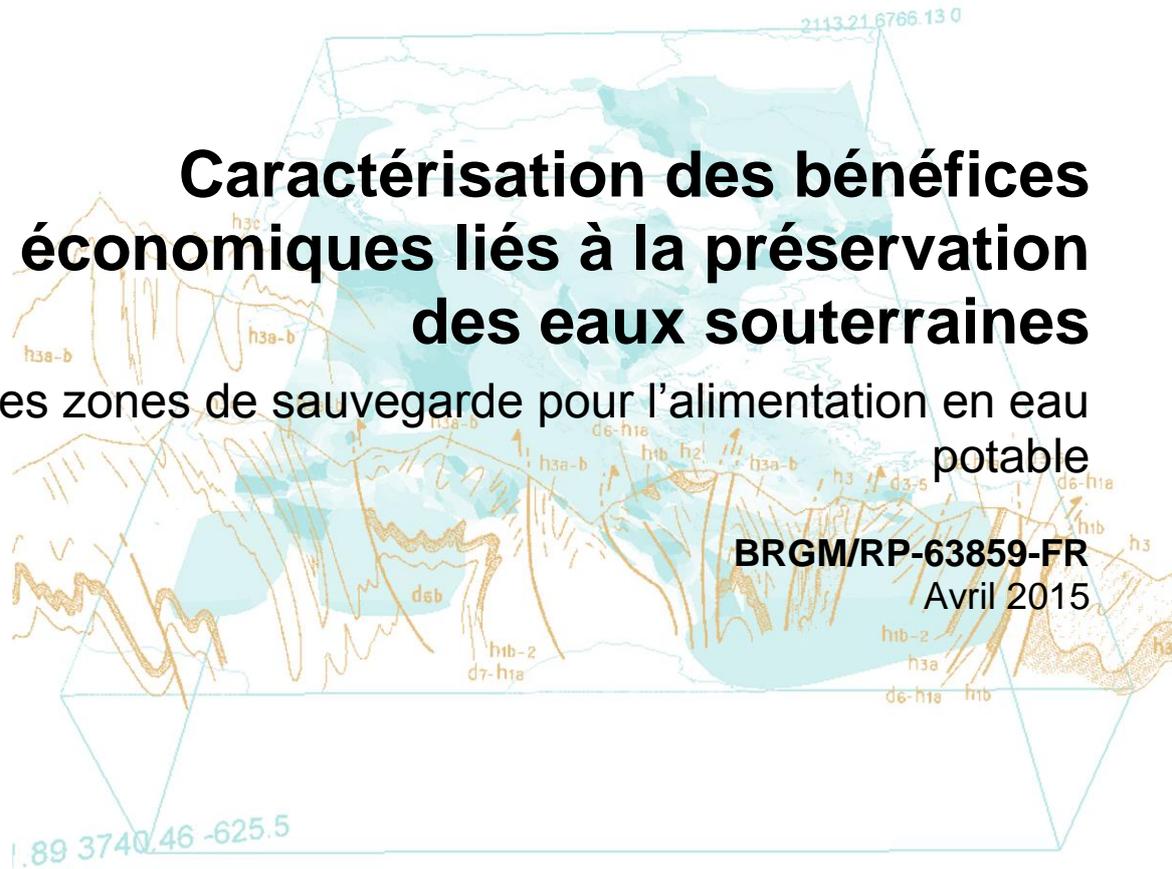




# Caractérisation des bénéfices économiques liés à la préservation des eaux souterraines

Le cas des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable

BRGM/RP-63859-FR  
Avril 2015



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Caractérisation des bénéfices économiques liés à la préservation des eaux souterraines

Le cas des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable

BRGM/RP-63859-FR  
avril 2015

Étude réalisée dans le cadre du partenariat de recherche AERMC - BRGM CARAC'O

C.Hérivaux, M.Grémont

**Vérificateur :**

Nom : Jean-Christophe Maréchal

Date : 09/04/2015

Signature :

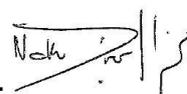


**Approbateur :**

Nom : Nathalie Dörfliger

Date : 10/04/2015

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



# Remerciements

La réalisation de ce travail s'est appuyée sur de nombreux entretiens et échanges avec différents partenaires. Nous remercions l'ensemble des personnes interrogées dans le cadre du Projet CARAC'O qui ont accepté de répondre à nos questions et espérons avoir retranscrit leurs propos avec la plus grande exactitude.

**Mots-clés** : Préservation ; Eau souterraine ; Zones de sauvegarde ; Alimentation en eau potable ; Bénéfices économiques ; Services écosystémiques.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Hérivaux C., Grémont M.** (2015) – Caractérisation des bénéfices économiques liés à la préservation des eaux souterraines : le cas des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable. BRGM/RP-63859-FR, p.236., 61 fig., 78 tabl., 10 ann.

## Synthèse

Le partenariat de recherche CARAC'O entre le BRGM et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse vise à développer un argumentaire économique qui mette en avant l'intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines afin de faciliter l'adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à leur préservation. Il s'inscrit en particulier dans le contexte de la définition des actions de préservation des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable (AEP) actuelle ou future.

Ce projet a consisté à : (1) élaborer une typologie des zones de sauvegarde délimitées sur le bassin Rhône-Méditerranée; (2) réaliser un état des connaissances sur les expériences françaises et internationales de préservation des eaux souterraines pour l'AEP et sur les évaluations économiques des bénéfices générés par la préservation des eaux souterraines; (3) mettre en évidence les questions économiques relatives à la préservation des eaux souterraines ; (4) évaluer les bénéfices économiques générés par la préservation sur deux zones pilotes représentatives des contextes et problématiques rencontrées sur le territoire de l'Agence Rhône-Méditerranée Corse ; (5) élaborer un argumentaire économique à destination de l'Agence Rhône-Méditerranée Corse.

Ce document présente dans un premier temps les résultats de **l'état des connaissances sur les différents outils de préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable** mis en œuvre en France et à l'international et dont l'application pourrait être envisagée en France sur les zones de sauvegarde et les aires d'alimentation de captages prioritaires. Sur la base de vingt-huit exemples concrets dans lesquels de tels outils de préservation ont été mobilisés en France et à l'international, cinq grandes familles d'outils de préservation de la qualité des eaux souterraines sont recensées et caractérisées en termes de difficultés de mise en œuvre et de bénéfices associés : (i) les **outils de maîtrise foncière** (acquisition foncière et maîtrise de l'usage de sols), qui sont les outils les plus couramment utilisés pour protéger les ressources en eaux souterraines à l'échelle des périmètres de protection des captages; (ii) les **outils d'incitation économique** (mesures agro-environnementales, paiements pour services écosystémiques, subventions pour boisements et marchés de crédits), qui accompagnent généralement les outils de maîtrise foncière, mais dont la flexibilité et le fait qu'ils reposent sur des démarches volontaires favorisent leur application à un périmètre plus vaste que les seuls périmètres de protection rapprochée ; (iii) les **outils d'information et de sensibilisation** aux enjeux associés à la protection des eaux souterraines, qui constituent une étape indispensable à la mise en œuvre efficace de mesures de protection à l'échelle locale ; (iv) les **outils d'aide à la structuration de filières** qui permettent de concilier protection des eaux souterraines et développement économique et territorial ; et (v) les **accords coopératifs** qui sont encore peu utilisés en France mais dont le recours à l'international est tel qu'ils constituent des voies à explorer pour la protection des ressources majeures.

La seconde partie du rapport présente les résultats d'**une analyse transversale réalisée à partir de propos recueillis lors d'une série d'entretiens menés en 2013 auprès d'acteurs impliqués dans la préservation de ressources en eau souterraine à l'échelle nationale, régionale et locale**. Ces entretiens visaient à analyser (i) les difficultés rencontrées par les acteurs impliqués dans l'élaboration, la mise en œuvre ou le suivi d'actions de préservation des eaux souterraines, ainsi que (ii) les arguments ou leviers que l'analyse économique pourrait mettre en avant pour dépasser ces difficultés et favoriser la mise en œuvre de ces actions sur le territoire.

Les principales difficultés rencontrées par les acteurs interrogés portent sur :

- le **faible niveau de conscience de l'intérêt de préserver les eaux souterraines** dont le fonctionnement complexe rend difficile la perception des pressions polluantes et l'appréhension des impacts par le grand public ;
- les **incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation** et la préférence des gestionnaires pour des solutions technologiques alternatives à la préservation (usines de traitement, interconnexions, etc.) dont les bénéfices sont plus aisément quantifiables ;
- l'émergence de **conflits d'intérêt** entre les élus locaux et les acteurs économiques désireux de développer l'économie locale via des projets urbains ou industriels et la nécessité environnementale de maintenir une occupation des sols et des activités compatibles avec le bon état des eaux souterraines ;
- le **caractère peu incitatif des dispositifs de soutien financier existants** au regard des coûts des changements de pratiques dans le secteur agricole ;
- la **faible acceptabilité sociale du principe usager-payeur** selon lequel il incombe aux usagers de l'eau potable de payer pour la préservation des ressources ;
- l'**absence d'outils juridiques adaptés** à la protection des zones encore non-exploitées pour l'AEP telles que les ZSNEA ;
- l'**absence de solidarité intercommunale** qui rend difficile, en l'absence de dédommagement, la mise en place d'actions de préservation par des communes dont l'AEP ne dépend pas directement de la ressource à protéger ;
- les **grandes superficies concernées** qui dépassent fréquemment le périmètre des AAC.

Pour dépasser ces difficultés et faciliter l'adhésion des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à la préservation des eaux souterraines, des arguments et leviers apparaissent particulièrement pertinents à mettre en avant :

- **disposer de connaissances hydrogéologiques et d'études technico-économiques solides** afin de réduire les incertitudes quant à l'efficacité et la viabilité économique des actions de préservation ;
- **montrer que la préservation des eaux souterraines permet d'éviter des coûts et des risques pour l'AEP** des générations présentes et futures et qu'il est par conséquent dans l'intérêt économique des territoires de les préserver ;
- **montrer que la préservation génère une grande diversité de bénéfices** à l'échelle d'un territoire (tourisme, santé publique, image de marque, confort de vie, emplois locaux, co-bénéfices liés à la préservation de la biodiversité, du climat, etc.) et **communiquer sur l'existence de ces bénéfices** auprès des acteurs locaux ;
- **donner un caractère juridiquement contraignant aux zones de sauvegarde** dans les documents d'urbanisme, en vue notamment de leur conférer un statut qui permette de réguler l'implantation d'activités et les usages du sol sur ces zones ;
- **faire évoluer les outils économiques existants** en mettant en place des dispositifs de solidarité amont/aval ou en adaptant le montant des aides financières à la valeur des bénéfices environnementaux fournis par la préservation et non aux coûts des changements de pratiques ;
- **privilégier les approches partenariales et la concertation** pour accroître la légitimité et l'acceptation des actions de préservation.

Parmi ces leviers, plusieurs nécessitent de mieux caractériser les bénéfices de la préservation. La troisième partie du rapport contribue à ce travail. Elle présente un **bilan des méthodes**

**d'évaluation économiques des bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines** utilisées dans la littérature et analyse leur potentiel d'utilisation sur les zones de sauvegarde.

Les deux principales approches utilisées par les économistes pour évaluer les bénéfices de la préservation des eaux souterraines sont :

- les **méthodes des coûts évités** qui consistent à considérer comme des bénéfices les coûts des solutions alternatives qui devraient être utilisées pour alimenter en eau potable les populations si la ressource était dégradée. Selon cette méthode, les coûts de traitement des eaux brutes sont par exemple considérés comme des bénéfices potentiels de la préservation des eaux souterraines. A titre d'illustration, les bénéfices obtenus par la méthode des coûts évités sont situés en France entre 0,02 et 1,02 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup> délivré aux usagers ;
- les **méthodes des préférences déclarées** qui consistent à demander aux individus d'évaluer, à l'aide d'un questionnaire, la valeur qu'ils accordent à la préservation ou l'amélioration de l'état des eaux souterraines. On appelle cette valeur leur « consentement à payer » (exprimé en €/ménage/an). Le bénéfice est alors estimé comme la valeur agrégée des consentements à payer de l'ensemble des ménages qui bénéficient de l'existence de la ressource. La plus répandue de ces méthodes est l'*évaluation contingente*. Ainsi, les consentements à payer obtenus pour préserver les ressources en eaux souterraines par la méthode de l'évaluation contingente en Europe sont situés dans une fourchette large comprise entre 27 et 264 €<sub>2013</sub>/ménage/an (selon les hypothèses et les contextes).

Une fois les bénéfices de la préservation mis en évidence, ceux-ci sont fréquemment comparés aux coûts des actions à mettre en œuvre, afin d'évaluer s'ils sont suffisants pour justifier la préservation sur le long terme. La comparaison entre les coûts et les bénéfices de programmes d'actions repose sur l'**analyse coûts-bénéfices** (ACB). Une ACB consiste à comparer l'ensemble des bénéfices issus d'un projet à l'ensemble de ses coûts, une décision étant considérée comme justifiée économiquement si le flux de bénéfices actualisés<sup>1</sup> qui en découle est supérieur au flux des coûts actualisés associés.

Bien que ce type d'approches soit couramment utilisé par les économistes dans la littérature pour estimer les bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines, en pratique, les acteurs et décideurs locaux peinent à s'approprier les valeurs issues de ces travaux. De plus, les résultats de ces évaluations sont très liés aux spécificités locales des zones à préserver (surface à préserver, densité de population, volume d'eau produit par l'aquifère) et peuvent difficilement être transférés tels quels d'une zone à l'autre. Une première analyse très simplifiée à partir de ratios tels que le volume d'eau potable produit par unité de surface à préserver ou le nombre de ménages bénéficiaires de la ressource par unité de surface à préserver permet de déceler rapidement les bassins pour lesquels un argumentaire économique en faveur de la préservation de type ACB risque d'être insuffisant.

Pour pallier ces lacunes, deux pistes d'amélioration sont proposées :

- **améliorer la prise en compte de la valeur accordée à la conservation des eaux souterraines pour un usage futur** (aussi appelée, la valeur d'option) de façon à mieux intégrer dans les décisions publiques la valeur liée à la préservation des ressources pour le futur ;

---

<sup>1</sup> L'actualisation est la méthode qui permet de transformer une valeur future, par exemple une somme d'argent à recevoir dans l'avenir, en une valeur présente équivalente.

- **développer des approches basées sur l'évaluation des services écosystémiques<sup>2</sup>** fournis par les zones à préserver en vue d'élargir le cadre d'analyse et mettre en évidence la diversité des bénéfices fournis par la préservation des eaux souterraines (tourisme, agriculture, stockage de carbone, etc.). Il s'agit de montrer que sur une zone à préserver, maintenir un usage du sol compatible avec le bon état des eaux souterraines peut délivrer toute une diversité de bénéfices qui dépassent le seul bénéfice associé au bon état des eaux souterraines.

Deux cas de figures se distinguent dès lors :

- **les zones pour lesquelles il apparaît pertinent de recourir aux méthodes « classiques » d'évaluation** (coûts évités, préférences déclarées) qui se concentrent sur les bénéfices associés aux eaux souterraines. Les zones pour lesquelles le développement de ce type d'argumentaire économique s'avère particulièrement intéressant se caractérisent par un usage avéré des ressources en eau pour l'AEP et une population bénéficiaire ou un volume d'eau produit par surface à préserver suffisamment élevé pour que le montant des bénéfices attendus soit supérieur aux coûts de la préservation. Ces caractéristiques correspondent surtout à celles d'aires d'alimentation de captages et à certaines ZSE ;
- **les zones pour lesquelles les méthodes « classiques » ne sont pas adaptées et qui nécessitent le recours à une démarche plus globale consistant à quantifier l'ensemble des bénéfices fournis par la préservation des eaux souterraines sur un territoire.** Basée sur le concept de services écosystémiques, cette démarche d'évaluation a la particularité de ne pas s'intéresser uniquement aux services délivrés par la ressource en eau souterraine elle-même, mais de considérer comme des bénéfices l'ensemble des services délivrés par les écosystèmes présents sur la zone à préserver, et compatibles avec un bon état de la ressource en eau souterraine. Ce type d'argumentaire est particulièrement adapté aux zones de sauvegarde recelant des ressources en eau de bonne qualité dont l'usage pour l'AEP est faible ou inexistant et dont la préservation consiste à maintenir en l'état une occupation du sol ou des activités qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines.

