

Estimation et disposition des débits écologiques dans les cours d'eau méditerranéens -  
Concepts de base, méthodologies et pratique émergente

---

Étude de cas méditerranéen

**Estimation des débits d'eaux souterraines et  
d'eaux de surface dans la zone humide d'Aammig**

Auteur

***Richard Storey***

**Fonctionnaire scientifique - A Rocha Liban**

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 des gouvernements hollandais et britannique 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 de Coopération pour la Méditerranée de l'UICN a été apporté par:



# Estimation des débits d'eaux souterraines et d'eaux de surface dans la zone humide d'Aammiq

## 1. Bassin et contexte juridique

### 1.1 Historique

La zone humide d'Aammiq, Site Ramsar 978, est l'une des trois ou quatre zones humides qui existent encore au Liban, et elle est généralement considérée comme la plus riche et la plus importante de toutes. La zone humide ( $33^{\circ} 44' N$ ,  $35^{\circ} 47' E$ ) est située sur la plaine de Bekaa, une vaste plaine fertile qui s'étend entre les chaînes montagneuses du Liban et de l'Anti-Liban à une altitude de 850-

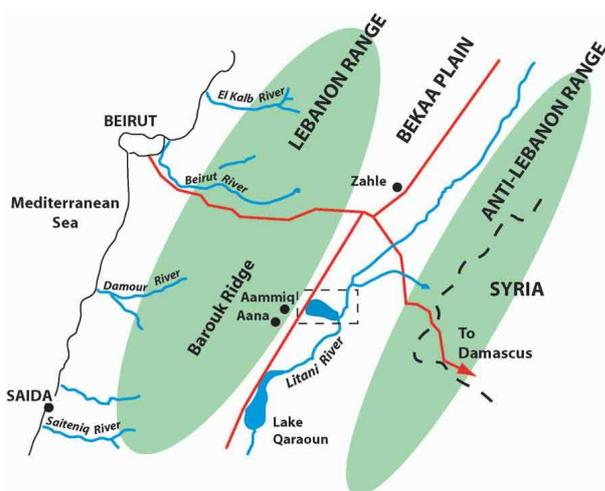


Fig. 1a Localisation de la zone humide d'Aammiq

1.000 m au-dessus du niveau de la mer. La zone humide se trouve sur le côté ouest de la plaine, au pied de la cordillère libanaise (que l'on appelle ici la dorsale de Barouk) qui l'approvisionne en eau. Les précipitations totales de la région sont modérément élevées, oscillant entre 700 et 880 mm par an sur la plaine, et pouvant atteindre 1500-1600 mm par an sur les pentes du versant du Barouk (Plassard, 1972; Chapon, 1976). Cependant, les précipitations sont extrêmement saisonnières; elles se produisent presque exclusivement sur une période de 80-90 jours, entre novembre et avril; de juin à août, elles sont très rares (Sene et al., 1999). Ce modèle

extrêmement saisonnier est responsable des problèmes principaux de disponibilité en eau dans la région. Les sols des pentes du versant du Barouk sont fins, et la pluie et l'eau provenant de la fonte des neiges s'infiltrent rapidement dans la pierre calcaire fissurée, formant le principal bassin aquifère de la région. Au pied de la montagne, au-dessous de la plaine, la direction du principal écoulement d'eaux souterraines est du nord au sud. A cet endroit, les eaux souterraines sont emprisonnées par les gros sédiments argileux du fond plat de la vallée, tandis que dans la région du marais, probablement à cause de l'affleurement de la pierre calcaire, les eaux souterraines émergent sous la forme de sources au pied de la montagne. L'eau qui jaillit des sources coule sur une surface de terres de 3 km en direction est vers le fleuve Litani, au milieu de la plaine, s'élargissant sur une surface d'environ 280 hectares.

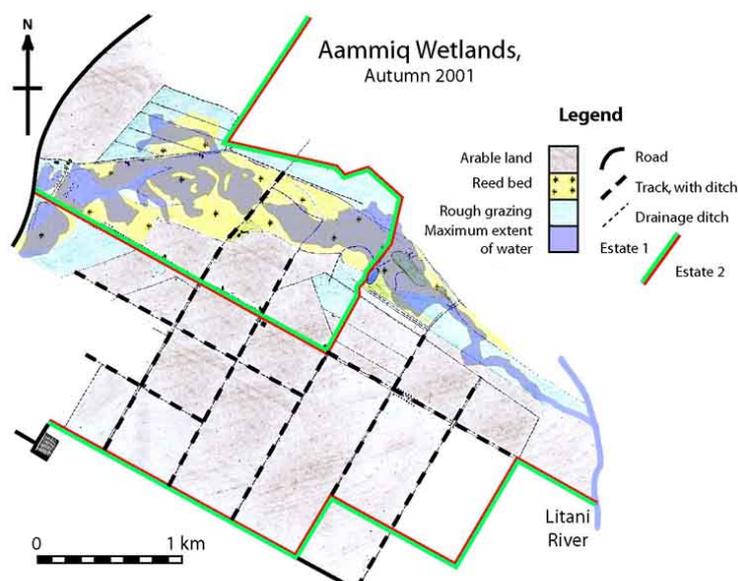


Fig. 1b Limites de la zone humide d'Aammiq.

## 1.2 Propriété

Toute la région d'Aammiq appartient à des particuliers. Le marais d'Aammiq est lui-même à environ 70% la propriété collective de quatre membres d'une seule famille, qui possèdent également une vaste zone de terrains agricoles aux alentours du marais. Leur domaine porte ici la référence de Domaine 1. Les 30% restants du marais (ainsi que de vastes étendues de terrains agricoles dans les alentours) sont la propriété collective de 52 membres de quatre autres familles. Leur domaine porte ici la référence de Domaine 2. Voir Carte 1 pour les limites de la propriété. Les terrains agricoles de ces familles sont loués à l'année à des exploitants agricoles pour le pâturage des moutons et des chèvres et pour la production de blé, de maïs, de luzerne et de légumes. Sur le Domaine 1, le marais est entouré à de nombreux endroits d'une "zone tampon", sur laquelle il n'y a aucune plantation de culture et où le pâturage est limité.

