 MW, quantité importante dans le réseau électrique de la région. Le premier élément du système est le bassin de retenue du Lac de Campotosto situé à 1.317 m. au-dessus du niveau de la mer. Il est entouré par trois barrages et situé entre deux bassins versants différents. Deux autres bassins de retenue artificiels sont utilisés pour la production d'énergie hydraulique. La capacité totale de ces trois bassins de retenue est d'environ 220 Mmc (dont 217 Mmc proviennent du Lac de Campotosto à lui seul), qui peuvent être comparés avec les 509 Mmc qui s'écoulent par an dans la section fluviale de Villa Vomano (à 136 mètres au-dessus du niveau de la mer), en aval des principales installations pour la production d'énergie hydraulique.

Les eaux provenant du Lac de Campotosto et d'autres bassins de retenue produisent de l'énergie électrique dans quatre stations principales de production d'énergie hydraulique, dont deux servent

aussi de stations de captage pour amener de l'eau d'un bassin de retenue à un autre situé en amont, pour accumuler de l'énergie obtenue par pompage.



À l'heure actuelle, le seul écoulement d'eau provenant des conduits hydrauliques se trouve à Montorio al Vomano, dans le cours moyen du fleuve, où un débit de 1.2 m³/s est maintenu. Après une décrue de 1.200 m passant par quatre installations pour la production d'énergie hydraulique, l'eau est finalement restituée au fleuve à Villa Romano, où elle est de nouveau partiellement dérivée à des fins de consommation pour venir alimenter une aire de drainage.

Figure 2: Le Fleuve Vomano à la station de Senarica (à 610 m a.s.l.)³

L'approvisionnement en eau potable des établissements humains de la ville constitue la consommation d'eau la plus importante. À cet égard, le cadre réglementaire italien donne la priorité à la consommation humaine parmi les différents usages. Jusqu'à présent, l'exploitation des ressources en eau n'a pas entraîné de conflits publics importants, car il n'y a pas de pénurie d'eau. Mais de nouvelles demandes (par ex. pour l'approvisionnement en eau potable) et différents besoins requièrent à présent une approche de gestion plus développée. La prise de conscience publique des implications de la protection environnementale et du développement durable a également suscité un intérêt croissant à l'échelle locale envers le cadre réglementaire.

La région d'Abruzzes programme actuellement certaines activités pour mettre en oeuvre les recommandations nationales sur la définition du Plan Régional de Protection des Eaux, et, dans ce cadre, de critères pour la quantification des débits réservés à des fins environnementales. Les questions environnementales les plus importantes ont rapport, avant tout, aux dérivations de débit pour la production d'énergie hydraulique; les zones subissant le plus grand impact semblent être les zones protégées dans le Parc National, la zone des truites (avec une référence particulière au tronçon rectiligne du Vomano en aval du barrage de Providenza) et les deux sites d'importance communautaire.

³ Du Rapport Régional 2002 sur la Qualité de l'Eau et la Distribution des Poissons.

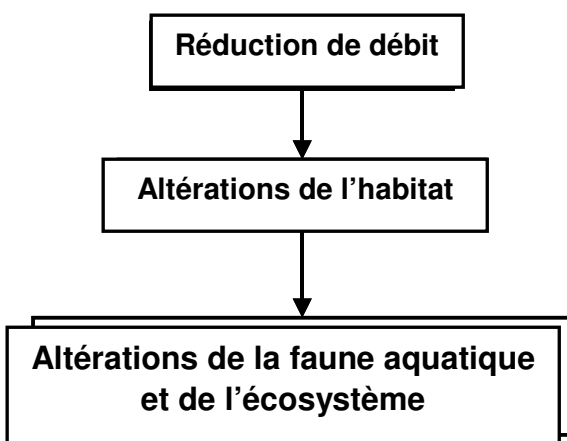
Cadre 2: Faits et activités significatifs

1934:	Proposition de développement hydroélectrique du bassin hydrographique du Vomano et de construction de barrages dans le Lac de Campotosto.
1939:	Début du chantier de construction des barrages pour la configuration du Lac de Campotosto
1949:	Début de la production électrique dans les installations pour la production d'énergie hydraulique de Provvidenza (en aval du Lac de Campotosto)
1983:	Entrée en scène des Autorités du Bassin Hydrographique en Italie.
1999:	Approbation de la Loi Italienne sur la Protection des Eaux.
2000:	Approbation de la Directive-Cadre sur l'Eau par la Commission de l'Union Européenne.
Actuellement:	Programmation par la région d'Abruzzes d'un Plan Régional de Protection des Eaux et développement de critères pour l'évaluation des débits environnementaux.