Deux études de cas sont ensuite développées pour illustrer chacun de ces cas de figure.

Le premier cas d'étude porte sur la **nappe de Dijon Sud**. Les ressources de cette ZSE sont exploitées pour l'AEP d'une vingtaine de communes situées au sud de Dijon (env. 3 millions de m<sup>3</sup>/an) et constituent pour une partie des habitants l'unique source d'approvisionnement. La qualité de l'eau est toutefois fortement dégradée (pollutions agricoles et industrielles) de telle sorte que de nombreuses actions ont été mises en place depuis une vingtaine d'années pour pallier l'abandon progressif de la nappe comme ressource AEP, puis pour reconquérir l'usage AEP et la qualité de la nappe. Du fait de ces caractéristiques, la démarche la plus adaptée pour estimer les bénéfices associés à la préservation de la nappe consiste à **estimer les coûts supportés par la collectivité qui auraient pu être évités si la ressource n'avait pas été dégradée**. Pour ce faire, plus de 160 actions mises en œuvre depuis 1992 pour sécuriser l'AEP, améliorer la connaissance et le suivi, réduire les rejets polluants et mettre en place des structures de gestion efficaces et pérennes sur la nappe ont été identifiées, caractérisées et

---

<sup>2</sup> Les services écosystémiques sont les composantes des écosystèmes, utilisées directement ou indirectement par l'homme, pour augmenter son bien-être. En économie, certains les définissent comme « les bénéfices que les êtres humains tirent du fonctionnement des écosystèmes » (MEA, 2005). Par exemple, la production d'oxygène par les plantes qui permet à l'homme de respirer ou l'activité pollinisatrice des abeilles sur laquelle repose la reproduction de nombreuses cultures dont l'homme se nourrit sont des services fournis à l'homme par les écosystèmes.

leur coût a été estimé. Au total, **l'ensemble de ces actions a entraîné plus de 46 M€ d'investissements et de coûts récurrents supportés en majorité par la collectivité et représentent un coût moyen annuel de 0,72 à 0,82 €/m<sup>3</sup> prélevé** (en moyenne 486 €/ha/an sur les 4 500 ha que représente la nappe). Plusieurs actions sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration par l'InterCLE pour un montant estimé sur cinq ans entre 2,9 et 12,8 M€.

Le second cas d'étude porte sur la zone de sauvegarde des **contreforts Nord de la Sainte-Baume**. A dominante rurale, cette zone de sauvegarde non exploitée actuellement (ZSNEA) s'étend sur 7 381 ha constitués essentiellement de forêts et milieux semi-naturels. Elle recèle d'importants volumes d'eau souterraine potentiellement exploitables et de relativement bonne qualité (env. 4 millions de m<sup>3</sup>) et occupe une position stratégique par rapport à la desserte des zones de forte consommation du littoral varois. De ce fait, préserver les eaux souterraines consiste ici à maintenir en l'état l'occupation du sol et les activités actuelles car elles sont d'ores et déjà compatibles avec le bon état des eaux souterraines. Ces caractéristiques confèrent à la zone un cadre particulièrement adapté au développement d'une démarche d'évaluation basée sur la quantification des services écosystémiques. Les bénéfices associés à la préservation correspondent donc à l'ensemble des bénéfices associés aux services actuellement fournis par la zone. Neuf services écosystémiques identifiés par les acteurs locaux ont été quantifiés dans le cadre de cette étude de cas. Ils appartiennent à trois grandes familles : (i) les services d'approvisionnement qui conduisent à des biens « appropriables » (aliments, matériaux, etc.) ; (ii) les services de régulation qui correspondent à la capacité des écosystèmes à moduler dans un sens favorable à l'homme des phénomènes comme le climat ou le cycle de l'eau ; et (iii) les services culturels qui couvrent les bienfaits non matériels que procurent les écosystèmes à travers les activités récréatives, esthétiques, spirituelles, ou éducatives. **Les bénéfices associés à la préservation de l'ensemble de ces services écosystémiques sont estimés entre 2,9 et 5,4 millions d'€/an, soit entre 390 et 730 €/ha/an**, selon les méthodes d'évaluation et les hypothèses utilisées.

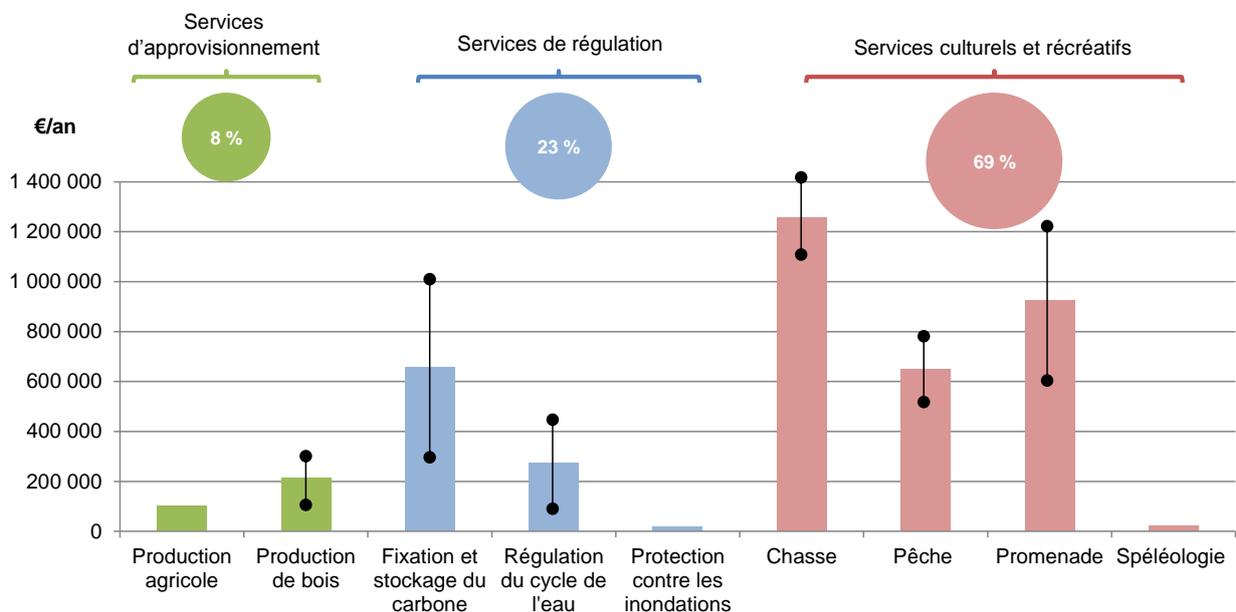


Figure 1. Valeur économique des bénéfices associés aux services écosystémiques fournis par la ZSNEA des contreforts Nord de la Sainte-Baume

Les plus gros contributeurs sont les services culturels et récréatifs qui représentent en moyenne environ 69% de la valeur économique des services écosystémiques fournis par la ZSNEA,

suivis des services de régulation (23%), puis des services d’approvisionnement (8%). Il convient de noter qu’un argumentaire basé sur les seuls bénéfices associés à la préservation des ressources en eau pour l’AEP (service de régulation du cycle de l’eau lié aux prélèvements pour l’AEP) aurait amené à estimer les bénéfices de la préservation à hauteur de 130 à 410 k€/an, soit seulement 7% des bénéfices totaux mis en évidence par une démarche globale basée sur les services écosystémiques à l’échelle d’un territoire (Figure 1).

La dernière section du rapport constitue une **analyse transversale des principaux enseignements du projet de recherche CARAC’O**. Elle développe un argumentaire économique en faveur de la préservation des eaux souterraines pour l’alimentation en eau potable. Destiné aux chargés d’études et aux chargés d’intervention de l’Agence de l’eau Rhône Méditerranée Corse, cet argumentaire identifie les arguments économiques les plus pertinents à mettre en avant pour démontrer l’intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines présentant un enjeu pour l’alimentation en eau potable des générations présentes et futures. Les arguments économiques qui y sont présentés visent à faciliter l’adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à leur préservation.

Cet argumentaire se compose de quatre grandes sections :

- **une section « constat » qui différencie quatre grands types de zones à préserver pour l’AEP**, caractérisées par deux principaux critères : (i) le degré d’exploitation actuelle de la ressource pour l’AEP (exploitée / non exploitée) et (ii) le type d’enjeu associé à la préservation des eaux souterraines (reconquête / maintien du bon état) (Figure 2) ;

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état
Exploitée pour l’AEP	AAC	AAC et ZSE
Non exploitée actuellement pour l’AEP	AAC potentielle, absence de captage AEP	ZSNEA

Figure 2. Typologie des zones à préserver pour l’alimentation en eau potable

- **une section « stratégie » qui présente les outils de préservation à mobiliser selon les types de zones à préserver** et distingue notamment : (i) les outils visant à faire évoluer les usages des sols et les pratiques de manière à les rendre compatibles avec le bon état des eaux souterraines pour l’eau potable ; et (ii) les outils visant à maintenir en l’état des usages des sols et des pratiques qui sont compatibles avec le bon état des eaux souterraines ;
- **une section « obstacles » qui met en relation les difficultés associées aux différents types de zones à préserver** (Figure 3) et montre que les évaluations économiques peuvent constituer un levier pour dépasser ces difficultés ;

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état
Exploitée pour l'AEP	Conflits liés à l'usage du sol Conflits liés à l'usage de la ressource Caractère peu incitatif des outils existants Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation Faible acceptabilité du principe usager-payeur	Faible acceptabilité du zonage vis-à-vis de projets concurrents Conflits liés à l'usage de la ressource Caractère peu incitatif des outils existants Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation
Non exploitée actuellement pour l'AEP	Conflits liés à l'usage du sol Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation Faible acceptabilité du principe usager-payeur Incertitude sur l'utilisation future de la ressource pour l'AEP Etendue des surfaces à préserver et nécessité de mutualiser les intervention à une échelle supra-communale	Faible acceptabilité du zonage vis-à-vis de projets concurrents Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation Incertitude sur l'utilisation future de la ressource pour l'AEP Absence d'outils juridiques adaptés à la protection des ZSNEA Etendue des surfaces à préserver et nécessité de mutualiser les intervention à une échelle supra-communale

Figure 3. Principales difficultés liées à la préservation des eaux souterraines pour l'AEP

- **une section « argumentation » consacrée aux arguments économiques pertinents à mettre en avant selon le type de zones à préserver.** Quatre grands types d'arguments économiques sont notamment détaillés :
  - Argument 1 : **Mettre en évidence les bénéfices associés aux coûts évités pour l'AEP.** Cet argument est pertinent sur les deux types de zones où les ressources en eaux souterraines sont d'ores et déjà exploitées pour l'AEP (AAC et ZSE) ;
  - Argument 2 : **Mettre en évidence les bénéfices associés à la valeur économique totale des eaux souterraines.** Cet argument peut être utilisé pour les quatre types de zones à préserver. Il s'agit de montrer que les ménages accordent de la valeur à la préservation des eaux souterraines, qu'ils les utilisent ou non pour leur AEP ;
  - Argument 3 : **Mettre en évidence la diversité des bénéfices associés aux zones à préserver.** Cet argument peut être utilisé pour les quatre types de zones à préserver mais il est particulièrement pertinent pour évaluer les bénéfices associés à la préservation des ressources non exploitées actuellement qu'il convient de maintenir en bon état (ZSNEA). Il s'agit de montrer que sur une zone à préserver, maintenir un usage du sol compatible avec le bon état des eaux souterraines peut délivrer toute une diversité de bénéfices qui dépassent le seul bénéfice associé au bon état des eaux souterraines. La nature exacte et la valeur de ces bénéfices dépend toutefois des types d'occupation des sols qui caractérisent les zones à préserver ;
  - Argument 4 : **Montrer que les bénéfices attendus peuvent être supérieurs aux coûts de la préservation.** Cet argument est adapté à tous les types de zone à préserver. Il consiste à comparer les coûts des actions de reconquête ou de maintien du bon état des eaux souterraines (qui varient selon les contextes locaux) aux bénéfices de la préservation (dont la mise en évidence peut reposer sur les arguments 1 à 3, selon les

types de zones à préserver). Cet argument nécessite de réaliser des analyses coûts-bénéfices. Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser de telles analyses (contraintes de temps, données indisponibles, etc.), en première approximation, une méthode simplifiée peut permettre d'identifier les cas dans lesquels les bénéfices obtenus via les arguments 1 et 2 peuvent être supérieurs aux coûts de la préservation.

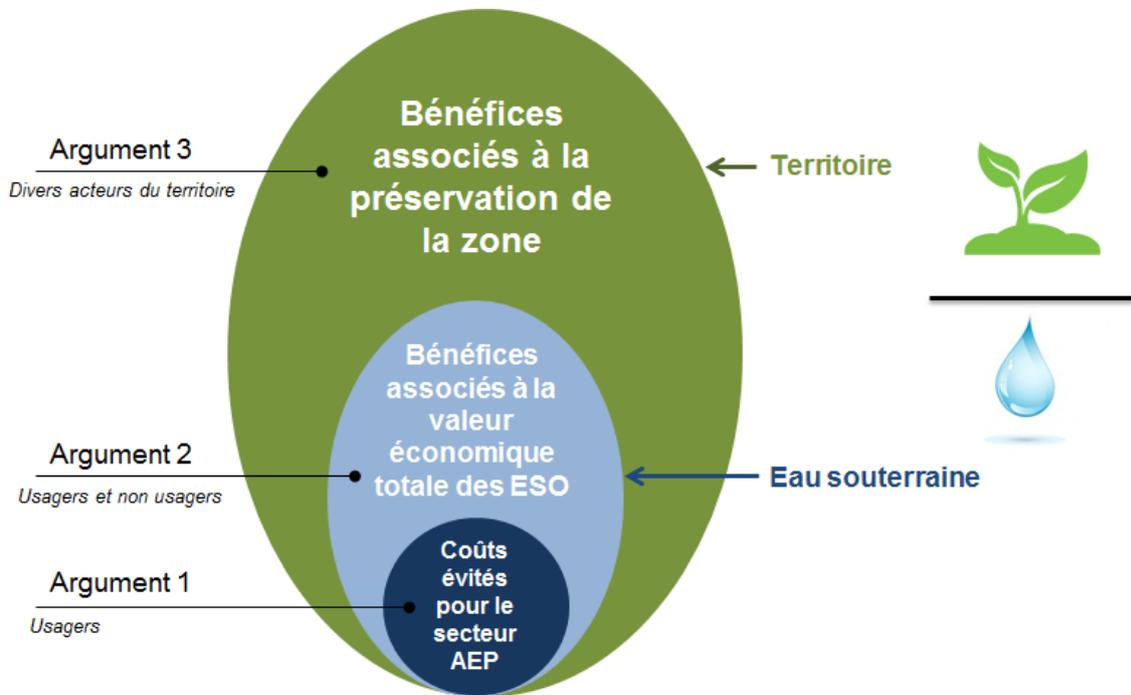


Figure 4. Trois catégories de bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines à mettre en évidence et à évaluer selon le type de zone à préserver

## Glossaire

AAC	Aire d’Alimentation de Captage
ACB	Analyse Coûts Bénéfices
AAPPMA	Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques
AEP	Alimentation en Eau Potable
AFAF	Aménagement Foncier Agricole et Forestier
AOC	Appellation d’Origine Contrôlée
BRE	Bail Rural Environnemental
BTEX	Benzène Toluène Ethylbenzène et Xylène
CAP	Consentement A Payer
CAS	Centre d’Analyse Stratégique
CGDD	Commissariat Général au Développement Durable
CLE	Commission Locale de l’Eau
CMA	Coût Moyen Annuel
COHV	Composés Organiques Halogénés Volatils
COS	Coefficient d’Occupation du Sol
DAT	Droits d’Aménagement Transférables
DCE	Directive Cadre sur l’Eau
DUP	Déclaration d’Utilité Publique
EBE	Excédent Brut d’Exploitation
ENS	Espace Naturel Sensible
ESO	Eaux souterraines
FCSH	Fonds de Compensation pour Services Hydrologiques
FCV	Fédération de Pêche du Var
FFS	Fédération Française de Spéléologie
FPPMA	Fédération pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
MAE	Mesure Agro-Environnementale
MAEt	Mesure Agro-Environnementale territorialisée
MDP	Mécanisme de Développement Propre
MEA	Millenium Ecosystem Assessment
Mm3	millions de m3
ONG	Organisation Non-Gouvernementale
PBS	Produit Brut Standard
PHAE	Prime Herbagère Agro-Environnementale
PLU	Plan Local d’Urbanisme
PPA	Parité de Pouvoir d’Achat