## 1.3 Altérations de débit et problèmes hydriques

Historiquement, la zone humide a couvrait une grande partie de la plaine de Bekaa, s'étendant à partir de son extension actuelle sur 30 kilomètres en direction du nord. Cependant, en raison de la grande fertilité des sols de Bekaa, des endroits de la plaine ont été convertis en terres de culture depuis des temps très reculés. Les derniers grands travaux de drainage de la zone humide destinée à l'agriculture ont été réalisés au cours des années 1960 et au début des années 1970,



Fig. 2 Vue de l'ouest du marais d'Aammiq

grâce au creusement d'un vaste réseau de fosses d'écoulement à travers la plaine, et à la construction de digues autour du fleuve Litani pour éviter les débordements d'eau fluviale sur la plaine en période de crues. Ces travaux ont réduit la zone humide à environ sa taille actuelle. Des fosses ont également été creusées dans le marais d'Aammiq, accélérant le dessèchement durant la saison sèche, mais depuis elles ont été fermées à des fins de conservation. Les problèmes d'eau dans le marais ont encore principalement leur origine dans le conflit entre les intérêts des agriculteurs de la région et les intérêts de la faune et de la flore de la zone humide.

Les pressions hydriques dans la plaine de Bekaa sont totalement différentes en hiver et en été, en raison du modèle extrêmement saisonnier de précipitation. En hiver et au printemps, les excès d'eau sont un problème pour les agriculteurs de la région, car les fortes chutes de pluie couvrent la plaine d'eau et menacent d'inonder les cultures d'hiver. Les fosses d'écoulement permettent normalement d'évacuer les eaux torrentielles le plus rapidement possible des champs, mais de fortes chutes de pluie inhabituelles pourraient encore causer des dommages aux cultures. Pendant l'été, les températures élevées (qui oscillent entre 32 et 34° C; UNDP/FAO), les vents forts et l'absence totale de pluie entraînent une sévère pénurie d'eau. La nécessité d'irriguer est donc grande et les eaux de surface de la région représentent une source d'eau insuffisante. C'est pourquoi, ces 40 dernières années, plus de 30 puits d'eau ont été creusés au pied des montagnes du Barouk au nord du marais, pour capter l'eau du bassin aquifère calcaire qui alimente en eau le marais d'Aammiq. Bien qu'aujourd'hui nombre de ces puits ne soient pas en usage, l'extraction des eaux souterraines est considérée comme une raison importante qui explique que le marais, qui restait normalement inondé tout au long de l'année, soit à présent réduit à quelques petites mares pendant 5 ou 6 mois par an en moyenne. Une grande pompe qui extrait l'eau directement du marais à mi-chemin de son cours accentue cette sécheresse saisonnière. Cependant, toutes les altérations humaines dans le régime du débit naturel ne réduisent pas les niveaux d'eau dans le marais. Étant donné que l'eau du marais est extraite pour l'irrigation et l'abreuvement des moutons, les agriculteurs de la région construisent un

barrage sur le flux naturel du marais pendant les mois d'été pour retenir l'eau le plus de temps possible dans le marais. Cela réduit considérablement la vitesse de progression du séchage.

Il existe également une rivalité entre les villages de la région au sujet de l'eau. Trois villages (Aana, Deir Tahnish et Aammiq) puisent de l'eau pour l'approvisionnement domestique de trois sources situées plus en amont sur les pentes du versant du Barouk. Selon Walley (1997), ces sources fournissaient normalement environ 20% de l'approvisionnement en eau du marais d'Aammiq, alors qu'aujourd'hui seule une infime quantité d'eau de ces sources - et encore - arrive au marais.

C'est pourquoi les modèles de débit d'eau dans la région d'Aammiq ont été considérablement modifiés au profit des résidents et agriculteurs de la région. Jusqu'à ce jour, seules de petites modifications ont été apportées pour préserver les valeurs de conservation dans la zone humide d'Aammiq.

#### *1.4 Contexte juridique*

À l'heure actuelle, aucune loi au Liban ne régit les besoins en débit minimum dans les cours d'eau. Il est prévu de commencer à réviser en profondeur la loi environnementale avant la fin de l'année 2003, mais on ignore si des besoins en débit minimum seront introduits suite à cette révision. De plus, le prélèvement d'eau pour l'irrigation dans la plaine de Bekaa n'est effectivement pas réglementé, ce qui veut dire qu'à l'heure actuelle, n'importe qui peut retirer la quantité d'eau qu'il souhaite. Du fait de cette absence de législation, tout changement dans la gestion des eaux recommandé dans le cadre de cette estimation des débits écologiques serait mis en oeuvre de façon volontaire par les différents propriétaires terriens. Le rôle de A Rocha Liban, auteur de l'estimation des débits écologiques, est purement consultatif.

## **2. Historique de l'estimation des débits écologiques**

### *2.1 Motivation et objectifs*

La croissante reconnaissance de l'importance internationale du marais d'Aammiq est à l'origine de l'action entreprise pour estimer ses ressources en eau. Bien que la reconnaissance officielle remonte à 1980, avec l'inclusion d'Aammiq dans le répertoire des zones humides de l'ouest paléo-arctique en qualité de "zone humide d'importance internationale" (Carp, 1980), l'élan apporté actuellement à la conservation est dû en grande partie aux données sur la diversité extrêmement grande d'oiseaux, rassemblées depuis 1997 par A Rocha Liban. A Rocha Liban est une organisation non gouvernementale, qui fait partie de A Rocha Internationale, dont la mission est de conserver les habitats significatifs dans des zones qui manquent de ressources pour la conservation. Depuis 1997, A Rocha Liban a travaillé en tant qu'organe consultatif à Aammiq avec la famille de propriétaires terriens du Domaine 1. Outre l'accumulation de données sur la biodiversité à Aammiq, A Rocha Liban a mené une lutte active pour la conservation du marais parmi les propriétaires du Domaine 1, conduisant les membres de cette famille à prendre un engagement envers la protection des zones du marais qui se trouvent sur leur propriété.