4 MÉTHODOLOGIE

La définition des besoins en DD est la manière conventionnelle de traiter les impacts des dérivations d'eau sur l'environnement. Comme nous l'avons vu ci-dessus, cette approche présente certaines restrictions, notamment en ce qui concerne son application dans la GIRE. Pour pallier ces restrictions, un programme de recherche a encouragé et mis en marche dans le cadre de la Recherche sur les Systèmes dans le Secteur Électrique (financé par le Ministère Italien de l'Activité Productrice) des essais expérimentaux sur une nouvelle approche. Le fleuve Vomano a été choisi comme bassin d'étude. L'objectif principal était de développer un indice associé au débit résiduel qui permette de définir l'efficacité de différentes options de gestion. De cette façon, il serait possible de prendre en considération d'une manière explicite l'objectif environnemental dans des méthodologies à critères

multiples utilisées pour développer un plan de gestion intégrée des ressources en eau.



Le point de départ de cette activité est l'approche utilisée dans la méthodologie du microhabitat pour l'évaluation des besoins en débit environnemental, mais qui ne se limite pas exclusivement au DD. La méthodologie du microhabitat adopte une approche déterministe pour simuler la réponse des poissons à une dérivation d'eau en tenant compte du rapport de cause à effet qui détermine l'influence de la dérivation de débit sur la vie aquatique. Une simulation de microhabitat (souvent mise en oeuvre par le fameux programme PHABSIM) consiste en un processus à

deux étapes: dans la première, la réponse du microhabitat à la variation de débit est calculée au moyen d'une simulation hydraulique; dans la seconde étape, l'adéquation des conditions du nouvel habitat est calculée au moyen d'une série de courbes de préférence ou d'adéquation. Le résultat est un indice désigné sous le nom de Surface Utile Pondérée (SUP), ayant la dimension d'une surface (m²). Elle représente une surface pondérée par la préférence des poissons. En tant que telle, ce n'est pas une quantité physique mesurable, mais qui doit plutôt être considérée comme un indice.

La fonction de la SUP vs le déversement peut être considérée comme la fonction de transfert qui transforme l'information hydrologique en information biologique. Réellement, le principal résultat de l'application de la méthodologie du microhabitat n'est pas la définition d'une valeur pour le DD, mais plutôt une évaluation de la réponse de l'écosystème aquatique à différents débits. D'une façon plus générale, l'approche du microhabitat est adéquate à partir du moment où on cherche à évaluer l'effet d'une perturbation sur un habitat fluvial spécifique. De par ces caractéristiques, cette approche s'avère adéquate pour le développement d'un indice de performance environnementale de différentes politiques de gestion des eaux.

Dans cette approche pilote développée par le CESI, les séries de temps régulé et naturel sont prises en compte au moyen de courbes respectives de durée du débit, et les courbes de la "SUP vs débit" permettent de traduire les facteurs de forçage hydrologique en réponse biologique. Cela permet d'obtenir une courbe de durée de la SUP en partant d'une courbe de durée de débit, que l'on peut normalement trouver facilement. Finalement, le coût environnemental d'une politique de gestion des eaux est défini comme une distance appropriée entre des courbes de durée de la SUP naturelle et régulée (Figure 3). L'indice de performance est désigné en l'occurrence sous le nom de "coût environnemental" car, plus la valeur est élevée, pires sont les résultats de l'impact sur l'environnement; bien évidemment cela n'entraîne aucune répercussion économique de l'impact environnemental.