PPC	Périmètre de Protection de Captage
PPE	Périmètre de Protection Eloigné
PPI	Périmètre de Protection immédiat
PPP	Purchasing Power Parity ou Parité de Pouvoir d'Achat
PPR	Périmètre de Protection Rapprochée
PSAH	Pagos de Servicios Ambientales Hidrologicos
PSE	Paiements pour Services Ecosystémiques
REDD	Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des Forêts
RGA	Recensement Général Agricole
SAFER	Sociétés d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU	Surface Agricole Utile
ScoT	Schéma de cohérence Territoriale
SCP	Société du Canal de Provence
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SE	Service Ecosystème
SFEI	Systèmes Fourragers Economes en Intrants
SGEMV	Société Générale des Eaux Minérales de Vittel
SIAEP	Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable
SICODI	Syndicat Intercommunal de la Côte Dijonnaise
SMAESAD	Syndicat Mixte d'Alimentation en Eau du Sud de l'Agglomération Dijonnaise
STH	Surface Toujours en Herbe
Teq	tonne équivalent
UGB	Unité Gros Bovin
UTA	Unité de Travail Annuel
VET	Valeur Economique Totale
ZIA	Zone d'Intérêt Actuel
ZIF	Zone d'Intérêt Futur
ZRE	Zone de Répartition des Eaux
ZSE	Zone de Sauvegarde Exploitée
ZSNEA	Zones de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement

## Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>21</b>
1.1. CONTEXTE .....	21
1.2. OBJECTIFS ET PRINCIPALES ETAPES DU PROJET .....	22
<b>2. Bilan de la revue internationale des expériences de préservation de la qualité des eaux souterraines .....</b>	<b>25</b>
2.1. PERIMETRES DE MISE EN OEUVRE .....	25
2.2. VUE D'ENSEMBLE DES OUTILS DE PRESERVATION .....	26
2.3. PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA REVUE D'EXPERIENCES.....	29
<b>3. Questions clés relatives à la préservation des eaux souterraines.....</b>	<b>35</b>
3.1. DEMARCHE .....	35
3.2. PRINCIPALES DIFFICULTES LIEES A LA PRESERVATION DES EAUX SOUTERRAINES.....	36
3.2.1. Faible niveau de conscience de l'intérêt de préserver les eaux souterraines .....	36
3.2.2. Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation.....	37
3.2.3. Conflits liés à l'usage des sols et aux pratiques .....	37
3.2.4. Caractère peu incitatif des outils existants .....	38
3.2.5. Faible acceptabilité du principe usager-payeur .....	38
3.2.6. Absence d'outils juridiques adaptés à la protection des zones encore non-exploitées .....	39
3.2.7. Absence de solidarité intercommunale.....	39
3.2.8. Etendue des surfaces à préserver .....	40
3.3. LEVIERS SUSCEPTIBLES DE FACILITER L'ADHESION DES PARTIES PRENANTES .....	40
3.3.1 Disposer de connaissances hydrogéologiques solides.....	40
3.3.2 Disposer d'études technico-économiques solides.....	40
3.3.3 Montrer que la préservation des eaux souterraines permet d'éviter des coûts et des risques pour l'AEP des générations présentes et futures .....	41
3.3.4 Montrer que la préservation des eaux souterraines peut être à l'origine de tout un éventail de bénéfices à l'échelle d'un territoire .....	41
3.3.5 Communiquer sur l'existence de ces bénéfices. ....	43
3.3.6 Prendre en compte les zonages dans les documents d'urbanisme .....	44
3.3.7 Faire évoluer les outils économiques existants .....	44
3.3.8 Privilégier les approches partenariales et la concertation avec les acteurs .....	44

3.4. DISCUSSION .....	45
3.4.1. Spécificités des différents types de zones .....	45
3.4.2. Deux types de leviers .....	45
3.4.3. Questions économiques .....	45
<b>4. Bilan des méthodes d'évaluation économique des bénéfices et potentiel d'utilisation pour les zones de sauvegarde.....</b>	<b>47</b>
4.1. PRINCIPAUX CONCEPTS .....	47
4.1.1. Bénéfices et services rendus .....	47
4.1.2. Bénéfices et valeur économique totale .....	49
4.2. BILAN DES PRATIQUES : DEUX PRINCIPALES METHODES D'EVALUATION DES BENEFICES .....	50
4.2.1. Evaluations basées sur les coûts évités .....	50
4.2.2. Evaluations basées sur les préférences déclarées .....	52
4.3. LES ANALYSES COUT-BENEFICE .....	55
4.3.1. A l'échelle des aires d'alimentation de captage .....	56
4.3.2. A l'échelle de masses d'eau ou de groupes de masses d'eau .....	56
4.3.3. Les facteurs clés influençant les résultats d'une analyse coût-bénéfice.....	57
4.4. BILAN.....	62
4.4.1. Des fourchettes de valeurs de bénéfices pour une première analyse .....	62
4.4.2. Une difficile appropriation des valeurs .....	62
4.4.3. Des approches non adaptées pour argumenter en faveur de la préservation des zones de sauvegarde encore non exploitées ?.....	62
<b>5. Proposition de démarches d'évaluation des bénéfices économiques liés à la préservation des eaux souterraines .....</b>	<b>65</b>
5.1. PRESENTATION DES DEUX DEMARCHES D'EVALUATION .....	65
5.1.1. Démarche d'évaluation des bénéfices liés à la reconquête du bon état des eaux souterraines.....	65
5.1.2. Démarche d'évaluation des bénéfices liés à la préservation des zones de sauvegarde .....	65
5.2. SELECTION DE DEUX ZONES DE SAUVEGARDE PILOTE .....	68
5.3. ETUDE DE CAS APPLIQUEE A L'EVALUATION DES BENEFICES LIES A LA RECONQUETE DU BON ETAT QUALITATIF DE LA NAPPE DE DIJON SUD .....	70
5.3.1. Présentation de la zone de sauvegarde de la nappe de dijon sud .....	70
5.3.2. Démarche d'évaluation .....	78
5.3.3. Evaluation économique .....	82
5.3.4. Synthèse .....	105
5.3.5. Discussion .....	108

5.4. ETUDE DE CAS APPLIQUEE A L'EVALUATION DES BENEFICES LIES A LA PRESERVATION DE LA ZONE DE SAUVEGARDE DES CONTREFORTS NORDS DE LA SAINTE-BAUME .....	109
5.4.1. Présentation de la zone de sauvegarde des contreforts Nord de la Sainte-Baume .....	109
5.4.2. Démarche d'évaluation .....	111
5.4.3. Evaluation économique.....	113
5.4.4. Synthèse et bilan .....	141
5.4.5. Discussion .....	144
<b>6. Argumentaire économique en faveur de la préservation des eaux souterraines.....</b>	<b>145</b>
6.1. LE CONSTAT : QUELS SONT LES DIFFERENTS TYPES DE ZONES A PRESERVER ? .....	145
6.2. LA STRATEGIE: QUELS SONT LES TYPES D'OUTILS DE PRESERVATION A MOBILISER SELON LES TYPES DE ZONES A PRESERVER ? .....	146
6.3. LES OBSTACLES : QUELLES DIFFICULTEES SONT ASSOCIEES A QUELS TYPES DE ZONES A PRESERVER ? .....	149
6.4. L'ARGUMENTATION : QUELS SONT LES ARGUMENTS ECONOMIQUES PERTINENTS A METTRE EN AVANT SELON LE TYPE DE ZONE A PRESERVER ? .....	152
6.5. ELEMENTS DE CONCLUSION SUR L'ARGUMENTAIRE.....	164
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>165</b>
<b>8. Bibliographie.....</b>	<b>169</b>

## Liste des figures

Figure 1. Valeur économique des bénéfices associés aux services écosystémiques fournis par la ZSNEA des contreforts Nord de la Sainte-Baume.....	7
Figure 2. Typologie des zones à préserver pour l'alimentation en eau potable.....	8
Figure 3. Principales difficultés liées à la préservation des eaux souterraines pour l'AEP.....	9
Figure 4. Trois catégories de bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines à mettre en évidence et à évaluer selon le type de zone à préserver .....	10
Figure 5. Vue d'ensemble de la démarche du projet CARAC'O .....	23
Figure 6 : Atouts et limites des outils de préservation des eaux souterraines pour l'AEP .....	34
Figure 7. Difficultés et leviers identifiés lors des entretiens .....	36
Figure 8. Les différentes composantes de la valeur économique totale .....	49
Figure 9. Influence du ratio volume produit par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines .....	59

Figure 10. Influence du nombre de ménages par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines.....	60
Figure 11. Influence du temps de réponse sur la valeur des bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines .....	61
Figure 12. Services écosystémiques associés à une zone de sauvegarde.....	67
Figure 13. Démarche d'évaluation économique des bénéfices fournis par les zones de sauvegarde .....	68
Figure 14. Situation géographique de la nappe de Dijon sud .....	70
Figure 15. Structure de la nappe de Dijon sud (source : InterCLE) .....	71
Figure 16. Quatre principales phases dans la gestion et l'exploitation de la nappe de Dijon sud .....	73
Figure 17. Structures de distribution AEP .....	74
Figure 18. Evolution des prélèvements AEP dans la nappe sur la période 1987-2012 (d'après données InterCLE).....	76
Figure 19. Démarche d'évaluation.....	78
Figure 20. Quatre catégories d'actions considérées .....	80
Figure 21. Quatre principaux indicateurs de coûts considérés .....	81
Figure 22. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Chenôve .....	83
Figure 23. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP - Marsannay.....	84
Figure 24. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP - Longvic .....	86
Figure 25. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Perrigny-lès-Dijon .....	87
Figure 26. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Paquier du Potu.....	88
Figure 27. Coûts d'investissement des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014 .....	90
Figure 28. Coûts totaux des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014 .....	90
Figure 29. Coûts moyens annuels des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014.....	91
Figure 30. Coûts d'investissement des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014 .....	93
Figure 31. Coûts totaux des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014.....	94
Figure 32. Coûts moyens annuels des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014 .....	94
Figure 33. Coûts d'investissement des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 .....	98
Figure 34. Coûts totaux des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 .....	98
Figure 35. Coûts moyens annuels des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014.....	99
Figure 36. Coûts d'investissement pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014 .....	103
Figure 37. Coûts totaux pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014 .....	103
Figure 38. Coûts moyens annuels pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014 .....	104
Figure 39. Volumes prélevés et coûts moyens annuels associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014.....	106
Figure 40. Coûts d'investissement associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014.....	107

Figure 41. Coûts totaux associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014.....	107
Figure 42. Localisation géographique de la zone de sauvegardedes contreforts Nord de la Sainte-Baume (Source : Agence de l'eau RMC) .....	110
Figure 43. Localisation de la ZSNEA par rapport aux zones de fortes consommation en eau .....	110
Figure 44. Occupation du sol sur la ZSNEA (Source : CLC, 2006) .....	111
Figure 45. Acteurs consultés et leur lien avec les services écosystémiques identifiés .....	112
Figure 46. Evolution dans le temps de la valeur tutélaire du carbone .....	122
Figure 47. Scénarios d'utilisation de la ressource pour des prélèvements futurs.....	129
Figure 48. Typologie des zones à préserver pout l'alimentation en eau potable.....	146
Figure 49. Principales difficultés liées à la préservation des eaux souterraines pour l'AEP.....	150
Figure 50. Trois catégories de bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines à mettre en évidence et à évaluer selon le type de zone à préserver.....	153
Figure 51. Les différentes composantes de la valeur économique totale des eaux souterraines. ....	154
Figure 52. Pertinence de l'argument 1 selon le type de zone à préserver.....	155
Figure 53. Pertinence de l'argument 2 selon le type de zone à préserver.....	157
Figure 54. Exemple de services écosystémiques fournis par les zones à préserver .....	158
Figure 55. Pertinence de l'argument 3 selon le type de zone à préserver.....	159
Figure 56. Influence du ratio volume produit par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines .....	162
Figure 57. Influence du ratio nombre de ménage par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines .....	163
Figure 58. Synthèse de la déclinaison des arguments économiques en faveur de la préservation des eaux souterraines .....	164
Figure 59. Valeur économique des bénéfices associés aux services écosystémiques fournis par la ZSNEA des contreforts Nord de la Sainte-Baume .....	165
Figure 60. Coûts totaux (coûts d'investissement + coûts récurrents cumulés) associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014 .....	166
Figure 61. Localisation des champs captant.....	227

## Liste des tableaux

Tableau 1. Exemples d'évaluations basées sur les coûts évités : coûts relatifs à la stratégie choisie par le service d'eau potable (Source : Hérivaux et al., à paraître) .....	51
Tableau 2. Exemples d'évaluations basées sur les coûts évités : coûts relatifs aux comportements d'évitement des consommateurs d'eau potable (Source : Hérivaux et al., à paraître).....	52
Tableau 3. Exemples d'application de la méthode d'évaluation contingente aux ressources en eau souterraine sur la période 1986-2013 (Source : Hérivaux et al., à paraître).....	54
Tableau 4. Caractéristiques des principales ressources utilisées pour l'AEP du Grand Dijon .....	77
Tableau 5. Bilan des coûts des actions de sécurisation de l'AEP sur la période 1992-2014 .....	89
Tableau 6. Actions de sécurisation AEP prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE) .....	92

Tableau 7. Bilan des coûts des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014.....	93
Tableau 8. Actions d'amélioration de la connaissance et de suivi prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE) .....	95
Tableau 9. Bilan des coûts des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi sur la période 1992-2014, à l'échelle de plusieurs ressources en eau .....	95
Tableau 10. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 à l'échelle de la nappe de Dijon sud .....	97
Tableau 11. Actions de réduction des rejets prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE).....	100
Tableau 12. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 sur la commune de Dijon .....	101
Tableau 13. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 à l'échelle de plusieurs ressources en eau .....	102
Tableau 14. Bilan des coûts liés aux structures de gestion de la nappe sur la période 1992-2014 .....	102
Tableau 15. Actions liées à la structure de gestion de la nappe prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE).....	104
Tableau 16. Bilan des coûts liés aux structures de gestion des BV Ouche et Vouge sur la période 1992-2014 .....	105
Tableau 17. Nouvelles actions prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE) ..	108
Tableau 18. Répartition de l'occupation du sol sur la ZSNEA (Source : Corine Land Cover, 2006) .....	111
Tableau 19. Superficies et usages des forêts par essences .....	114
Tableau 20. Valeur économique de la production annuelle de bois par usages et par essences (€/an).....	114
Tableau 21. Statistiques agricoles de Mazaugues (Source: RGA, 2010) .....	115
Tableau 22. Valeur économique de la production maraîchère, horticole et arboricole .....	116
Tableau 23. Valeur économique de la production de l'élevage caprin et bovin .....	117
Tableau 24. Valeur économique associée à la production agricole sur la ZSNEA .....	117
Tableau 25. Stockage de carbone de long-terme par les forêts de la ZSNEA .....	119
Tableau 26. Fixation annuelle de carbone par les forêts de la ZSNEA .....	120
Tableau 27. Evaluation économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les forêts.....	120
Tableau 28. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long terme du carbone par les forêts (Méthodes 1 et 2) .....	121
Tableau 29. Stockage de carbone de long-terme par les prairies permanentes de la ZSNEA .....	122
Tableau 30. Evaluation économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les prairies .....	123
Tableau 31. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long terme du carbone par les forêts.....	123
Tableau 32. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long-terme et de la fixation annuelle de carbone par les forêts et les prairies permanentes .....	124
Tableau 33. Prélèvements dans les eaux souterraines de la ZSNEA en 2009, par point de captage ....	125
Tableau 34. Prix de l'eau (hors assainissement) en 2007 en Provence-Alpes-Côte d'Azur selon le mode de gestion du service de l'eau et l'origine des ressources (en €/m <sup>3</sup> , HT) .....	126