Dans son Plan de Gestion pour Aammiq (2002), A Rocha a identifié comme objectif de "maintenir et, dans la mesure du possible, augmenter la taille, la fonctionnalité et la biodiversité de l'écosystème de la zone humide". Comme A Rocha et la famille du Domaine 1 ont reconnu que pour atteindre cet objectif, il était nécessaire de mieux comprendre les besoins hydrologiques du marais, les deux parties ont ressenti la nécessité de réaliser une étude quantitative de l'hydrologie du marais, et de contrôler la qualité de l'eau.

En particulier, les questions clés étaient les suivantes:

- Peut-on augmenter l'approvisionnement en eau du marais sans entrer en conflit avec les besoins agricoles?

- Quelle quantité d'eau doit être ajoutée au marais pour augmenter de façon considérable la zone de marais ou la durée pendant laquelle il reste inondé ?
- Si l'on ajoute de l'eau, quelles sont les nouvelles zones qui vont être inondées en premier?
- Le captage des eaux souterraines dans des terres adjacentes soustrait-t-il de l'eau au marais?
- Est-ce possible de créer des eaux permanentes dans la zone du marais et cela aurait-il des effets positifs ou négatifs sur la biodiversité?
- La qualité de l'eau dans le marais est-elle suffisamment élevée pour maintenir les fonctions et les valeurs naturelles?

Pour pouvoir répondre à ces questions, il nous fallait tout d'abord des réponses à certaines questions fondamentales sur l'hydrologie du marais:

- quelle quantité d'eau entre dans le marais en provenance de différentes sources?
- quelle quantité d'eau provenant du marais se perd au cours des différents cheminements?
- quelles sont les propriétés physiques du marais et des terres avoisinantes qui déterminent la façon dont l'eau entre et abandonne la zone du marais?

Le champ d'application de l'étude a été cependant limité par un certain nombre de facteurs. Le premier était le personnel; seul un membre de la petite équipe de A Rocha avait l'expérience suffisante et des connaissances en hydrologie pour réaliser l'étude. Deuxièmement, en l'absence de données historiques, on a pu découvrir bien peu de choses sur le comportement des eaux souterraines. L'extension du bassin montagneux d'alimentation n'a pas pu être déterminée en raison des plissements complexes et des formations de failles de la pierre calcaire fissurée au-dessous de la montagne; les gains et pertes d'eau dans le sens vertical à travers les sédiments du marais n'ont pas pu être estimés car la géologie des sédiments de la vallée est complexe et peu connue; et les directions de l'écoulement des eaux souterraines de la région n'ont pas pu être déterminées avec précision car pour les nombreux puits d'eau de la région, il n'existe pas de registre de niveaux des eaux souterraines ou des propriétés aquifères. Troisièmement, les altérations constantes et imprévisibles des flux d'entrée et de sortie d'eau du marais ont rendu difficile la quantification des débits d'eaux de surface. Dans cette plaine presque horizontale, l'écoulement de l'eau peut être acheminé pratiquement dans n'importe quelle direction, et un certain nombre de fosses qui viennent se heurter au marais sont fréquemment ouvertes, fermées et utilisées pour redistribuer l'eau entre le marais et les terres agricoles proches.

À cause de ces obstacles, il a été décidé que l'étude se limiterait dans un premier temps à:

1. déterminer l'extension de la zone inondée à différents niveaux d'eau.
2. quantifier la plus grande quantité possible de flux d'entrée et de sortie d'eau du marais pendant une année hydrologique.
3. rassembler toutes les preuves disponibles montrant que le captage des eaux souterraines dans le voisinage affecte l'approvisionnement en eau du marais.
4. déterminer la conductivité hydraulique (perméabilité à l'eau) des sédiments du marais qui se trouvent juste sous la surface.
5. observer l'utilisation réelle de l'eau pour l'agriculture dans le voisinage du marais, et signaler tout changement potentiel dans la gestion des eaux qui puisse augmenter l'approvisionnement en eau du marais.
6. recueillir des échantillons pour analyser la qualité de l'eau à des endroits clés du marais à six semaines d'intervalle pendant une année hydrologique.
7. comparer la diversité des invertébrés aquatiques dans des habitats inondés temporairement *versus* en permanence.

## 2.2 La participation des parties prenantes

L'intérêt de la plus grande partie prenante, à savoir la famille qui possède le Domaine 1, est de maintenir la production agricole dans son domaine, de développer le potentiel de l'écotourisme du marais et de la région avoisinante et de veiller à la conservation dans son propre intérêt. Les propriétaires du Domaine 2, sur ce point, ont montré de l'intérêt seulement envers la production agricole. Les exploitants agricoles de ces deux domaines considèrent la production agricole comme leur préoccupation principale, mais en tant que résidents les plus proches de la zone du marais, ils expriment aussi souvent leur appréciation personnelle sur les valeurs naturelles du marais qu'ils souhaitent protéger. D'autres parties prenantes incluent le village voisin d'Aammiq, qui a un potentiel à exploiter de l'arrivée d'écotouristes, ainsi que la Medwet Coast (en association avec le Ministère Libanais de l'Environnement/UNDP), qui participe depuis peu dans la gestion du marais d'Aammiq, ayant pour mission la conservation et l'écotourisme.