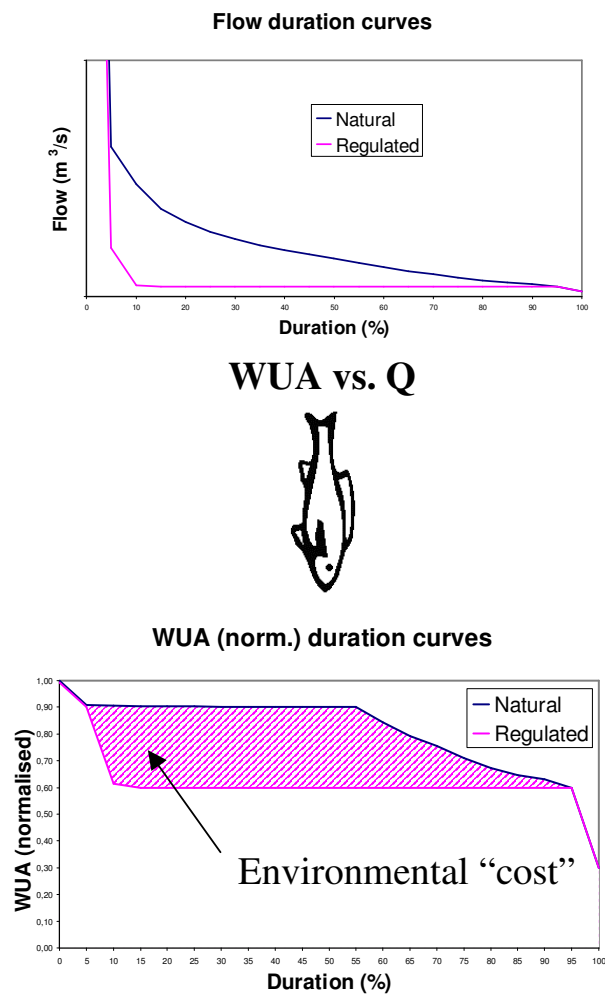
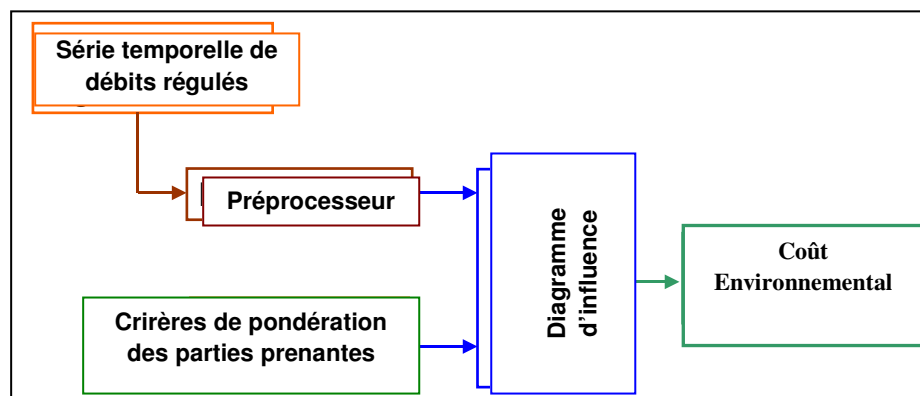


Figure 3: Obtention du "coût environnemental" à partir des courbes de durée du débit et de la SUP vs. fonction Q

La méthodologie précédente et la formulation de l'indice ont été mises en oeuvre grâce aux Réseaux Bayésiens (RB) et aux diagrammes d'influence dans le cadre du projet européen de GERTI (Gestion de l'Environnement et des Ressources par l'utilisation de Techniques Intégrées). L'objectif de ce projet est de développer une méthodologie pour la GIRE qui puisse être appliquée à l'échelle d'un bassin d'alimentation. Un aspect caractéristique du projet est l'utilisation du Réseau Bayésien pour la mise en oeuvre pratique d'une telle méthodologie dans un outil générique de gestion, qui est appliqué à quatre études de cas dans différents pays de l'Union Européenne. Le site italien est le bassin versant du Vomano et dans l'étude du cas italien les objectifs suivants ont été poursuivis:

- Développer un outil pour la quantification du "coût environnemental" d'une politique de gestion
- Développer un outil qui permette aux parties prenantes d'assigner leurs propres critères de pondération
- Démontrer l'utilisation de la technique basée sur le Réseau Bayésien dans la gestion intégrée des ressources en eau

Dans le RB, le système se présente comme un ensemble de noeuds graphiques, reliés de telle façon qu'ils représentent la cause et l'effet au sein du système. Une fois que le réseau est complet, on peut évaluer l'impact d'une décision en introduisant l'action dans le noeud graphique pertinent. On peut ainsi évaluer l'impact sur le système entier. La structure de notre outil est ébauchée dans la figure suivante:



La donnée d'entrée est la série temporelle de débits régulés, que l'on obtient par une optimisation appropriée et un outil de simulation. Dans cette application, la donnée d'entrée est fournie par une activité parallèle réalisée par l'École Polytechnique de Milan, dans laquelle ont été identifiées des politiques de gestion optimale des eaux utilisant une approche à objectifs multiples et une programmation dynamique stochastique⁴. Le préprocesseur est utilisé pour calculer la courbe de durée d'un débit régulé à partir de la série temporelle de débit et pour assigner les paramètres appropriés au Réseau Bayésien. La disponibilité des courbes de la SUP s'est avérée être un point critique. Elles constituent un élément clé dans la procédure parce qu'elles permettent de traduire l'information hydrologique en information biologique. Elles sont également spécifiques du site et leur détermination requiert de profondes explorations expérimentales, qui n'ont pas encore été réalisées. C'est la raison

⁴ Soncini-Sessa, R., A. Castelletti, et E. Weber, 2002. Prise de décision de participation dans l'aménagement des bassins de retenue, Lecture en séance plénière iEMSs 2002, Estimation intégrée et support pour la prise de décision 24-27 juin 2002, Lugano, Suisse.

pour laquelle, dans cette application, les courbes réelles n'étaient pas disponibles et des courbes réalistes (quoique non réelles) ont dû être introduites dans le diagramme d'influence.