Tableau 35. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau (approche basée sur les prix de l'eau) .....	126
Tableau 36. Nombre de ménages alimentés par les eaux souterraines sur la ZSNEA (Source : INSEE) .....	127
Tableau 37. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau par chacune des méthodes d'évaluation économique .....	127
Tableau 38. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau par chacune des méthodes d'évaluation économique .....	130
Tableau 39. Estimation de la valeur économique des bénéfices associés au service de rétention des crues (coûts de la construction d'un barrage d'écrêtement des crues sur le Caramy) .....	131
Tableau 40. Ordre de grandeur de la valeur économique des bénéfices associés au service de protection contre l'érosion .....	132
Tableau 41. Synthèse des bénéfices économiques associés à l'activité de pêche amateur .....	134
Tableau 42. Nombre de cartes de pêche par catégories et par AAPPMA et dépenses associées .....	135
Tableau 43. Dépenses additionnelles des pêcheurs (hors carte de pêche) .....	135
Tableau 44. Nombre d'adhérents pour chacune des Sociétés de Chasse présentes sur la ZSNEA .....	136
Tableau 45. Synthèse des bénéfices économiques associés à la chasse .....	137
Tableau 46. Synthèse des bénéfices économiques associés à la spéléologie .....	139
Tableau 47. Synthèse de la valeur économique des bénéfices associés à la promenade et au patrimoine culturel .....	141
Tableau 48. Valeur économique estimée pour les différents bénéfices fournis par la ZSNEA .....	142
Tableau 49. Tendances d'évolution future de la valeur des bénéfices .....	143
Tableau 50. Liste des personnes interrogées pendant la phase d'entretiens de l'étape 3 (chapitre 2) ...	185
Tableau 51. Liste des personnes rencontrées pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume .....	195
Tableau 52. Exemples d'estimation de la valeur du service production de bois .....	200
Tableau 53. Exemples d'estimation de la valeur du service production de fourrage .....	201
Tableau 54. Exemples d'estimation de la valeur du service fixation et stockage du carbone .....	203
Tableau 55. Exemples d'estimation de la valeur du service régulation du cycle de l'eau (quantité) .....	204
Tableau 56. Exemples d'estimation de la valeur du service régulation du cycle de l'eau (qualité) .....	206
Tableau 57. Exemples d'estimation de la valeur du service protection contre les inondations .....	206
Tableau 58. Exemples d'estimation de la valeur du service protection contre l'érosion .....	207
Tableau 59. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de chasse .....	208
Tableau 60. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de pêche .....	209
Tableau 61. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de promenade .....	210
Tableau 62. Exemples d'estimation de la valeur du service esthétique lié aux paysages .....	211
Tableau 63. Liste des personnes rencontrées pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud .....	219
Tableau 64. Etat qualitatif - puits de Chenôve .....	228
Tableau 65. Population desservie - puits de Chenôve .....	228
Tableau 66. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - puits de Chenôve .....	228
Tableau 67. Etat qualitatif - champ captant Marsannay .....	229

Tableau 68. Population desservie - champ captant de Marsannay .....	229
Tableau 69. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Marsannay .....	229
Tableau 70. Etat qualitatif - champ captant Longvic .....	230
Tableau 71. Population desservie - champ captant de Longvic.....	230
Tableau 72. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Longvic .....	230
Tableau 73. Etat qualitatif - champ captant Perrigny-lès-Dijon .....	231
Tableau 74. Population desservie - champ captant Perrigny-lès-Dijon .....	231
Tableau 75. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Perrigny-lès-Dijon ...	232
Tableau 76. Etat qualitatif – Forage Paquier du Potu .....	232
Tableau 77. Population desservie - Forage Paquier du Potu .....	232
Tableau 78. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - Forage Paquier du Potu .....	232

## Liste des annexes

Annexe 1 Caractéristiques des outils de préservation des eaux souterraines pour l'AEP .....	179
Annexe 2 Liste personnes interrogées durant la phase d'entretiens .....	183
Annexe 3 Guide d'entretien .....	187
Annexe 4 Liste des personnes consultées pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume.....	193
Annexe 5 Quelques exemples d'évaluation économique de services écosystémiques .....	197
Annexe 6 Détail du calcul des bénéfices de stockage du carbone sur le long terme pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume .....	213
Annexe 7 Liste des personnes consultées pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud .....	217
Annexe 8 Hypothèses pour calcul des indicateurs de coûts des actions pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud.....	221
Annexe 9 Données par champ captant pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud .....	225
Annexe 10 Glossaire des termes économiques .....	233

# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE

L'Article 7 de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) stipule que les Etats membres doivent recenser, dans chaque district hydrographique :

- toutes les masses d'eau utilisées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m<sup>3</sup> par jour ou desservant plus de 50 personnes ;
- les masses d'eau destinées, **dans le futur**, à un tel usage.

Sur ces masses d'eau, les États membres doivent assurer la protection nécessaire afin de prévenir la détérioration de leur qualité de manière à réduire le degré de traitement de purification nécessaire à la production d'eau potable. Les États membres sont également encouragés à établir des **zones de sauvegarde** pour ces masses d'eau stratégiques pour l'alimentation en eau potable des générations présentes et futures.

En France, en cohérence avec la DCE, l'article R. 212-4 du Code de l'environnement établit que les comités de bassin doivent élaborer et mettre à jour le registre des zones protégées, comprenant les zones de captage de l'eau destinée à la consommation humaine fournissant plus de 10 mètres cubes par jour ou desservant plus de 50 personnes ainsi que les zones identifiées pour un tel usage dans le futur.

Sur le bassin Rhône-Méditerranée, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) approuvé en 2009 contient une orientation qui vise à « Evaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine » (**orientation fondamentale 5E**). En particulier, la **disposition 5E-01 du SDAGE** désigne 94 masses d'eau souterraines sur le bassin Rhône-Méditerranée recelant des ressources d'enjeu départemental à régional pour la satisfaction des besoins en eau potable actuels ou futurs. Dans cette disposition, le SDAGE demande aux services de l'état et aux collectivités concernées d'identifier et de caractériser au sein de ces masses d'eau les ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future. L'avant-projet de SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée, en cours de consultation pour une approbation fin 2015, réaffirme également les enjeux de préservation liés à ces ressources pour l'eau potable.

Plus précisément, le cadrage national pour l'identification des ressources en eau stratégiques et zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable future distingue deux types de zones recelant des ressources majeures :

- les **Zones de Sauvegarde Exploitées (ZSE)** qui sont les zones identifiées comme étant intéressantes pour l'AEP future et dont les ressources sont **déjà utilisées pour l'AEP** (ou ressources majeure actuelle dans le SDAGE 2010-2015) ;
- les **Zones de Sauvegarde Non Exploitées Actuellement (ZSNEA)** qui couvrent les zones identifiées comme étant intéressantes pour l'AEP future mais dont les ressources ne sont **pas utilisées actuellement pour l'AEP**(ou ressources majeures futures dans le SDAGE 2010-2015).

Qu'elles soient situées en ZSE ou en ZSNEA, ces ressources ont en commun une qualité des eaux proches des critères de qualité des eaux distribuées. Elles sont également importantes en quantité, et bien situées par rapport aux zones de fortes consommations actuelles et futures.

La nécessité de préserver les ressources pour l'alimentation en eau potable future est donc portée par la DCE au niveau européen et retranscrite dans les SDAGE à l'échelle des bassins hydrographiques. Toutefois, cet objectif n'apparaît pas dans la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) au niveau national, ce qui ne favorise pas la mise en place d'actions de préservation sur ces zones. Leur préservation se heurte en effet parfois à des réticences chez les acteurs présents sur les territoires concernés, qui peuvent ne pas percevoir l'intérêt de mettre en place des actions de préservation de la ressource alors que celle-ci est de bonne qualité, et que les usages futurs de cette ressource sont pour le moment relativement hypothétiques.

## 1.2. OBJECTIFS ET PRINCIPALES ETAPES DU PROJET

Le projet CARAC'O est un partenariat de recherche entre le BRGM et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Il traite de **la caractérisation et de l'évaluation économique des bénéfices environnementaux associés à la préservation des eaux souterraines destinées à l'AEP**. L'objectif est de développer un argumentaire économique qui mette en avant l'intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines destinées à l'eau potable afin de faciliter l'adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à leur préservation.

Le projet CARAC'O porte donc sur :

- la préservation des ressources en eau souterraine d'ores et déjà utilisées pour l'AEP (captages existants) ;
- la préservation des ressources stratégiques destinées à l'AEP des générations futures (zones de sauvegarde).

La réalisation de ce projet s'est déroulée en quatre étapes (Figure 5) :

- étape 1 : Elaborer une typologie qui mette en évidence la diversité des problématiques économiques, sociales, politiques et hydrogéologiques rencontrées dans les zones de sauvegarde ;
- étape 2 : Réaliser un état des connaissances sur les modalités de préservation des eaux souterraines (étape 2a) et les évaluations économiques (étape 2b) disponibles pour évaluer les bénéfices liés à ces modalités de préservation ;
- étape 3 : Mettre en évidence les questions économiques associées à la démarche de protection actuelle et future des ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable via la réalisation d'entretiens auprès des parties prenantes du processus de préservation des ressources stratégiques ;
- étape 4 : Evaluer les bénéfices économiques générés par une démarche de préservation : développement méthodologique et application sur deux zones de sauvegarde pilotes représentatives des problématiques rencontrées sur le territoire.

Le présent document suit ce déroulement et se compose des chapitres suivants :

- le chapitre 2 rappelle les principaux résultats de l'état des connaissances sur les différents outils de préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable mis en œuvre en France et à l'international et dont l'application pourrait être envisagée en France sur les zones de sauvegarde et les aires d'alimentation de captages. Les résultats de ce travail sont présentés dans un rapport séparé *Grémont M. et Hérivaux C. (2013), Préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable : Une revue d'expériences françaises et internationales. Rapport final. BRGM/RP-62245-FR* ;
- le chapitre 3 fait un bilan des entretiens menés auprès de 21 acteurs impliqués dans la préservation des ressources en eau souterraine. Ces entretiens font ressortir les difficultés associées à la préservation des eaux souterraines, et notamment le besoin de mieux caractériser et communiquer sur les bénéfices associés à la préservation de ces ressources, ainsi que le besoin de mettre en place de nouveaux outils opérationnels ;
- le chapitre 4 propose un bilan des pratiques d'évaluation économique des bénéfices associés à la préservation des eaux souterraines, clarifie les principaux concepts utilisés, et s'intéresse aux limites rencontrées pour développer un argumentaire économique en faveur de la préservation des zones de sauvegarde ;
- le chapitre 5 présente deux démarches d'évaluation économique particulièrement adaptées aux spécificités propres à l'évaluation des bénéfices économiques fournis par la préservation des eaux souterraines. Ces démarches utilisent les résultats du bilan des méthodes d'évaluation économiques existantes (chapitre 4) qu'elles appliquent aux grands types de situations identifiées lors de l'analyse des questions clés liées à la préservation des eaux souterraines (chapitre 3). Elles sont ensuite appliquées à deux études de cas : la nappe de Dijon Sud et les contreforts Nord de la Sainte-Baume ;
- le chapitre 6 constitue une analyse transversale des principaux enseignements du projet CARAC'O. Il vise à mettre en évidence l'intérêt économique de préserver les ressources en eau souterraine pour les territoires.

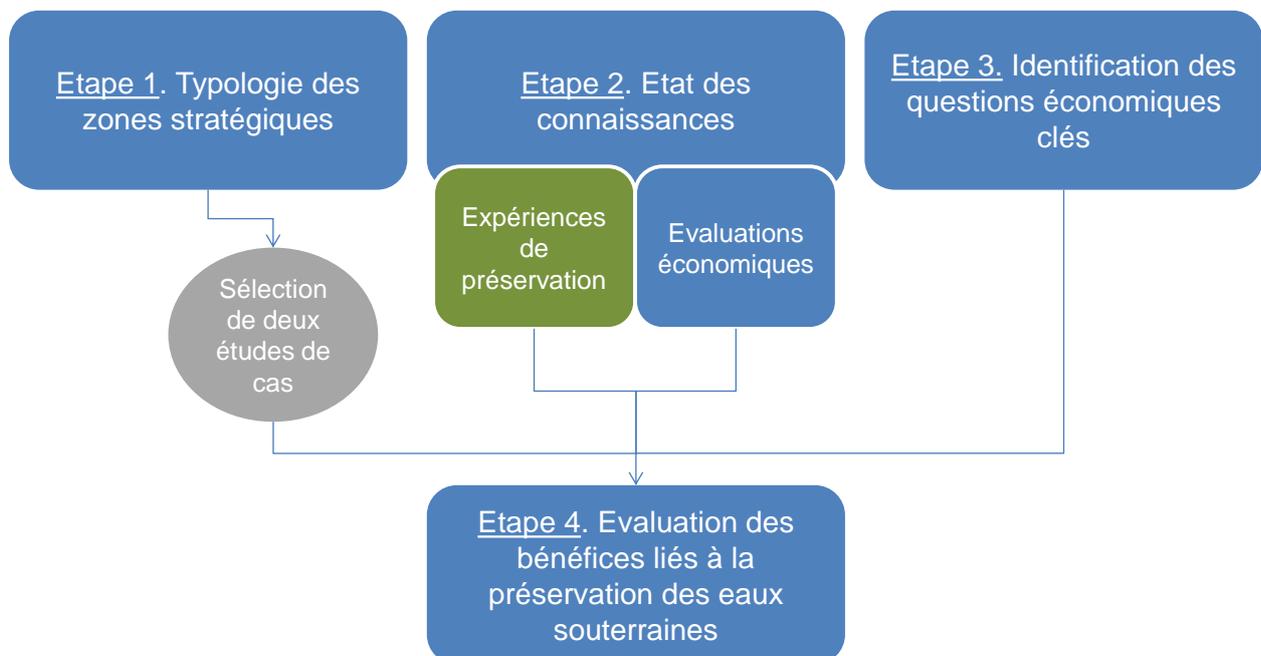


Figure 5. Vue d'ensemble de la démarche du projet CARAC'O



## 2. Bilan de la revue internationale des expériences de préservation de la qualité des eaux souterraines

Ce chapitre rappelle les principaux résultats de l'état des connaissances sur les différents outils de préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable mis en œuvre en France et à l'international et dont l'application pourrait être envisagée en France sur les zones de sauvegarde et les aires d'alimentation de captages. Pour une analyse approfondie de chacune de ces expériences, le lecteur est invité à se référer au rapport complet publié dans le cadre du projet CARAC'O (Grémont M. et Hérivaux C., 2013). La démarche adoptée pour mener à bien cet état des connaissances a reposé sur la collecte et l'analyse d'un ensemble de références bibliographiques pertinentes sur la préservation des eaux souterraines et sur quelques entretiens auprès d'acteurs clés.

### 2.1. PERIMETRES DE MISE EN OEUVRE

En France, les actions de préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'AEP et les outils de préservation qui leur sont associés peuvent être mis en œuvre à différentes échelles selon les objectifs visés :

- les **périmètres de protection des captages** qui sont situés autour des points de prélèvement et visent à lutter contre les pollutions ponctuelles et accidentelles. Institués par arrêté préfectoral, les périmètres de protection s'accompagnent de servitudes de protection opposables aux tiers par déclaration d'utilité publique. Ils se composent de trois niveaux (Article L. 1321-2 du Code de la Santé Publique) :

les **périmètres de protection immédiate** (PPI) sur lesquels toute activité est interdite hormis celles relatives à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement ;

les **périmètres de protection rapprochée** (PPR) à l'intérieur desquels peuvent être interdits ou réglementés toutes activités et tout dépôt ou installation de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux souterraines ;

les **périmètres de protection éloignée** (PPE) à l'intérieur desquels peuvent être réglementés les activités, dépôts et installation de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux.