Malgré le nombre de parties prenantes intéressées par les valeurs naturelles du marais, les intérêts agricoles priment aujourd'hui sur la gestion des eaux à Aammiq et dans la région en général. A Rocha Liban prend en charge l'estimation des débits écologiques dans le cadre de son rôle de fournisseur de données scientifiques et de conseils d'orientation scientifique pour la conservation du marais d'Aammiq. Par conséquent, même si la ligne directrice de l'étude prend en compte les intérêts agricoles, son principal objectif est d'assurer que la qualité et la quantité de l'approvisionnement en eau du marais soient toujours suffisantes pour préserver ses valeurs naturelles.

### **3. Procédé d'évaluation des débits écologiques**

#### *3.1 Méthodes*

De même que les objectifs de l'estimation des débits écologiques ont été conçus pour s'adapter aux difficultés du personnel, à l'absence de données de base de référence et à une gestion des eaux imprévisible, les méthodes employées ont de même été choisies pour leur rapidité, leur faible valeur technologique et leur flexibilité.

Tout d'abord, des échelles limnimétriques ont été installées dans le marais pour enregistrer les niveaux d'eau. Pour chaque montée ou descente de 10 cm du niveau d'eau, l'extension de la zone inondée a été mise sur plan en traçant les limites du marais à l'aide d'un GPS. Cela a donné une série de cartes hypsométriques qui ont pu être utilisées pour calculer le volume total d'eau dans le marais. Une carte de la surface mouillée établie lors d'un de ces événements de crue qui se produisent une fois tous les 50 ans a montré quelles terres autour du marais seraient les premières à être inondées si à l'avenir on pouvait augmenter l'approvisionnement en eau du marais.

Un budget presque complet pour l'eau du marais a été établi en enregistrant la plus grande quantité possible de flux d'entrée et de sortie d'eau et en les mettant en relation avec les précipitations annuelles. Pour mesurer le flux d'entrée d'eau en provenance des sources de la partie ouest du marais, deux réservoirs rectangulaires ont été construits à l'endroit où les sources s'écoulent directement dans le marais. Des flux d'entrée d'eau venant des champs au sud du marais ont été mesurés à l'aide d'un réservoir rectangulaire, situé dans une fosse qui recueille l'eau de toutes les fosses du sud. La sortie d'eau du marais a été identifiée et le flux de sortie d'eau a été mesuré à l'aide d'un courantomètre portable à injection de l'aire de la section du point de sortie de l'eau. En comparant le flux de sortie d'eau avec les divers flux d'entrée d'eau mesurés, on a pu calculer l'écoulement d'autres flux d'entrée d'eau tels que celui des remontées d'eaux souterraines dans la zone du marais, qui n'ont pas pu être mesurées directement avec l'équipement disponible. Les données des précipitations ont été recueillies par une station météorologique locale. Il manquait dans le budget pour l'eau des données sur les pertes d'eau verticales vers les eaux souterraines. Néanmoins, celles-ci ont pu être évaluées grâce à l'enregistrement du taux de diminution du niveau de l'eau du marais, par rapport à son volume, pendant la période sèche, quand le flux de sortie des eaux de surface du marais est bloqué.

L'effet sur le marais du captage des eaux souterraines à partir de puits d'eau environnants a été démontré par les enregistrements des fluctuations journalières du niveau de l'eau des sources, par rapport aux heures où les pompes avaient été en marche ou en position d'arrêt. En enregistrant la fréquence et l'ampleur des fluctuations sur plusieurs jours lorsque différentes pompes étaient en fonctionnement, il a été possible de démontrer quelles pompes affectaient le plus le marais, et à partir de là de déduire la direction principale de l'écoulement des eaux souterraines dans la région d'Aammiq. Ces découvertes seront confirmées dans les mois à venir grâce aux injections dans les eaux souterraines d'un marqueur coloré utilisé comme traçeur. Cependant, bien qu'on ait pu démontrer la relative influence des différentes pompes, il n'a pas été possible de quantifier la quantité d'eau extraite du marais par chaque pompe.

La conductivité hydraulique des sédiments du marais sera déterminée par des essais de choc hydraulique (slug tests). Ces essais impliquent l'installation de piezomètres, ou de minipuits, à une profondeur de 4 mètres dans les sédiments du marais et l'enregistrement du taux de récupération du niveau de l'eau dans le piezomètre, une fois que le niveau est augmenté ou diminué artificiellement.

La qualité de l'eau a été contrôlée tout simplement en prélevant des échantillons d'eau dans les sources, dans une fosse qui amène l'eau en provenance des champs adjacents, et à deux autres points intercalés le long du marais. Grâce à l'utilisation de ces points, nous avons pu faire une estimation de la qualité du principal approvisionnement en eaux souterraines et en eau s'écoulant sur les terres de culture, ainsi que de la capacité du marais à évacuer des substances nutritives excédentaires. Des échantillons d'eau ont été envoyés à un laboratoire des environs pour être analysés. L'analyse s'est limitée aux principales substances nutritives et aux propriétés chimiques de base telles que le Ph et les solides totalement dissous. Les pesticides et herbicides n'ont pas pu être mesurés dans le cadre du budget de ce projet, mais on espère pouvoir les inclure au moins dans de futurs essais.

Les diverses mesures ont pu être effectuées par une seule et même personne, qui y a consacré en moyenne 2-3 jours par semaine, en utilisant un équipement de base. Elles étaient donc appropriées aux ressources disponibles.