L'autre donnée d'entrée représente les critères de pondération assignés par la partie prenante. Le résultat est un coût environnemental de la politique de gestion qui a produit les débits régulés.

Grâce à l'utilisation du RB, un outil a été développé qui permet d'assigner un coût à une politique de gestion prédéterminée. Il aborde l'étude de la préservation de l'habitat des poissons par le biais du concept d'indice environnemental au lieu de celui de débit de dotation. Il a pour principal avantage de permettre aux parties prenantes d'assigner d'une façon simple leurs propres critères de pondération et d'évaluer la performance environnementale d'une politique de gestion des eaux en accord avec leurs propres points de vue. Cette option montre que des groupes différents ne perçoivent pas la valeur environnementale de la même façon.

Dans l'application pilote du Vomano, des parties prenantes (autorités locales, représentants du Parc National et pêcheurs) étaient directement impliquées dans le développement de l'outil et dans la détermination de différentes classes de critères de pondération. Actuellement, la tâche est en cours et les impressions des parties prenantes sont recueillies afin d'évaluer l'efficacité de cette approche. D'une façon générale, un objectif du projet de GERTI sera de développer des techniques pour encourager et permettre la participation totale des parties prenantes dans la construction du RB et, en fin de compte, dans le processus de prise de décision.

5 DÉVELOPPEMENTS FUTURS ET CONCLUSIONS

Bien que la GIRE soit largement reconnue comme une approche de base pour pouvoir assurer un développement durable, dans la pratique son application lance certains défis difficiles. L'un d'entre eux est la traduction d'un objectif environnemental en une mesure quantitative bien définie qui puisse être utilisée dans la modélisation mathématique et les outils d'optimisation pour évaluer l'effet des différentes politiques de gestion des eaux. Ces résultats, quant à eux, informeraient sur les négociations et les politiques relatives aux besoins en débit environnemental et les mesures pour y subvenir.

Dans cette étude de cas du Vomano un classement d'ordre environnemental a été mis au point pour quantifier et comparer la performance environnementale de différentes politiques. Il est basé sur des méthodes développées à l'origine dans le cadre des méthodes d'évaluation du Débit de Dotation et il a été mis en oeuvre grâce à l'utilisation du Réseau Bayésien, à partir duquel une application préliminaire au fleuve Vomano a été démontrée.

Les Réseaux Bayésiens ont été utilisés pour développer un système de support pour la prise de décision afin que différentes parties prenantes puissent introduire leurs points de vue dans l'évaluation de la performance environnementale d'une politique de gestion des eaux donnée. D'une façon plus générale, les RB semblent être un outil efficace pour permettre aux parties prenantes de s'impliquer dans l'utilisation de systèmes de support pour la prise de décision et promouvoir leur participation dans le processus de prise de décision. Afin d'étendre la méthode et l'appliquer dans des situations pratiques, il faudrait réaliser de profondes explorations expérimentales, pour obtenir les réponses réelles des habitats fluviaux aux variations de débit, et pour compléter le processus de consultation des parties prenantes, en utilisant probablement comme outil le RB.

En outre, il serait bon de noter que seuls les aspects environnementaux ayant rapport à l'habitat fluvial sont inclus dans cette approche. Bien entendu ils n'épuisent pas les questions sur l'environnement en

rapport avec les dérivations d'eau dans les fleuves ou, d'une façon plus générale, les dérivations du régime hydrologique. Afin d'inclure l'ensemble des aspects environnementaux dans la Gestion Intégrée des Ressources en Eau, il conviendrait de définir des classements similaires pour chacun d'entre eux.

Remerciements

Les activités décrites dans ce dossier sont en partie financées par la Recherche sur les Systèmes dans le Secteur Électrique du Ministère Italien de l'Activité Productrice (contrat COMPA) et d'autre part par la Commission Européenne dans le cadre du projet de GERTI (Gestion de l'Environnement et des Ressources par l'utilisation de Techniques Intégrées). Nous remercions également les autres partenaires du projet de GERTI pour leurs utiles échanges de vue.

Sites Web

www.regione.abruzzo.it :	Site web de la Région d'Abruzzes
www.gransassolagapark.it	Site web du Parc National du Grand Sasso et des Monti della Laga
www.ricercadisistema.it	Site web de la recherche italienne sur le Système Électrique
www.merit-eu.net	Site web du projet de GERTI