- les **aires d'alimentation de captages** (AAC) qui désignent les zones en surface sur lesquelles l'eau qui s'infiltre ou ruisselle alimente le captage. Les programmes d'actions mis en œuvre sur les AAC visent à lutter contre les pollutions diffuses et sont instaurés à l'initiative du préfet dans le cadre du dispositif réglementaire des Zones Soumises à Contraintes Environnementales (ZSCE). Les périmètres sur lesquelles ces programmes d'actions s'appliquent sont les Zones de Protection des AAC (ZPAAC). Il convient à ce titre de noter que pour les eaux souterraines, les notions de bassin d'alimentation de captages et d'aires d'alimentation de captages sont équivalentes (Vernoux et al., 2007) ;
- les **zones de sauvegarde** (ZSE et ZSNEA) : le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée de 2009 demande aux services de l'état et aux collectivités concernées d'identifier et de caractériser au sein des masses d'eau les ressources stratégiques à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future. Cette notion de zones de sauvegarde/ressources stratégiques est donc relativement récente. Ces zones constituent

une échelle intermédiaire entre les AAC et les masses d'eau. Celles-ci sont en cours de délimitation dans le bassin Rhône-Méditerranée Corse. Il n'existe pas encore, à notre connaissance, de programme de préservation spécifiquement appliqué à cette échelle ;

- les **masses d'eau** qui sont les volumes distincts d'eaux souterraines à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères et constituent les unités d'évaluation de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ;
- les **bassins hydrographiques** qui correspondent à l'aire de réception des précipitations et d'écoulement des eaux vers un cours d'eau. En France, c'est à leur échelle que sont élaborés les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ;
- les **collectivités** (communes, départements, régions) voire le territoire national à l'échelle desquels des outils de préservation peuvent être mis en œuvre si cela s'avère pertinent (outils d'information et de sensibilisation notamment).

## 2.2. VUE D'ENSEMBLE DES OUTILS DE PRESERVATION

En France et à l'international, la préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable s'appuie sur cinq grandes familles d'outils (Figure 4) :

- les **outils de maîtrise foncière** (acquisition foncière<sup>3</sup> et maîtrise de l'usage des sols<sup>4</sup>) qui permettent aux collectivités de contrôler l'usage des sols sur certains territoires sensibles tels que les PPC ou les AAC. Ce sont les outils les plus couramment utilisés pour protéger les ressources en eaux souterraines d'ores et déjà exploitées pour l'alimentation en eau potable. Encadrés par des dispositifs réglementaires, ces outils sont obligatoires en France sur les PPI et fréquemment utilisés sur les PPR. Toutefois, ils sont peu mis en œuvre sur les périmètres plus éloignés des captages tels que les PPE et les AAC, du fait des contraintes socio-économiques qu'ils imposent au développement de nombreuses activités sur les territoires. Le plus souvent utilisés en ultime recours, lorsque les solutions alternatives ne permettent plus de maintenir l'eau potable à un niveau de qualité satisfaisant, les outils de maîtrise foncière sur les périmètres éloignés sont actuellement des outils à visée essentiellement curative (et plus rarement à visée préventive). A titre d'illustration, Eau de Paris réalise depuis plusieurs années des acquisitions foncières sur le bassin d'alimentation

---

<sup>3</sup> Il existe plusieurs modalités d'acquisition foncière. L'acquisition à l'amiable consiste à acquérir un terrain lors de sa mise en vente volontaire par le propriétaire (Article 1589 du Code Civil). L'**acquisition par droit de préemption** consiste à acquérir un terrain mis en vente par préférence à tout autre acheteur potentiel (Article L. 142-1 du Code de l'Urbanisme). L'**acquisition par expropriation** par déclaration d'utilité publique (DUP) consiste à exproprier le propriétaire d'un terrain pour prévenir des dangers graves ou avérés susceptibles d'affecter les ressources en eau. Les PPI font fréquemment l'objet d'une acquisition par expropriation puisque la loi oblige les collectivités à les acquérir en pleine propriété (Article L. 1321-2 du Code de la Santé Publique). L'échange **foncier de gré à gré** consiste à acquérir des parcelles en dehors des zones les plus sensibles et à les échanger avec des parcelles situées sur les zones sensibles à protéger. L'**acquisition par le biais de l'Aménagement Foncier Agricole et Forestier (AFAF)** est un mode de **redistribution foncière** reposant sur une opération de restructuration du parcellaire agricole ou forestier financée par le Conseil Général et dont le but est d'améliorer les conditions d'exploitation des propriétés rurales (Article 123-2 du Code rural).

<sup>4</sup> Les deux principaux outils de maîtrise de l'usage des sols utilisés en France sont les **conventions de gestion** (prêt à usage, bail rural environnemental, bail emphytéotique, conventions pluriannuelles d'exploitation agricole ou de pâturage, convention d'occupation précaire, conventions de mise à disposition à la SAFER, contrat d'entreprise de culture, etc.) et les **servitudes d'utilité publiques** qui sont des limitations administratives au droit de propriété instituées au bénéfice de personnes publiques, de concessionnaires de services ou de personnes privées exerçant une activité d'intérêt général (Articles L 123-1 et L 126-1 du Code de l'Urbanisme).

des sources de la vallée de la Vanne<sup>5</sup> dont 60% de la surface est agricole (grandes cultures dominantes et élevage résiduel). Entre 2008 et 2011, 178 ha ont ainsi été acquis sur les AAC de la vallée de la Vanne. Effectuées en partenariat avec la SAFER Bourgogne, ces acquisitions visent à protéger la nappe de la craie contre des contaminations périodiques par la turbidité et les pesticides. Les parcelles acquises par Eau de Paris sont ensuite proposées à l'exploitation à des agriculteurs désireux de développer des modes de cultures biologiques sur le territoire, via notamment des baux ruraux environnementaux<sup>6</sup>. Les clauses environnementales correspondent à un entretien en herbe pour les parcelles les plus vulnérables et au respect du cahier des charges de l'agriculture biologique pour les autres. Elles peuvent également intégrer la mise en place de bandes enherbées en rupture de pente afin de limiter le ruissellement (Eau de Paris, 2011 et 2012). Depuis 2010, les exploitants agricoles bénéficient également d'une mesure agro-environnementale territorialisée (MAEt) pour leur conversion à l'agriculture biologique. Les résultats disponibles sont plutôt positifs : la teneur en pesticides est inférieure aux seuils de qualité depuis 2008, pour une surface convertie à l'agriculture biologique multipliée par trois entre 2008 et 2011 (Zakeossian et al., 2011) ;

- les **outils d'incitation économique** qui agissent sur le signal-prix de divers biens, services et activités en vue d'inciter les usagers et autres agents économiques à protéger les eaux souterraines. Les quatre principaux outils économiques utilisés en France et à l'international pour protéger les ressources en eaux souterraines sont (i) les paiements pour services écosystémiques (Encadré 1); (ii) les subventions pour l'adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (mesures agro-environnementales, systèmes fourragers économes en intrants<sup>7</sup>, etc.) ; (iii) les subventions pour boisements de parcelles ; et (iv) les marchés de crédits<sup>8</sup>. Les outils d'incitation économique accompagnent

<sup>5</sup> Trois captages des Sources Hautes sont classés prioritaires Grenelle.

<sup>6</sup> Instauré par la loi d'orientation agricole du 20 janvier 2006, le **bail rural à caractère environnemental** (BRE) est une forme particulière de bail rural<sup>6</sup> qui vise à garantir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement sur les parcelles auxquelles il s'applique. Le BRE permet d'inscrire dans la gestion d'un site une liste limitative de pratiques culturales dont la mise en œuvre est autorisée sur le site. Ces pratiques prennent la forme de « clauses environnementales » qui sont introduites lors de la conclusion ou le renouvellement d'un bail rural. La préservation de la ressource en eau figure parmi les visées environnementales que peuvent couvrir ces clauses environnementales. L'atout majeur de cet outil est son ancrage juridique. Il peut être résilié en cas de non-respect des clauses environnementales ce qui lui confère un pouvoir contraignant fort. Il est aussi incitatif pour les exploitants agricoles dans la mesure où le prix du loyer du bail peut être réduit en fonction du niveau de contrainte engendrée par le respect des clauses environnementales. Il se différencie du **prêt à usage** qui consiste à mettre à disposition gratuitement les terres acquises par la collectivité au profit d'un tiers (exploitant agricole, association, etc.) qui peut en faire usage dans le respect des termes du contrat de prêt et à condition de les restituer à l'issue du contrat (Article 1875 du Code Civil). Les termes fixés par le contrat sont libres mais la gratuité du prêt à usage a pour effet de faire supporter l'ensemble des frais de gestion du terrain au propriétaire (Ledoux et al., 2010).

<sup>7</sup> Les **Systèmes Fourragers Économes en Intrants** (SFEI) sont des aides surfaciques destinées à encourager les polyculteurs-éleveurs à adopter des systèmes de production (cultures fourragères ou arables) économes en intrants, avec une réduction des apports d'engrais et des traitements phytosanitaires sur l'ensemble des cultures. MAE à cahier des charges national visant un ensemble de pratiques mises en œuvre simultanément sur une exploitation, cette mesure permet de préserver la qualité des eaux et d'améliorer les paysages. Les SFEI étaient proposés dans sept régions françaises pour la période 2007-2013 (Bretagne, Basse-Normandie, Centre, Haute-Normandie, Languedoc Roussillon, Pays de la Loire, Poitou-Charentes).

<sup>8</sup> Les **marchés de crédits** consistent à imposer des contraintes quantitatives à un groupe d'agents (par exemple sous la forme de crédits ou de quotas de pollution) et à les autoriser à échanger ces crédits entre eux durant une période donnée. A l'issue de cette période, chaque agent doit prouver aux autorités qu'il détient autant de crédits que ce qu'il a effectivement émis ou prélevé durant la période. Les marchés de crédits sont des instruments de régulation par les quantités : ils permettent d'assurer un certain niveau de protection de l'environnement défini ex-ante par le volume de crédits alloués à l'ensemble des agents. Deux types de marchés de crédits mis en œuvre à l'international

généralement les outils de maîtrise foncière mais leur flexibilité et le fait qu'ils reposent sur des démarches volontaires favorise leur application à un périmètre plus vaste que les seuls PPR. Les mesures agro-environnementales (MAE) figurent ainsi parmi les outils économiques de protection des eaux souterraines les plus utilisés sur les AAC. Toutefois, la faiblesse des montants octroyés et le manque de visibilité des dispositifs sur le long terme réduit la portée de ces outils souvent critiqués pour leur caractère peu incitatif. Un outil économique se démarque toutefois du fait de sa capacité à générer des changements de comportements pérennes avant que la qualité des ressources ne soit dégradée (démarche préventive). Il s'agit des paiements pour services écosystémiques qui ont la particularité d'inciter à la mise en œuvre de pratiques hétérogènes correspondant précisément aux enjeux identifiés sur le territoire, le paiement reposant sur la fourniture du service écosystémique et non sur la mise en œuvre de pratiques comme c'est le cas pour les MAE et la plupart des marchés de crédits (Encadré 1). Les contraintes liées au ciblage des bénéficiaires et aux compétences techniques et institutionnelles nécessaires à leur mise en place expliquent cependant le faible recours à ce type d'outils en France ;

- les **outils d'information et de sensibilisation** aux enjeux associés à la protection des eaux souterraines qui incitent les agents économiques à modifier leurs comportements en améliorant leurs connaissances sur les ressources en eau et en les sensibilisant aux bénéfices associés à leur préservation. Ces outils font consensus : ils constituent une étape indispensable à la mise en œuvre efficace de mesures de protection à l'échelle locale. Ils sont particulièrement nécessaires dans le domaine des eaux souterraines dont l'environnement hydrogéologique complexe rend difficile la perception des pressions polluantes par les décideurs et le grand public. Toutefois, ils ne suffisent pas à générer des changements de comportements structurels et sont donc mis en œuvre en complément d'outils de protection plus contraignants ;
- les **outils d'aide à la structuration de filières** qui permettent d'adapter localement les filières de distribution et de commercialisation aux nouveaux produits issus des changements de pratiques agricoles encouragés en vue de protéger les eaux souterraines. Ils concilient protection des eaux souterraines et développement économique. Mis en œuvre conjointement à d'autres outils de préservation, ils visent à inscrire la préservation des ressources en eau dans une dynamique territoriale ; Concrètement, il peut par exemple s'agir de contractualiser avec les collectivités afin d'assurer des débouchés aux produits issus de l'agriculture biologique (via la restauration collective par exemple) ou d'inciter des associations de consommateurs à instaurer des partenariats de proximité durables avec des exploitants agricoles locaux (via des Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne – AMAP). La ville de **Lons-le-Saunier** (Jura) est souvent citée en exemple pour illustrer l'importance d'offrir des débouchés municipaux aux produits issus de l'agriculture biologique.

---

méritent une attention particulière : les échanges de crédits de qualité de l'eau et les marchés de droits d'aménagements transférables. Les échanges de crédits de qualité de l'eau (ECQE) consistent à allouer des quantités maximales de rejets de polluants dans l'eau à certains acteurs puis à les autoriser à échanger ces crédits en vue de limiter la pollution de l'eau sur le périmètre couvert par le dispositif. Ce type de marché existe en Australie (pollutions ponctuelles industrielles), au Canada (pollutions ponctuelles industrielles et municipales et pollutions diffuses par les phosphores), en Nouvelle-Zélande (pollutions diffuses par l'azote) et aux Etats-Unis (pollutions ponctuelles industrielles et municipales et pollutions diffuses par l'azote et les phosphores). Les marchés de droits d'aménagement transférables (DAT) visent à orienter le développement de l'urbanisation conformément à des objectifs de politiques publiques, et notamment de politiques environnementales et qui peuvent être utilisés pour garantir la protection de certaines zones naturelles ou agricoles présentant un intérêt écologique en reportant la construction de zones urbanisées sur d'autres espaces du territoire. Comme les ECQE, les DAT sont d'abord apparus aux Etats-Unis pour compenser les propriétaires lésés par les zonages imposés par les politiques d'aménagement du territoire. En 2010, le Conseil Economique pour le Développement Durable recensait 140 programmes de DAT dans 33 Etats des Etats-Unis (CEDD, 2010).

En complément des incitations financières qui encouragent les exploitants agricoles à se convertir à l'agriculture biologique sur les AAC dont dépend l'AEP de la commune, la municipalité de Lons-le-Saunier a favorisé la construction de circuits courts d'approvisionnement dans les établissements publics de la commune (hôpitaux, crèches, cantines, maisons de retraites, etc.). En 2010, plus de 40% des 600 000 repas servis dans l'année par la commune étaient d'origine biologique, pour un coût moyen légèrement supérieure au coût moyen des matières premières utilisées dans un repas dont les produits sont issus de la filière conventionnelle (1,90€ à Lons-le-Saunier contre entre 1,50€ et 1,80€ en moyenne dans les filières conventionnelles) (WWF, 2010). Cet appui à la structuration des filières biologiques a permis à la commune de garantir un volume d'achat et un prix planché aux exploitants **AGRICOLES** qui acceptaient de se convertir. La garantie de débouchés a joué un rôle prépondérant dans la réussite du programme (FNAB, 2012) ;

- les **accords coopératifs**, en vertu desquels des agents économiques s'engagent volontairement à améliorer leurs performances environnementales via la mise en œuvre d'un plan d'actions ou le respect d'une démarche commune, sont des modalités organisationnelles de protection des eaux souterraines particulièrement pertinentes à l'échelle locale. Les expériences de préservation les plus emblématiques (Vittel, Munich) ont reposé sur ce type d'organisation. Les accords coopératifs sont aujourd'hui pourtant peu utilisés en France dans le cadre de programmes de prévention. Une démarche intéressante de contractualisation entre une entreprise privée de distribution et d'assainissement et un groupement d'exploitants agricoles a récemment vu le jour en France. La **Lyonnaise des Eaux** (filiale de SUEZ Environnement) a signé en novembre 2012 un partenariat de 5 ans avec le Groupement des Agriculteurs Biologiques d'Ile-de-France pour le développement de l'agriculture biologique sur la zone prioritaire de l'AAC de Flins-Aubergenville (Captage prioritaire Grenelle) dont la nappe d'eau souterraine alimente jusqu'à 500 000 franciliens en eau potable chaque année. La zone prioritaire de l'AAC couvre 4 860 ha dont une SAU de 1 495 ha exploitée par 41 exploitants pratiquant essentiellement la polyculture céréalière et légumière. La zone est soumise à des pressions agricoles (nitrates et pesticides) ainsi qu'au développement important du tissu industriel et urbain. L'objectif de la convention de partenariat est de sensibiliser et d'accompagner les exploitants agricoles dans l'évolution de leurs pratiques vers l'agriculture biologique. Un programme d'actions annuel a ainsi été élaboré. Il repose sur deux types d'outils : (i) des outils d'information et de sensibilisation animés par le GAB Ile-de-France (formation à l'agriculture biologique, accompagnement individuel à la conversion) et financées à hauteur de 30 000 euros par an par la Lyonnaise des Eaux et l'Agence de l'Eau Seine Normandie; et (ii) des outils d'incitations économiques (aide à l'obtention par les agriculteurs de subventions dans le cadre de MAEt-DCE<sup>9</sup>).