### *3.2 Restrictions et obstacles principaux*

L'étude présentait une très grande restriction, à savoir l'absence de données sur la géologie et les propriétés du bassin aquifère de la région, ainsi que d'enregistrements de taux de captage. Si l'on avait connu la géologie de la sub-surface de la plaine de Bekaa, en particulier au-dessous du marais et si les données des essais de captage pour les puits d'eau proches avaient été disponibles, sans doute aurait-il été possible de configurer l'hydrologie du marais en utilisant une configuration assistée par ordinateur. Cela aurait permis de faire une évaluation plus précise du budget pour l'eau du marais, et d'établir différents cadres hypothétiques de gestion des eaux à tester. Avec des données additionnelles sur les taux et les heures de captage à partir des différents puits d'eau, il aurait sans doute été possible de quantifier les effets individuels des différentes pompes sur l'approvisionnement en eau du marais, en utilisant la même configuration.

Les méthodes utilisées en réalité ont souffert deux obstacles principaux. Premièrement, la constante ouverture et fermeture des fosses qui sont reliées au marais près du flux de sortie d'eau a affecté la précision des mesures du flux, en introduisant des erreurs dans les évaluations du budget pour l'eau. Ces erreurs ont été réparées tout simplement en établissant des marges de tolérance pour les données. Deuxièmement, le fait que le captage de l'eau des puits près des sources ne soit pas programmé a signifié que les recherches sur les effets des pompes individuelles sur les sources n'ont pas été ciblées comme elles auraient pu l'être, et il se pourrait qu'il manque certaines données concluantes.

Une certaine incertitude plane aussi autour des données sur la qualité de l'eau. Etant donné que des échantillons ont été remis à un laboratoire externe, la précaution prise dans l'analyse et la manipulation des échantillons après leur livraison n'a pas pu être garantie. À une occasion, un double

des échantillons a été envoyé à un deuxième laboratoire, où les résultats se sont avérés quelque peu différents, bien qu'ils se situent dans le même ordre de valeur. Pour faire une estimation précise de la qualité de l'eau, d'autres échantillons devront être envoyés à un laboratoire universitaire.

#### **4. Mesures clés pour améliorer les débits écologiques**

##### *4.1 Recommandations et bénéfices escomptés*

Au moment où on a commencé à faire une estimation des débits écologiques, il semblait y avoir peu d'opportunités pour changer la gestion des eaux autour du marais d'Aammiq. C'est pourquoi l'estimation des débits a été réalisée principalement pour rassembler des données de base de référence sur l'état actuel de l'hydrologie du marais, pour déterminer certaines des propriétés hydrologiques clés du marais et pour établir un protocole pour le contrôle en cours. Toutefois, il est ressorti de cette étude quelques possibilités d'amélioration de la gestion des eaux.

Les résultats obtenus à ce jour montrent que les pompes pour le captage des eaux souterraines du nord du marais affectent l'approvisionnement en eau des sources du marais plus que celles du sud, même si elles sont bien plus éloignées. C'est pourquoi il s'avère que la façon la plus réaliste d'augmenter les débits écologiques du marais d'Aammiq est de réduire le captage des eaux souterraines au nord. Les champs situés immédiatement au nord du marais appartiennent au Domaine 1. C'est pourquoi nous recommandons aux propriétaires de ce domaine ou bien de réaménager les diverses cultures sur leur domaine de façon à ce que les cultures qui demandent le moins d'eau, comme le blé, soient situées sur ces champs, ou bien d'introduire des techniques d'irrigation plus efficaces, comme l'irrigation goutte à goutte. L'idéal serait que les deux mesures soient mises en oeuvre. L'estimation des débits écologiques et les observations de la part des gens de la région suggèrent que le captage des eaux souterraines au nord du Domaine 1 réduit aussi l'approvisionnement en eau du marais. Pour confirmer le comportement des eaux souterraines entre cette zone et le marais, A Rocha a lancé un nouveau programme plus généralisé de contrôle des eaux souterraines et des eaux de surface. Les pompes au nord du Domaine 1 appartiennent à différents propriétaires terriens, et actuellement, A Rocha Liban n'entretient de relation étroite avec aucun d'entre eux. C'est pourquoi, si un autre contrôle vient confirmer que l'approvisionnement en eau du marais provient de cette zone, A Rocha proposera, en coopération avec la Société pour la Protection de la Nature au Liban et MedWet Coast, un nouveau projet pour faire une estimation des pratiques agricoles sur des terres jusqu'à 10 km au nord du marais. L'objectif est de réduire la consommation d'eau et l'usage de produits chimiques agricoles nocifs. Comme les terres au nord du Domaine 1 ne sont pas limitrophes du marais, les propriétaires terriens ne devraient pas se sentir particulièrement touchés par celui-ci, et c'est pourquoi il nous semble qu'il sera difficile de mettre en oeuvre des changements dans les régimes de captage de cette région. Cependant, en impliquant les agriculteurs dans le projet, nous espérons trouver des solutions qui réduisent le coût des agriculteurs et rendent les changements proposés le plus attrayants possible.

Selon les données actuelles, la réduction du captage des eaux souterraines dans le Domaine 1 au nord du marais provoquerait probablement une augmentation significative du niveau de l'eau et de la zone inondée du marais au printemps et au début de l'été et rallongerait la période annuelle d'inondations. Néanmoins, on ne peut pas encore prédire l'impact de cet effet. Si le captage des eaux souterraines plus au nord pouvait aussi être réduit, il est possible que l'écoulement des sources vers le marais devienne de nouveau permanent.

Une autre recommandation pour augmenter les niveaux de l'eau dans le marais pendant la saison sèche est de réparer une vieille vanne de barrage à glissières située à mi-longueur du marais, dans les limites du Domaine 1. Même si cela n'apporte aucun profit à la "partie basse du marais" vers l'est, cette vanne de barrage à glissières bénéficierait à "la partie haute du marais", en l'isolant d'une grande pompe qui extrait encore de l'eau directement du marais à l'est de la vanne. De l'eau dans la partie haute du marais irait encore se perdre progressivement dans les eaux souterraines, et probablement dans la partie basse du marais à travers l'écoulement de la sub-surface, pendant la

saison sèche; c'est pourquoi il y a peu de chances qu'on obtienne de l'eau permanente dans la partie haute du marais en appliquant cette mesure. Cependant elle ralentirait certainement la baisse des niveaux d'eau pendant la saison sèche, en rallongeant la période d'inondations.