### 2.3. PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE LA REVUE D'EXPERIENCES

Vingt-huit exemples concrets de cas d'études dans lesquels ces outils de préservation des ressources en eaux souterraines ont été utilisés en France et à l'international sont présentés et analysés dans le rapport. Les principaux enseignements de cette revue sont les suivants :

- les périmètres sur lesquels les outils de préservation sont mis en œuvre varient largement d'un outil à l'autre. Si les outils de maîtrise foncière et les accords coopératifs dépassent ainsi rarement le périmètre des AAC, les outils de sensibilisation et les outils d'incitation

---

<sup>9</sup> Les MAE territorialisées « Directive Cadre sur l'eau » (MAEt-DCE) visent spécifiquement à préserver ou rétablir la qualité de l'eau notamment sur les bassins versants prioritaires définis au titre de la DCE en diminuant les pollutions diffuses d'origine agricole (nitrates et/ou pesticides). Voir le cahier des charges des MAEt à Enjeu Eau ouvertes sur la zone prioritaire de l'AAC des captages de Flins-Aubergenville : [http://driaef.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/13\\_-\\_CC\\_MAEt\\_AAC\\_FLINS\\_cle0e9b61.pdf](http://driaef.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/13_-_CC_MAEt_AAC_FLINS_cle0e9b61.pdf)

économique s'appliquent généralement à des périmètres plus vastes, allant du bassin versant à la totalité du territoire national ;

- les coûts de mise en œuvre des actions de protection des eaux souterraines varient en fonction des objectifs visés, de la nature des actions et de leurs modalités de mise en œuvre (cf. Annexe 1 pour une synthèse chiffrée des coûts et des périmètres de mise en œuvre des 28 exemples de cas d'études). Qu'elles qu'en soient les modalités, les coûts associés à la mise en œuvre d'actions de préservation sont en moyenne nettement inférieurs aux dépenses dues aux traitements de potabilisation générés par l'agriculture conventionnelle. Leurs coûts de mise en œuvre sont compris entre 2,5 €/ha/an pour des actions reposant sur des PSE en Bolivie et 979 €/ha/an pour la protection de l'impluvium de Vittel tandis que les coûts de potabilisation générés par l'agriculture conventionnelle sont à eux seuls estimés entre 828 et 2 430 €/ha cultivé de parcelles situées sur des AAC en France, par an en moyenne (Bommelaer et al, 2011) ;
- la préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable s'appuie en règle générale sur une combinaison d'outils mis en œuvre conjointement sur un territoire. Peu d'études analysent toutefois l'efficacité environnementale de ces outils. Il est donc difficile, en l'état actuel des connaissances, de comparer leur efficacité-coût, autrement dit leur capacité à atteindre ensemble un objectif donné de préservation de la qualité des eaux souterraines au moindre coût ;
- dans la plupart des cas, les outils de protection sont mis en place après que la dégradation des ressources soit avérée. Toutefois, des cas intéressants de démarches dans lesquelles des actions de protection ont été mises en œuvre en vue de protéger ex-ante les ressources en eau sont analysés (Vittel, Munich, New York) et constituent à ce titre des voies à explorer.

### **Encadré 1. L'exemple des Paiements pour Services Ecosystémiques**

Les services écosystémiques sont l'ensemble des bénéfices que les individus obtiennent à partir des écosystèmes (MEA, 2005). S'il n'existe aucune définition formelle reconnue au niveau international des Paiements pour Services Ecosystémiques (PSE), la définition proposée par Wunder (2005) est la plus couramment utilisée en France : « *les PSE sont des contractualisations de transactions volontaires lors desquelles un service écosystémique clairement défini est acheté par un ou plusieurs usagers à un ou plusieurs fournisseurs, le paiement ayant lieu si et seulement si le fournisseur assure effectivement la provision du service* ». Les propriétaires ou les gestionnaires sont donc rémunérés par les usagers ou les bénéficiaires du service écosystémique pour la fourniture du service ou pour l'application d'une méthode de gestion spécifique assurant la réalisation du service désiré. Concrètement, les PSE prennent la forme de contrats dont les modalités sont définies directement entre fournisseurs et bénéficiaires. Ils reposent sur l'application du **principe usager-payeur**. Le paiement peut viser à compenser un coût d'opportunité pour le fournisseur (si la réalisation du service écosystémique l'oblige à renoncer à un mode de gestion plus profitable) ou correspondre aux bénéfices retirés de la préservation du service écosystémique par les bénéficiaires. Les PSE sont des outils particulièrement intéressants dans les **démarches de prévention** dans la mesure où ils permettent de financer la fourniture de services écosystémiques avant que leur qualité ne soit dégradée.

Les PSE sont de plus en plus utilisés depuis le début des années 2000 comme outils de préservation de l'environnement et de la biodiversité. En 2007, la FAO recensait plus de 300 systèmes de PSE à travers le monde, tous types de services confondus (Boisset et al., 2008). Les services fournis par les écosystèmes forestiers (séquestration du carbone, purification de l'eau, etc.) sont les services les plus couverts par ces dispositifs dont les exemples de mise en œuvre couvrent plusieurs échelles (locales, nationales, internationales). Parmi les PSE les plus connus à l'échelle internationale figurent le Mécanisme de Développement Propre (MDP) mis en place dans le cadre du Protocole de Kyoto pour rémunérer les pays du Sud pour des projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre, ou encore le mécanisme REDD (Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des forêts) qui vise à rémunérer le stockage du carbone par les espaces boisés. Bien qu'ils soient peu utilisés en Europe, les exemples de PSE mis en œuvre pour protéger les ressources en eau souterraine sont nombreux à l'international, en particulier en Amérique latine.

Ainsi au **Mexique**, le Programme de Paiements pour Services Hydrologiques (PSAH – *Pagos de Servicios Ambientales Hidrológicos*) vise à financer les propriétaires fonciers pour leurs actions de lutte contre la déforestation dans des zones où la sylviculture est relativement moins compétitive que l'agriculture ou l'élevage. Seules les parcelles dont le couvert forestier est constitué de forêts primaires sont éligibles au PSAH. La rémunération proposée par le gouvernement fédéral correspond au coût d'opportunité de la déforestation (le plus souvent, les revenus issus des activités agricoles). Son montant est identique pour toutes les parcelles éligibles (25€/ha/an en 2003), à l'exception des forêts humides pour lesquelles la rémunération atteint 33€/ha/an en 2003 en raison de l'importance des services hydrologiques fournis par ces écosystèmes. Les contrats des PSE ont une durée de 5 ans et sont non renouvelables. Les paiements sont quant à eux effectués chaque année, après vérification par les services de l'Etat du maintien du couvert forestier sur les parcelles. Le financement provient de l'affectation d'une partie des taxes payées par les usagers de l'eau, en accord avec le principe de l'usager-payeur. Entre 13 000 et 18 000 ha de forêt auraient ainsi été préservés grâce au PSAH entre 2000 et 2007 (Meignien et al., 2010).

L'analyse d'autres exemples en **Bolivie** (déforestation sur un bassin versant), en **Australie** (Fonds de Conservation des Forêts Tasmanien) où même en **France** (enchères agro-environnementales de l'Agence de l'Eau Artois Picardie) montre que les PSE pour services hydrologiques sont généralement mis en œuvre à l'échelle locale et que la plupart des transactions ont lieu au niveau de bassins versants. Enfin, l'existence d'usagers aisément identifiables sur un territoire déterminé et organisés au sein de structures susceptibles de porter la mise en œuvre de tels outils sont des facteurs facilitant le recours à ce type d'outils.

Types d'outils	Atouts	Limites	Conditions de mise en œuvre / Facteurs de réussite
<b>Acquisition foncière</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obligatoire sur les PPI.</li> <li>- Alternative à l'indemnisation des propriétaires et exploitants agricoles et forestiers pour les servitudes prévues dans la DUP.</li> <li>- <u>Redistribution foncière</u> : Permet aux communes de se constituer des réserves foncières sans trop déséquilibrer la structure foncière sur le territoire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure longue à mettre en place.</li> <li>- <u>Acquisitions par droit de préemption, expropriation et redistribution foncière</u> : Faible acceptabilité sociale du fait de leur caractère contraignant fort et démarche opposée à la logique de concertation des acteurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisée comme solution de dernier recours à visée curative sur les surfaces sur lesquelles sa mise en œuvre n'est pas obligatoire.</li> <li>- Peu adaptée aux grandes surfaces.</li> <li>- <u>Redistribution foncière</u> : Nécessité d'engager une démarche de concertation des acteurs afin d'éviter les contentieux.</li> </ul>
<b>Maîtrise de l'usage des sols</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ancrage juridique des outils.</li> <li>- Incitation pour les acteurs via des indemnités financières (servitudes), la réduction ou l'absence de loyers (convention de gestion).</li> <li>- Forte acceptabilité sociale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôles des dispositions coûteux et peu fréquents.</li> <li>- <u>Bail rural environnemental</u>: Application limitée à certaines pratiques culturelles.</li> <li>- <u>Prêt à usage</u> : Coûts supportés par le propriétaire foncier.</li> <li>- <u>Servitudes</u> : Caractère contraignant fort.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisée en complément d'outils d'acquisition ou de redistribution foncière.</li> <li>- Adaptée lorsque les surfaces à protéger sont de faible superficie afin de limiter les contraintes imposées au développement économique local.</li> </ul>
<b>Paiements pour Services Ecosystémiques (PSE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoption volontaire.</li> <li>- Souplesse de l'outil qui lui permet de s'adapter aux spécificités locales.</li> <li>- Forte acceptabilité sociale.</li> <li>- <u>Enchères</u> : Permet de cibler les actions les plus coûts-efficaces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficultés liées à l'évaluation du caractère additionnel des actions de préservation.</li> <li>- Génère des effets d'aubaine pour les fournisseurs de services du fait des rentes informationnelles* dont ils bénéficient.</li> <li>- Contraintes techniques et institutionnelles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Particulièrement adapté à des programmes de prévention.</li> <li>- Nécessite des compétences techniques et institutionnelles à l'échelle locale pour élaborer les dispositifs.</li> <li>- Pertinents dans les cas où les usagers sont aisément identifiables sur un territoire déterminé et organisés au sein de structures susceptibles de porter la mise en œuvre des PSE.</li> </ul>

Types d'outils	Atouts	Limites	Conditions de mise en œuvre / Facteurs de réussite
<b>Subventions pour adoption de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoption volontaire.</li> <li>- Facilité de mise en œuvre.</li> <li>- Forte acceptabilité sociale.</li> <li>- <u>MAEt</u> : Actions ciblées répondant à des enjeux spécifiques sur des territoires délimités (AAC, etc.)</li> <li>- <u>SFEI</u> : Accompagnement des changements de pratiques à l'échelle de l'exploitation (logique « système »)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible efficacité du fait du caractère peu incitatif des montants alloués d'où le peu d'adhésion des agriculteurs concernés.</li> <li>- Rigueur administrative et manque de pérennité.</li> <li>- <u>MAEt</u> : Logique curative face à des enjeux d'ores et déjà identifiés plutôt que préventive et difficultés à stabiliser un référentiel commun pour le choix des territoires à enjeux eau.</li> <li>- <u>SFEI</u> : Mesure proposée dans seulement sept régions car cahier des charges peu adapté à de nombreuses régions et manque de souplesse de l'outil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>MAE</u> : Nécessité d'augmenter les montants alloués à la rémunération des pratiques qui requièrent des changements structurels pour améliorer son caractère incitatif.</li> <li>- <u>MAEt</u> : Adaptée pour des enjeux ciblés et identifiés à l'échelle du territoire (réduction des intrants, etc.).</li> <li>- <u>MAEt</u> et <u>SFEI</u> : Nécessitent une animation territoriale qui est indispensable à une large adoption des mesures.</li> <li>- A compléter par des aides à la structuration de filières.</li> </ul>
<b>Subventions pour boisement de parcelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoption volontaire.</li> <li>- Bénéfices variés (climat, biodiversité, eau).</li> <li>- Sources potentielles de financement multiples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Application limitée aux zones pour lesquelles il est possible de réduire l'activité agricole.</li> <li>- Conséquences importantes sur le développement économique du territoire (augmentation des activités récréatives mais diminution des revenus agricoles).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité de construire une animation territoriale pour assurer le bon déroulement du programme.</li> </ul>
<b>Marchés de crédits</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Régulation par les quantités.</li> <li>- Augmentation de l'efficacité-coût des mesures grâce à la flexibilité offerte par le mécanisme d'échange.</li> <li>- Meilleure acceptabilité sociale que les outils réglementaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexes à concevoir et à mettre en œuvre.</li> <li>- Contrôle couteux et chronophage, surtout lorsque la pollution visée est d'origine agricole.</li> <li>- Nombreux effets pervers à anticiper.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu utilisés dans le domaine de la protection des ressources en eau souterraines.</li> <li>- Nécessite des compétences techniques et organisationnelles.</li> <li>- <u>DAT</u> : Outil particulièrement pertinent pour la protection des espaces agricoles dans des zones à forte pression démographique.</li> </ul>

Types d'outils	Atouts	Limites	Conditions de mise en œuvre / Facteurs de réussite
<b>Outils d'information et de sensibilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombreuses modalités d'application.</li> <li>- Favorise à la fois les changements de comportements des agents touchés et l'acceptabilité sociale d'autres outils plus contraignants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesures peu contraignantes et globalement assez peu incitatives lorsqu'elles sont appliquées individuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesures d'accompagnement nécessaires mais insuffisantes pour inciter les agents à modifier leurs comportements.</li> <li>- Requièrent la mise en œuvre d'autres outils de protection en complément.</li> </ul>
<b>Outils d'aide à la structuration de filières</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet de concilier protection des ESO et développement territorial et économique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure potentiellement longue à mettre en œuvre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite un besoin local identifié, une concertation locale et le soutien de la population.</li> </ul>
<b>Accords volontaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoption volontaire.</li> <li>- Souplesse de l'outil qui lui permet de s'adapter aux spécificités locales.</li> <li>- Permet d'impliquer des acteurs aux intérêts divers dans une démarche négociée et collective.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu d'accords préventifs.</li> <li>- Contraintes techniques et organisationnelles.</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisés une fois la pollution avérée pour faciliter l'acceptabilité politique et sociale de dispositifs plus contraignants.</li> <li>- Nécessité d'inscrire les accords dans la durée pour éviter les travers d'autres outils incitatifs dont le manque de visibilité sur le long terme est critiqué.</li> </ul>

Figure 6 : Atouts et limites des outils de préservation des eaux souterraines pour l'AEP

### 3. Questions clés relatives à la préservation des eaux souterraines

Ce chapitre fait un bilan des entretiens menés auprès d'acteurs impliqués dans la préservation des ressources en eau souterraine en France. Ces entretiens font ressortir les difficultés associées à la préservation des eaux souterraines, et notamment le besoin de mieux caractériser et communiquer sur les bénéfices associés à la préservation de ces ressources, ainsi que le besoin de mettre en place de nouveaux outils opérationnels.

#### 3.1. DEMARCHE

Vingt et un entretiens auprès d'acteurs impliqués dans la préservation des ressources en eau souterraine ont été réalisés par téléphone de février à juillet 2013. Les acteurs interrogés ont été sélectionnés par le BRGM et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse pour leur vision globale ou leur connaissance concrète des difficultés et des enjeux rencontrés dans les démarches de préservation des eaux souterraines. Ces entretiens visaient à identifier les questions économiques clés relatives à la préservation des eaux souterraines, en analysant (i) les difficultés rencontrés par les acteurs impliqués dans l'élaboration, la mise en œuvre ou le suivi d'actions de préservation des eaux souterraines, ainsi que (ii) les arguments ou leviers susceptibles de favoriser la mise en œuvre de ces actions.

Quatre types d'acteurs ont été interrogés :

- des collectivités territoriales impliquées dans l'élaboration de plans d'actions et la mise en œuvre d'actions de préservation des eaux souterraines pour l'eau potable à l'échelle locale (8) ;
- des entreprises privées impliquées dans la mise en œuvre d'actions de préservation à l'échelle locale, nationale et internationale (6) ;
- des services de l'Etat et Agences Régionales de la Santé investis sur la thématique de la préservation des ressources en eau au niveau national et régional (3) ;
- des délégations régionales de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse (4).

De type semi-directif, les entretiens ont été menés en trois temps. Ils ont débuté par une présentation par les personnes interrogées de la problématique et du contexte dans lequel s'inscrit leur action. Ils se sont poursuivis par une analyse des facteurs de réussite et des difficultés rencontrés sur le territoire pour préserver les ressources en eau souterraine. Enfin, l'échange a porté sur les arguments que l'analyse économique pourrait mettre en avant pour dépasser ces difficultés et faciliter l'adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à la préservation des eaux souterraines. La liste complète des acteurs interrogés ainsi que le guide d'entretien utilisé sont fournis en Annexes 2 et 3.

La Figure 7 présente de façon synthétique les résultats de ces entretiens :

- en bleu, les difficultés rencontrées par les acteurs impliqués dans l'élaboration et la mise en œuvre d'actions de préservation des eaux souterraines ;
- en vert, les principaux arguments ou leviers pertinents à mettre en avant pour dépasser chacune de ces difficultés. Les sections suivantes de ce chapitre détaillent chacun de ces éléments.

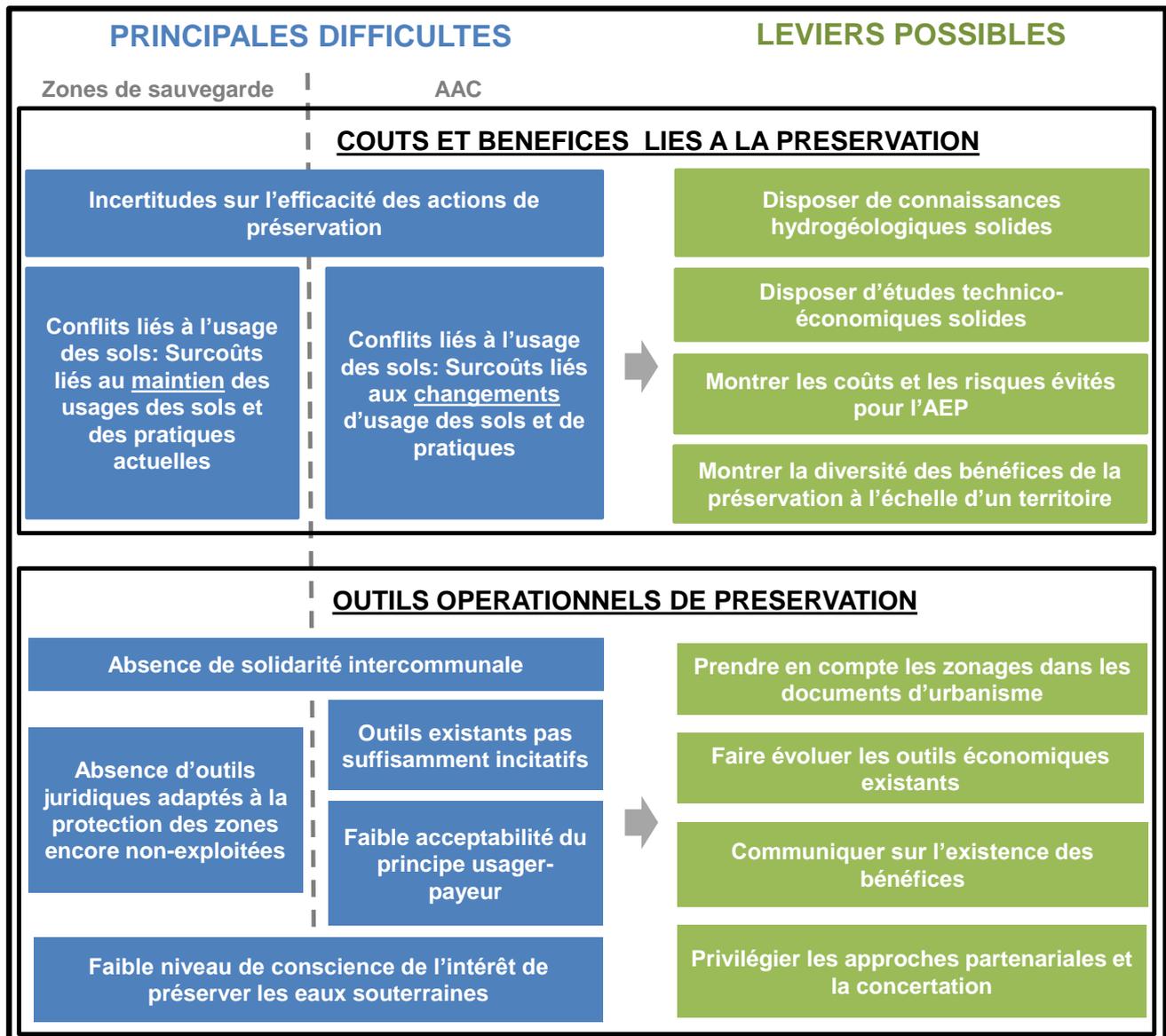


Figure 7. Difficultés et leviers identifiés lors des entretiens

### 3.2. PRINCIPALES DIFFICULTES LIEES A LA PRESERVATION DES EAUX SOUTERRAINES

Plusieurs types de difficultés rencontrées par les acteurs impliqués dans l'élaboration et la mise en œuvre d'actions de préservation des eaux souterraines ont été soulevés pendant les entretiens.

#### 3.2.1. Faible niveau de conscience de l'intérêt de préserver les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont par essence cachées et leurs modes de gisement et d'écoulement complexes rend difficile la perception des risques de contamination et des enjeux liés à leur préservation par le grand public. Les notions de ZSE et de ZSNEA sont également difficiles à comprendre et certains acteurs peinent à les différencier des AAC et des PPC. En particulier, la préservation des ZSNEA est un objectif nouveau puisqu'il consiste à préserver une ressource non encore utilisée. Cela explique en partie la faible mobilisation des usagers autour des enjeux liés la préservation de ces zones. Or, la faible mobilisation des usagers n'incite pas les acteurs

locaux à mettre en œuvre des actions de préservation. Le faible niveau de conscience de l'intérêt de préserver ces zones constitue donc un frein important à la préservation. En Bretagne par exemple, la présence dans la région d'associations puissantes, organisées, avec un haut niveau de connaissances sur la problématique des pollutions agricoles a largement aidé la population à prendre conscience de l'intérêt de préserver les ressources en eau, ce qui a joué un rôle déterminant dans la mise en œuvre d'actions de préservation efficaces sur les AAC.

### **3.2.2. Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation**

Du fait de l'inertie des milieux et de l'absence de lien direct explicite entre les activités de surface et la qualité de l'eau dans certains aquifères naturellement bien protégés, il est parfois scientifiquement difficile d'évaluer avec exactitude les bénéfices attendus de la mise en œuvre d'actions de préservation sur la qualité des eaux souterraines. A l'inverse, il existe des solutions technologiques alternatives à la préservation (installations de traitement, interconnexions, recharges artificielles, etc.) dont les bénéfices environnementaux et sanitaires sont évalués avec une plus grande certitude. Dans ce contexte, certains acteurs s'interrogent sur l'opportunité de faire payer aux usagers une action préventive, dont on ne connaît pas avec certitude le résultat, quand des actions curatives, dont les résultats sont moins incertains, sont également disponibles. Les entreprises privées considèrent d'ailleurs que du fait des incertitudes sur les impacts de la prévention (persistance possible d'un risque de non-conformité) et de leur obligation d'assurer une continuité dans l'approvisionnement des populations, la mise en place d'actions curatives est inévitable. La prévention représente donc pour ces acteurs des coûts additionnels aux coûts des actions curatives, ce qui ne les incite pas à mettre en place ce type de démarche.

### **3.2.3. Conflits liés à l'usage des sols et aux pratiques**

La mise en œuvre d'actions de préservation peut constituer pour certains acteurs des contraintes supplémentaires pour la pratique de leurs activités et les usages des sols actuels ou planifiés dans le futur. Ces contraintes peuvent se traduire par un surcoût pour ces acteurs lié au fait que les espaces ainsi préservés ne leur permettent plus de dégager les mêmes résultats économiques que dans une situation sans préservation. Ce surcoût correspond au coût d'opportunité<sup>10</sup> des terrains.

Ainsi par exemple sur les AAC, la reconquête du bon état qualitatif de l'eau implique de faire évoluer les usages des sols et les pratiques existantes de manière à les rendre compatibles avec une bonne qualité des eaux souterraines pour l'eau potable. Or, les acteurs économiques craignent que ces changements se traduisent par une perte de compétitivité et une réduction de leurs marges. C'est par exemple le cas des exploitants agricoles qui peuvent être réticents à modifier leurs pratiques d'utilisation de produits phytosanitaires ou de fertilisation par crainte que cela ne réduise les rendements de leurs cultures et le chiffre d'affaire de leurs exploitations. Il y a ici un conflit entre l'intérêt collectif qui nécessite que les pratiques soient modifiées pour restaurer la qualité de l'eau des captages et l'intérêt particulier des acteurs économiques qui les encourage à adopter des pratiques néfastes pour la qualité de l'eau mais rentables pour l'exploitation.

A l'inverse, la préservation des zones de sauvegarde implique de maintenir en l'état une occupation des sols et des activités qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines. Cela implique par conséquent de contraindre dans une certaine mesure le

---

<sup>10</sup> Le coût d'opportunité correspond au revenu net auquel les acteurs sont contraints de renoncer du fait de la mise en place des actions de préservation plutôt qu'à d'autres activités rémunératrices.

développement urbain et le développement de nouvelles activités économiques. Selon certains, il sera difficile de convaincre les élus locaux de renoncer à des projets qui permettraient un développement économique local et les créations d'emplois associées au seul motif que le maintien en l'état de l'occupation des sols permettra d'assurer le maintien du bon état des ressources en eau dont l'usage pour l'AEP futur reste largement incertain. Des conflits risquent donc d'émerger entre la volonté des élus locaux de développer l'économie locale via de grands projets urbains ou industriels et la nécessité environnementale de maintenir l'occupation des sols et des activités dans un état compatible avec le bon état écologique des eaux souterraines. Ces conflits risquent d'être d'autant plus forts que par définition, les zones de sauvegarde seront localisées à proximité des zones de fortes consommations actuelles et futures, sur des territoires sur lesquels l'implantation d'activités économiques est d'autant plus opportune.

#### **3.2.4. Caractère peu incitatif des outils existants**

Les réticences des acteurs économiques, notamment dans le secteur agricole, à modifier leurs pratiques sont renforcées par le caractère trop peu incitatif des dispositifs de soutien financier mis à leur disposition (MAE notamment). En effet, pour être intéressant financièrement, le montant des aides doit être suffisamment élevé pour que les exploitants aient un intérêt financier à modifier leurs pratiques. Or, les montants accordés sont souvent trop faibles au regard des coûts des changements de pratiques. Dans les régions céréalières par exemple, les cours du blé sont aujourd'hui tels que les exploitants pratiquant une agriculture intensive obtiennent des revenus considérablement plus importants pour une quantité de travail nettement moindre que s'ils mettaient en place des pratiques plus respectueuses de l'environnement et bénéficiaient d'aides financières. Dans ce contexte, certaines collectivités se disent prêtes à mettre en place des dispositifs d'aides additionnels. Toutefois, elles sont rapidement dissuadées par la législation à respecter pour l'encadrement réglementaire du régime des aides d'Etat en matière de protection de l'environnement qui n'encourage pas la créativité dans l'élaboration de dispositifs de soutiens financiers innovants et incitatifs.

#### **3.2.5. Faible acceptabilité du principe usager-payeur**

En cas de dégradation de la qualité d'une ressource, deux principes peuvent entrer en conflit :

- selon le principe usager-payeur, qui consiste à faire supporter à l'utilisateur d'une ressource le coût de la fourniture de cette ressource, il incombe à l'usager de financer le surcoût lié aux changements de pratiques nécessaires à la reconquête et/ou à la préservation de la qualité des eaux souterraines sur les AAC ;
- selon le principe pollueur-payeur, qui consiste à faire supporter au pollueur le coût des mesures de restauration et de réduction des pollutions, il incombe aux acteurs économiques à l'origine des pollutions de financer les changements de pratiques nécessaires à la reconquête de la qualité des eaux souterraines sur les AAC.

Certains distributeurs d'eau potable se demandent ainsi pourquoi ce serait aux usagers d'eau potable de payer pour la restauration de la qualité des nappes (principe usager-payeur) alors que selon le principe pollueur-payeur inscrit dans le Code de l'environnement (article L110-1), c'est aux pollueurs de prendre en charge ces coûts. Ces acteurs argumentent notamment qu'une nappe polluée produit des effets sur les milieux que l'eau soit utilisée pour l'AEP ou non.

### **3.2.6. Absence d'outils juridiques adaptés à la protection des zones encore non-exploitées**

Il sera vraisemblablement difficile de mettre en œuvre des actions de préservation sur les zones de sauvegarde en l'absence d'instrument juridique qui donne un caractère contraignant à ces zones (notamment au niveau des documents d'urbanisme), en vue notamment de leur conférer un statut qui permette de réguler l'implantation d'activités et les usages du sol sur ces zones. A l'heure actuelle, malgré les recommandations du SDAGE, la protection d'une zone en vue d'un usage futur (i.e. à titre préventif) n'existe pas juridiquement. Il faut que l'usage futur soit immédiat et justifié pour qu'une DUP soit autorisée autour d'un captage.

A ce titre, il convient de noter qu'une proposition de loi relative à la protection des aquifères stratégiques destinés à la consommation humaine a été enregistrée à l'Assemblée nationale le 17 septembre 2014. Les dispositions qui y sont présentées visent notamment à donner un statut juridique aux aquifères dont le potentiel qualitatif et quantitatif est reconnu et qui constituent des ressources stratégiques pour l'AEP de la population. En particulier, le texte stipule que pour ces aquifères, y compris ceux encore non-exploités, des arrêtés préfectoraux ou inter-préfectoraux fixent par DUP l'emprise et les servitudes de protection opposables aux tiers (Proposition de loi N°2204<sup>11</sup>).

### **3.2.7. Absence de solidarité intercommunale**

Le problème de l'absence de solidarité intercommunale est un problème récurrent, cité par un grand nombre d'acteurs interrogés. Il survient dans deux cas de figure :

- lorsque l'aire d'alimentation d'une ressource à préserver est localisée sur une ou plusieurs communes dont l'AEP ne dépend pas directement de cette ressource. La préservation de la ressource bénéficie dans ce cas à des populations éloignées (souvent des grands centres urbains) tandis que les contraintes liées à la préservation sont subies par les populations locales ;
- lorsque l'aire d'alimentation d'une ressource à préserver est localisée sur une ou plusieurs communes dont l'AEP dépend de cette ressource mais dont la disponibilité est telle qu'elle pourrait également servir à l'AEP de populations éloignées (souvent des grands centres urbains). La préservation de la ressource bénéficie dans ce cas à la fois aux populations locales et aux populations éloignées tandis que les contraintes en termes de pratiques et d'usage du sol sont subies uniquement par les populations locales.

Les communes dont les activités sont contraintes par des actions de préservation de ressources qui servent à alimenter en eau potable des communes voisines acceptent parfois difficilement de ne pas être indemnisées pour les contraintes qu'elles subissent et dont les conséquences bénéficient à autrui. Cette réticence est exacerbée dans le cas où la priorité donnée à l'usage AEP n'autorise pas les communes dont les activités sont contraintes par des actions de préservation à utiliser ces ressources pour d'autres projets qu'elles pourraient avoir (zones d'activité économique, développement de l'irrigation, etc.).