Il serait encore plus bénéfique pour le marais que la pompe qui y est directement connectée soit fermée, et que soit créée une nouvelle vanne de barrage à glissières dans la partie basse finale du marais dans le Domaine 2. Cela maintiendrait des niveaux d'eau plus élevés dans toute la zone du marais, mais pour ce faire les propriétaires terriens devraient être d'accord de gérer des niveaux d'eau à des fins de conservation et de trouver une nouvelle source d'eau pour leurs champs de légumes près de l'extrémité est du marais.

On ne connaît pas encore les bénéfices d'une augmentation des niveaux d'eau du marais et du rallongement de la période d'inondations pour la faune et la flore du marais. Des observations faites sur une année particulièrement humide en 2003 suggèrent que certaines espèces d'oiseaux aquatiques resteraient pendant tout l'été et feraient leurs petits dans le marais. D'autres oiseaux qui migrent en automne vers le sud tireraient probablement profit de l'habitat et de la source d'alimentation que constitue cette eau libre, comme ils le font au printemps. On ne peut pas prédire aussi facilement les effets sur la vie des invertébrés, car dans les eaux temporaires, il peut y avoir une plus grande diversité d'invertébrés aquatiques que dans les eaux permanentes. Il est prévu que les études sur les communautés d'invertébrés des eaux temporaires et permanentes dans la zone aident à déterminer si la diversité augmenterait ou diminuerait si on réintroduisait des eaux permanentes dans le marais. Les effets sur les poissons, les grenouilles et les mammifères n'ont pas été étudiés, mais ils seraient sans aucun doute bénéfiques.

Un autre bénéfice potentiel de la hausse des niveaux de l'eau du marais est une réduction des incendies incontrôlés dans la roselière. Ces dernières années, des incendies accidentels et irresponsables ont détruit de grandes extensions de roselières du marais pendant la saison sèche et ont enflammé les sols tourbeux qui ont continué à brûler lentement pendant plusieurs mois jusqu'à ce que le niveau de la nappe phréatique se soit de nouveau élevé en hiver. Bien que le feu puisse être utilisé comme un instrument de gestion efficace pour réduire la formation d'une matière organique excédentaire, les incendies incontrôlés détruisent de très vastes extensions de l'habitat rosier, et certaines espèces végétales et animales pourraient ne pas le tolérer. Et puis les incendies de tourbe qui en résultent sont une nuisance pour les résidents de la région et font naître des attitudes négatives envers la zone humide. La protection des roselières contre les incendies incontrôlés est difficile; aussi la réduction du risque d'incendies par l'augmentation des niveaux d'eau serait d'un grand profit.

#### *4.2 Mise en oeuvre de changements*

Comme toutes les terres du marais et du voisinage appartiennent à des particuliers, les changements dans la gestion des eaux dépendent totalement des propriétaires des deux principaux domaines, et de leurs administrateurs. On n'a pas encore terminé de recueillir des données pour faire une estimation des débits écologiques, c'est pourquoi aucune des recommandations précitées n'a encore été faite. Cependant, des échanges de vues informels avec un membre clé de la famille du Domaine 1 ont donné une réponse positive. Il y a de fortes chances pour que l'obstacle principal pour réparer la vanne de barrage à glissières dans son domaine et pour introduire un dispositif d'irrigation goutte à goutte dans les champs du nord se réduise à une question de coût. Le propriétaire terrien a demandé à A Rocha d'élaborer une liste d'options pour la gestion des eaux, en quantifiant respectivement les bénéfices pour l'environnement et les coûts financiers, afin de pouvoir trouver la meilleure solution possible.

Dans le passé, les propriétaires du Domaine 2 se sont montrés réticents à réaliser des changements qui puissent impliquer des restrictions supplémentaires ou entraîner des suppléments de coût pour la production agricole. C'est pourquoi, il y a peu de chances à l'heure actuelle pour qu'ils acceptent de freiner le captage d'eau du marais, construire une vanne de barrage à glissières à des fins de conservation, ou réduire le captage des eaux souterraines à partir de leurs puits de forage.

Néanmoins, nous espérons que tant que A Rocha Liban et MedWet Coast continueront à défendre le marais et à présenter des alternatives, telles que l'écotourisme, pour diversifier les revenus d'exploitation dans le domaine, il y aura des changements d'attitude.

Comme au Liban les lois sur la régulation des prélèvements d'eau à des fins agricoles sont faibles et ne sont généralement pas respectées, tout changement dans la gestion des eaux devrait se faire de façon volontaire. Autrement dit, les propriétaires terriens doivent soit voir un bénéfice potentiel dans la réduction de l'usage qu'ils font de l'eau soit être intéressés de contribuer à la conservation du marais d'Aammiq. Jusqu'à ce qu'on obtienne les résultats de cette étude, on ne connaissait pas l'impact potentiel des agriculteurs du nord du Domaine 1 sur le marais, c'est pourquoi aucune tentative n'a encore été faite pour discuter avec eux de la gestion des eaux. Néanmoins, il est peu probable que de tels échanges de vues entraînent des changements de gestion à moins que l'on puisse démontrer la possibilité pour ces agriculteurs d'en tirer un profit.

À cet égard, il est intéressant de souligner que le maintien du meilleur équilibre possible des eaux pour l'agriculture peut supposer des efforts et un coût considérables pour les propriétaires terriens. Dans le passé, les propriétaires du Domaine 1 ont permis que certaines terres marginales se convertissent en terres marécageuses parce que les efforts et le coût de drainage étaient trop élevés. D'autres terres dans le voisinage du marais dans les Domaines 1 et 2 sont aussi marginales pour l'agriculture pour les mêmes raisons, et à l'avenir elles pourraient être restituées au marais pour des raisons purement pratiques.

#### *4.3 Recherche et contrôle en cours*

Un objectif central de cette estimation des débits écologiques a été de jeter les bases d'un programme plus vaste de contrôle des eaux souterraines et des eaux de surface. Les flux d'eau qui entrent et quittent le marais à travers les sources et les fosses seront contrôlés au moyen de barrages installés à des endroits clés de flux d'entrée d'eau. Si les besoins en eau dans la région devaient augmenter à l'avenir, d'emblée ce programme mettrait en garde contre le fait que les débits écologiques du marais tendent à diminuer. Si des changements positifs étaient mis en oeuvre dans la gestion des eaux de la région, ce programme informerait sur les effets de ces changements.

Les niveaux des eaux souterraines et les niveaux des eaux de surface dans des mares isolées des environs de la région d'Aammiq seront également contrôlés au moyen d'un réseau de piezomètres, de tables de mesure et de quelques puits ouverts. Ils permettront de mieux comprendre à quel point le marais dépend du niveau de la nappe phréatique du petit fond dans les terrains agricoles avoisinants, indiquant ainsi dans quelle mesure le marais est touché par les pratiques agricoles qui élèvent ou baissent le niveau de la nappe phréatique de la région. De plus, une station météorologique est actuellement installée à Aammiq pour contrôler les chutes de pluie. C'est pourquoi un opérateur ayant des connaissances en hydrologie et la compétence suffisante pour faire face à des altérations dans la configuration du drainage ou des événements de crue extrêmes devrait pouvoir à lui seul continuer à rassembler toutes les données nécessaires à la confection d'un budget annuel pour l'eau du marais.

Le contrôle en cours du nombre d'oiseaux et de leur comportement sera également poursuivi, ce qui donnera de l'information sur certains des effets écologiques qu'implique un changement dans l'hydrologie du marais.

## **5. Enseignements tirés de cette étude**

### *5.1 Éléments essentiels*

Comme aucun changement dans la gestion des eaux n'a encore été mis en oeuvre suite à cette étude, il est trop tôt pour mesurer son impact définitif, et donc pour dire ce qui a contribué le plus à son succès. Néanmoins, il existe plusieurs éléments qui ont permis que l'étude se poursuive jusqu'à présent, et qui suggèrent que les recommandations finales seront bien reçues.

L'élément le plus important qui a permis de commencer l'étude a été une relation proche et positive avec la principale famille de propriétaires terriens. Cette relation, qui remonte à 1997 quand A Rocha a commencé à travailler à Aammiq, s'est consolidée, d'une part, des heures durant, dans des échanges de vues avec les propriétaires terriens au sujet des valeurs et des bénéfices de la conservation, et d'autre part, grâce à la bonne volonté de A Rocha de combiner ses objectifs avec ceux des propriétaires terriens. Il est aussi probablement significatif que l'équipe de A Rocha au complet réside sur place, soit immergée dans la culture locale, et soit presque tous les jours en contact avec les employés du domaine. Ces éléments offrent une stabilité à la relation et l'occasion de vivre dans un respect mutuel. Outre cette confiance mutuelle qui s'est installée, de nombreuses études scientifiques sur les oiseaux, les papillons et les mammifères ont été réalisées dans le domaine, et des protocoles ont été établis pour de telles études. L'eau, qui est une ressource rare dans la région, est une question beaucoup plus délicate que les sujets des études précédentes, les implications d'une étude hydrologique pour opérer des changements dans la gestion du domaine étant potentiellement une question à plus longue portée. C'est pourquoi cette estimation hydrologique s'est basée sur des protocoles fructueux établis par ces études et leurs résultats positifs. La transparence dans les méthodes de discussion et le rapport de résultats a été très importante pour faire régner la confiance entre A Rocha et la principale famille de propriétaires terriens.

L'estimation des débits écologiques a été la première des études de A Rocha qui ait exigé la construction de structures sur les terres du Domaine 2. Les risques perçus par ce domaine étaient, tout d'abord, que l'étude en soi puisse supposer une altération dans la configuration des débits (notamment en réduisant le drainage pendant la saison humide), et dans un deuxième temps, que le fait d'encourager à recueillir de telles données puisse ensuite se traduire par une pression pour changer la gestion de leurs terres ou des eaux. Le temps passé à donner des explications claires sur les intentions et le champ d'application de l'étude, avec la promesse de retirer les structures si elles interféraient avec les besoins agricoles, a été essentielle pour obtenir l'autorisation de travailler dans ce domaine.

À un niveau pratique, l'utilisation d'une méthodologie flexible pour recueillir des données sur le débit d'eau a été un élément clé. Dans des circonstances où l'eau est constamment redirigée pour drainer ou irriguer les champs avoisinants, et où une chute de pluie en hiver peut doubler par rapport à la moyenne annuelle, les méthodes devaient être suffisamment flexibles pour faire face aux nouveaux flux de sortie et d'entrée d'eau, et aux débordements d'eau d'une semaine à l'autre. Un courantomètre portable faisait donc bien plus l'affaire qu'un système de barrages pour mesurer les flux de sortie d'eau du marais, et pouvait même aussi être utilisé en plus des barrages pour mesurer les nouveaux flux d'entrée d'eau qui étaient créés. Le fait de pouvoir répondre rapidement aux nouvelles opportunités de récolte de données a aussi considérablement bénéficié à l'étude. En particulier, on ignorait d'avance que le captage des eaux souterraines des environs pourrait causer des fluctuations du niveau de l'eau dans les sources du marais. Néanmoins, le fait de pouvoir établir une programmation intensive d'échantillonnage durant la brève période quand les effets étaient visibles, a permis de recueillir certaines données critiques. Le fait de vivre à proximité du marais a certainement été un point essentiel pour la bonne marche de l'étude.

Au moment de recommander des changements dans la gestion aux différents propriétaires terriens, un des atouts de cette estimation des débits écologiques résidera dans le fait qu'elle s'appuie sur des données scientifiques. Dans la plaine de Bekaa on parle beaucoup de la gestion des eaux, mais généralement il y a peu ou pas de données disponibles pour pouvoir prendre des décisions. Nous espérons que cette estimation des débits gagnera en crédibilité auprès des parties prenantes du fait qu'elle s'appuie sur des données scientifiques. De plus, nous espérons qu'elle deviendra un modèle à suivre pour d'autres administrateurs d'eau dans la région de Bekaa.

## *5.2 Contraintes à traiter*

Deux contraintes importantes dans la gestion effective des eaux de cette région ont déjà été discutées: l'absence de données de cette région ayant rapport à l'eau et l'absence d'une législation effective pour réguler les prélèvements d'eau et les débits minimums pour des habitats aquatiques. Une autre grande restriction est l'absence de prise de conscience et de préoccupation de la part du public en général envers la protection des écosystèmes naturels. Étant donné que, en l'absence d'une législation actuelle effective, la gestion des eaux pour des valeurs de conservation dépend de la coopération volontaire des propriétaires terriens et agriculteurs de la région, une éthique de préservation des systèmes naturels ainsi qu'une compréhension de base sur la façon de l'acquérir est essentielle. Bien entendu, les attitudes des propriétaires terriens sont les plus importantes, mais les attitudes de la population en général peuvent avoir une influence sur les mesures d'incitation et le soutien que les propriétaires terriens sentent qu'ils reçoivent pour protéger les écosystèmes naturels. À long terme, nous espérons que le succès dans le maintien viable des débits écologiques et d'autres composants clés de l'écosystème à Aammiq ne dépendra pas seulement des propriétaires. Les décideurs clés au gouvernement, les chercheurs universitaires et les résidents locaux exerceront probablement une influence sur la survie à long terme de l'écosystème du marais.

L'éducation est la clé pour changer les attitudes envers l'environnement. Pour cette raison, A Rocha a mis en place un programme actif d'éducation environnementale pour des étudiants à partir de l'école primaire jusqu'à l'université, basé sur des activités de terrain dans le marais. A Rocha promeut également les clubs de science et d'art de l'environnement auprès des femmes et des enfants des villages de la région. Pour de nombreux étudiants, l'excursion à Aammiq est leur première expérience d'étude de la nature en plein air, et pour la plupart des résidents locaux, elle est l'occasion de leur première visite au marais. Ces excursions sur le terrain et les autres programmes éducatifs suscitent presque toujours l'enthousiasme. S'il est vrai que ces programmes n'ont pas directement rapport à l'estimation des débits écologiques, ils sont essentiels pour favoriser les attitudes envers la nature auprès de certains secteurs clés de la population. C'est pourquoi ils aident à établir un contexte à l'intérieur duquel des études comme l'estimation des débits écologiques peuvent se traduire par des actions.

## Cronologie des faits importants

Date	Faits importants
1960-1970	Drainage de grandes zones de la vallée de Bekaa du sud destinées à devenir des terres de culture. Réduction de la zone humide d'Aammiq à environ sa taille actuelle. Début du captage des eaux souterraines pour l'irrigation.
1975	Début des échanges de vues entre G. Tohme (Université Libanaise) et les propriétaires du Domaine 1 pour préserver le marais d'Aammiq.
1975-90	La guerre civile libanaise freine tous les efforts de conservation.
1997	Fondation de A Rocha Liban, dont l'objectif principal est de protéger le marais d'Aammiq.
1998	Fermeture des principales fosses d'écoulement dans le marais; marquage des limites du marais à l'aide de poteaux.
1999	Arrêt de l'activité agricole dans une grande zone de la partie nord du marais, dont 20% passent à la zone du marais.
1999	Le marais d'Aammiq est déclaré Site Ramsar 978.
2001	Fin des subventions d'exploitation de la betterave à sucre. La betterave à sucre est remplacée par des cultures qui demandent moins d'eau. Arrêt de nombreuses pompes pour le captage des eaux souterraines.
2002	Aammiq devient un projet officiel de MedWet Coast, avec la nomination d'un agent de coordination à plein temps de MedWet Coast. Début du processus de rédaction de lois permettant aux terrains privés (y compris Aammiq) de devenir des réserves naturelles officielles au Liban.
2002-04	Estimation des débits écologiques à Aammiq; début du contrôle des débits d'eau en cours.

## Remerciements

Les activités de A Rocha Liban, y compris cette estimation des débits écologiques, sont financées par la Fondation Mava, Suisse. Nous remercions les familles de propriétaires terriens des Domaines 1 et 2 de nous avoir autorisés à réaliser des études sur leurs terres, et le Domaine 1 de nous fournir également son soutien logistique.

Nous voudrions aussi remercier les personnes qui ont apportés des commentaires sur le document mis en consultation.

A Rocha est une organisation internationale pour la conservation qui travaille pour montrer l'amour que ressent Dieu pour la création entière.

### Sites web

<http://www.arocha.org> le site web officiel de A Rocha International

[http://www.medwetcoast.com/article.php3?id\\_article=15](http://www.medwetcoast.com/article.php3?id_article=15) une description du marais d'Aammîq par MedWet Coast

<http://www.wetlands.org/inventory&/MiddleEastDir/LEBANON.htm> - Aammîq dans "Un Annuaire des Zones humides au Moyen-Orient"

<http://www.lebanonwire.com/0306/03061204DS.asp> - un article sur le marais d'Aammîq, publié dans un journal libanais

<http://www.birdlifemed.org/Contries/lebanon/lebanon.html> - une description du marais d'Aammîq par Birdlife International