La question de la solidarité entre communes rurales péri-urbaines et grandes agglomérations est au cœur de cette problématique et peut constituer un frein important à la mise en œuvre d'actions de protection dans certaines communes. Les acteurs interrogés remarquent à ce titre que les collectivités vont de plus en plus demander à être dédommagées financièrement pour

---

<sup>11</sup> Lien vers la proposition de loi : <http://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion2204.asp>

les efforts qu'elles mettent en œuvre pour préserver des ressources qui bénéficient à des populations éloignées.

### **3.2.8. Etendue des surfaces à préserver**

La dimension des zones de sauvegarde dépasse de manière générale le seul bassin d'alimentation de captage (plusieurs dizaines de km<sup>2</sup> pour les plus étendues, voire davantage dans le karst sur les grands exutoires), sans concerner toutefois l'intégralité de la nappe ou de l'aquifère, à l'exception de certaines ressources profondes. Sur de telles surfaces, il est difficile et parfois démobilisateur, même pour des collectivités volontaires, de construire un programme d'actions de préservation. Les élus souhaiteraient davantage voir se construire une action concertée à l'échelle intercommunale ou départementale, car les territoires concernés par la ressource dépassent souvent leur seule collectivité.

## **3.3. LEVIERS SUSCEPTIBLES DE FACILITER L'ADHESION DES PARTIES PRENANTES**

Cette section présente les principaux arguments ou leviers qui ont été identifiés par les personnes enquêtées comme étant pertinents à mettre en avant pour faciliter l'adhésion des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à la préservation des eaux souterraines.

### **3.3.1 Disposer de connaissances hydrogéologiques solides**

Une bonne connaissance du fonctionnement des systèmes hydrogéologiques a été citée comme un élément facilitateur de la mise en œuvre d'actions de préservation car cela réduit les incertitudes associées à l'efficacité des actions tout en justifiant l'existence d'enjeux liés à la préservation. Cela peut aussi permettre d'identifier les zones de protection prioritaires à prendre en compte dans les documents d'aménagement du territoire (ScoT, PLU, etc.), via notamment des diagnostics de vulnérabilité couplés à des cartographies des pressions polluantes, à l'image des investigations menées sur les AAC. Certains acteurs regrettent à ce titre le manque d'études techniques qui rend les gestionnaires trop optimistes sur l'inertie des systèmes hydrogéologiques ce qui les amène à sous dimensionner les actions de préservation. L'ancrage scientifique des actions proposées est donc important. Par ailleurs, la prise en compte du temps nécessaire pour que les actions soient efficaces est également primordiale. En effet, les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères sont telles que les actions de protection des eaux souterraines génèrent essentiellement des bénéfices sur le moyen voir le long terme. La phase de transition durant laquelle les actions de prévention sont mises en œuvre mais les bénéfices environnementaux ne se font pas encore sentir peut parfois atteindre plusieurs années, voire plusieurs décennies sur certains aquifères (c'est notamment le cas lors de l'adoption de pratiques agricoles économes en intrants). Les analyses économiques doivent donc être capables de prendre en compte ces effets de long terme afin que les coûts des différents projets d'occupation du sol puissent être comparés sur la durée (recours au taux d'actualisation).

### **3.3.2 Disposer d'études technico-économiques solides**

Il est primordial de montrer que les actions de préservation sont viables d'un point de vue technico-économique. Dans le domaine agricole, cela consiste par exemple à démontrer que la conversion à l'agriculture biologique est rentable, à mettre en évidence qu'il existe une demande locale suffisante pour générer des débouchés pérennes à ces nouveaux produits et à diffuser auprès des exploitants les résultats économiques des itinéraires vertueux. Une entreprise de l'industrie agro-alimentaire a par exemple lancé des études de diagnostic qui identifient les points faibles et les points forts des modèles de production agricole au regard de

la protection des ressources en eau. Des actions qui renforcent les points forts et diminuent les points faibles sont ensuite proposées aux exploitants, comme par exemple la labellisation AOC qui offre de nouveaux débouchés aux produits tout en imposant aux exploitants des clauses techniques strictes pour la nourriture du bétail. Ces clauses ont pour conséquence de limiter le nombre de tête de bétail à l'hectare ainsi que les risques de pollution associés. Cet exemple montre que, dans le domaine agricole, pour être efficaces, les actions doivent s'appuyer sur des arguments techniques et économiques forts, qui parlent aux exploitants.

### **3.3.3 Montrer que la préservation des eaux souterraines permet d'éviter des coûts et des risques pour l'AEP des générations présentes et futures**

Couramment avancé par les acteurs interrogés, cet argument consiste à démontrer que les solutions alternatives permettant d'alimenter en eau potable les populations génèrent des coûts supérieurs aux coûts liés à la mise en œuvre des actions de préservation des ressources en eaux souterraines. Les solutions alternatives peuvent par exemple consister à importer de l'eau de surface de territoires éloignés (plutôt que de recourir aux eaux souterraines naturellement disponibles sur le territoire), à traiter la ressource en eau en vue de la potabiliser (plutôt que de la maintenir en bon état) ou à utiliser des ressources en eau nécessitant un traitement avant leur consommation (plutôt que de recourir aux eaux souterraines naturellement bien protégées).

A titre d'exemple, le Syndicat Intercommunal des Eaux des Moises (SIEM) a réalisé en 2011 une analyse économique comparative des coûts d'investissement et de fonctionnement (i) de captages de sources en zones de montagne (avec eau gravitaire et avec pompage, sans traitement) et (ii) de captages en eaux superficielles sur le lac Lemman (avec traitement de la ressource). Les résultats montrent que les captages en eaux superficielles sont 3 à 10 fois plus chers à exploiter que les captages en eaux souterraines. Le différentiel représenterait entre 90 000 et 320 000 €/an, soit une augmentation de plus de 7 €/an sur la facture d'eau des usagers<sup>12</sup>. Le SIEM précise que les résultats de cette étude économique ont constitué un outil de communication important pour faire valoir l'intérêt de préserver les eaux souterraines auprès des parties prenantes (agriculteurs, exploitants agricoles, communes, office du tourisme, etc.).

Selon certains, l'identification et la caractérisation du rôle d'assurance contre les risques joué par la préservation des eaux souterraines peut également faciliter la mise en œuvre d'actions de préservation. Deux types de risques ont été cités par les personnes interrogées : (i) le risque de pollution (hormones, médicaments) qui relève des incertitudes liées à la capacité de la technologie à traiter ces pollutions nouvelles à un coût raisonnable sur le long terme ; (ii) le risque d'augmentation des coûts du traitement de l'eau du fait de l'augmentation des prix de l'énergie.

### **3.3.4 Montrer que la préservation des eaux souterraines peut être à l'origine de tout un éventail de bénéfices à l'échelle d'un territoire**

Plusieurs personnes enquêtées ont souligné l'importance de mettre en évidence l'existence des nombreux « co-bénéfices » de la préservation des eaux souterraines qui ne se limitent pas aux seuls bénéfices liés à l'utilisation des eaux souterraines pour l'AEP. En effet, la mise en place d'actions de préservation (conversion à l'agriculture biologique, implantation de surfaces en prairie, maintien de couvert forestier, maintien d'activités agricoles compatibles avec le bon état des masses d'eau, etc.) génère d'autres bénéfices, dont peuvent bénéficier les populations

---

<sup>12</sup> Fiquepron (2012), Etude technico-économique sur le site de Moises-Forchat, Evaluation du service rendu par la forêt pour la production d'eau potable, Projet Interreg Franco-Suisse Alpeau, Juin 2012.

locales, que la seule fourniture d'une eau de qualité pour la consommation humaine. Ces bénéfices incluent notamment (liste non-exhaustive) :

- le **développement d'une image de marque et l'accroissement de l'attractivité touristique du territoire** : En Haute-Savoie, l'image d'une eau pure venant du Mont Blanc joue un rôle important dans le développement touristique de la région. Les villes de Chamonix et Megève se sont d'ailleurs investies dans la préservation des eaux souterraines en grande partie parce qu'elles savaient qu'elles pourraient utiliser cette image de marque pour attirer de nouveaux touristes. En Bretagne, le succès des démarches de reconquête de la qualité des eaux souterraines a reposé sur le fait que les projets ne se sont pas contentés d'être des projets de protection des ressources en eau. Ils se sont inscrits dans une démarche globale d'aménagement du territoire dont les co-bénéfices ont permis l'adhésion de la population et des acteurs locaux. Des zones de loisir ont ainsi parfois été créées, des sentiers de randonnées pédestres et équestres ont été construits sur des périmètres de protection de captages. La protection s'est donc inscrite dans des projets de mise en valeur des sites. L'intérêt économique et sociétal était alors évident pour les élus et les acteurs locaux. Les exploitants agricoles y ont également vu un intérêt dans cette région touristique où de plus en plus d'entre eux envisagent à terme d'ouvrir des gîtes ou des chambres d'hôtes « à la ferme » ;
- **l'amélioration de la qualité (notion de terroir) et de la traçabilité des produits pour les exploitants** : Certaines mesures de préservation visant à modifier les pratiques des exploitants agricoles et forestiers (réduction d'intrants, modernisation des installations, etc.) améliorent également la qualité et la traçabilité des produits issus de ces exploitations. Cela peut permettre aux exploitants d'augmenter leurs prix de vente ou d'acquérir une labellisation qui leur ouvre de nouveaux débouchés. Promouvoir le recours à des actions permettant à l'exploitant d'améliorer la qualité de ses produits est donc important car cela lui donne une raison supplémentaire de modifier ses pratiques. Pour les éleveurs de Haute-Savoie, c'est par exemple le cas des abreuvoirs automatiques qui, en évitant que les animaux ne soient sales, améliore la qualité de leur lait et donc du fromage produit. Il en va de même de la labellisation Bio ou AOC qui, sur certains territoires, permet aux exploitants de bénéficier de prix de vente plus élevés et de débouchés pérennes (démarches gagnants-gagnants) ;
- **l'exemplarité des pratiques et l'opportunité d'en faire un objet de communication** : Ce bénéfice concerne l'ensemble des entreprises, y compris industrielles, qui verraient un intérêt à utiliser l'exemplarité de leurs pratiques pour améliorer leur image et leur réputation. Il s'agit ici de jouer sur les représentations mentales et affectives, que les consommateurs se font d'une marque, d'un produit ou d'une entreprise en vue d'en augmenter les ventes. En pratique, de plus en plus d'industriels sont investis dans des démarches ISO 14001 et le fait de modifier leurs pratiques (par exemple, instaurer le « zéro phyto » sur le site de l'usine Renault de Flins situé à proximité d'un champ captant majeur de l'ouest parisien) leur permet pour un coût insignifiant de jouer d'une opération exemplaire sur laquelle ils peuvent communiquer ;
- **l'amélioration du confort de vie des populations** : La préservation d'espaces naturels et la présence d'espaces verts à proximité des lieux d'habitation améliorent le bien-être des citoyens. La demande sociale de nature à proximité des villes est d'ailleurs en augmentation ;
- le **développement d'activités récréatives sur les cours d'eau dont l'alimentation en période d'étiage dépend des eaux souterraines** : Les eaux souterraines ont la capacité de réalimenter en eau les écosystèmes aquatiques de surface pendant la période d'étiage. Les apports d'eau souterraine représentent ainsi l'essentiel des débits d'étiage dans de nombreux cours d'eau. Les activités récréatives exercées sur ces cours d'eau en période

d'étiage, et les bénéfices économiques qui leur sont associés, dépendent donc directement du bon état quantitatif et qualitatif des réservoirs souterrains qui les alimentent ;

- **la création ou le maintien d'emplois locaux et le développement d'un tissu économique local** : Certains projets d'occupation des sols (préservation mais aussi construction d'une carrière, implantation d'une zone d'activité économique, etc.) peuvent potentiellement avoir un impact sur le tissu économique local. En ce qui concerne la préservation, les emplois créés ou maintenus peuvent relever non seulement de la gestion des espaces protégés mais également des activités touristiques, récréatives, agricoles ou forestières développées sur la zone. A l'inverse des emplois directs généralement créés par les projets alternatifs, les emplois liés à la préservation sont souvent indirects (créés dans les différents secteurs économiques dont l'activité est stimulée par la préservation) ou induits (créés dans les différents secteurs dont l'activité dépend des secteurs stimulés par la préservation). La difficulté économique réside alors dans le fait que ces emplois indirects et induits sont relativement plus complexes à estimer que les emplois directs associés aux projets alternatifs ;
- **l'existence d'intérêts croisés avec d'autres problématiques environnementales** : Certaines personnes enquêtées ont souligné l'importance de mettre en évidence l'existence d'intérêts croisés entre plusieurs problématiques environnementales. Par exemple, le maintien d'un couvert forestier préserve la qualité des eaux souterraines tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Or, un projet de préservation des eaux souterraines qui permettrait, à terme, la séquestration d'importantes quantités de carbone, peut attirer le soutien financier d'une gamme plus large de partenaires (associations environnementales, entreprises privées investies dans la lutte contre le changement climatique, etc.). A l'inverse, la préservation de certaines zones pour d'autres motifs environnementaux (biodiversité, climat, etc.) peut aussi bénéficier à l'AEP. Ainsi, il sera a priori d'autant plus facile de protéger des zones de sauvegarde qu'elles sont d'ores et déjà protégées pour un autre motif. En effet, une fois le site classé (Natura 2000, ENS, etc.), des outils d'acquisition foncière peuvent être mobilisés pour préserver la zone, même en l'absence de captages existants. Certains acteurs expliquent également que l'inscription d'un PPC dans une démarche déjà engagée par la mise en place d'autres mesures de protection d'ordres divers permet de dédramatiser le périmètre aux yeux des acteurs locaux. Enfin, il convient de noter qu'un acteur d'une collectivité a aussi exprimé le point de vue inverse. Pour cet acteur, le classement Natura 2000 d'un site est davantage source de contraintes car cela rend nécessaire la constitution de dossiers administratifs compliqués et chronophages pour toute intervention en vue d'améliorer la protection des captages ;
- de même, le maintien d'espaces agricoles au détriment de l'extension de zones urbaines contribue à la préservation des eaux souterraines tout en assurant la sécurité alimentaire des territoires ;
- enfin, la préservation permet d'éviter les contentieux européens et les pénalités financières associées.

### **3.3.5 Communiquer sur l'existence de ces bénéfices.**

Le fait d'identifier les nombreux bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines et de communiquer auprès de l'ensemble des acteurs locaux, y compris le grand public, sur leur existence apparaît comme un élément déterminant dans l'adhésion des parties prenantes à la mise en œuvre d'actions de préservation. Certains acteurs organisent ainsi des visites de terrain pour présenter le fonctionnement complexe des ressources karstiques aux élus locaux. Selon eux, ce type de démarche faciliterait grandement la mise en œuvre d'actions de protection.

### 3.3.6 Prendre en compte les zonages dans les documents d'urbanisme

La prise en compte des zones de sauvegarde dans les documents d'urbanisme apparaît primordiale pour pallier l'absence d'instruments juridiques donnant un caractère contraignant à ces zones.

### 3.3.7 Faire évoluer les outils économiques existants

Deux modalités d'évolution (non-exclusives) ont été évoquées :

- **adapter le montant des aides financières à la valeur des bénéfices environnementaux** fournis par la préservation et non aux coûts des changements de pratiques pour les acteurs locaux. Il s'agit ici de revoir le mode de calcul des aides qui sont aujourd'hui fixées en fonction des surcoûts pour les producteurs (MAE) et de les faire évoluer vers un système dans lequel elles seraient fixées en fonction de la valeur du service pour les bénéficiaires ;
- **mettre en place des dispositifs de solidarité entre acteurs.** Il peut s'agir d'un dispositif de solidarité amont/aval entre des communes bénéficiaires en aval dont l'AEP dépend des pratiques agricoles et forestières d'exploitants situés en amont ou bien de dispositifs de solidarité intercommunale entre des communes dont les activités sont contraintes par des actions de préservation et des communes dont l'AEP dépend de la ressource à préserver. Un tel dispositif de redistribution aval/amont des bénéfices économiques générés par la production et la vente d'eaux minérales est notamment mis en place par une entreprise de l'industrie agro-alimentaire en France. Dans ce dispositif, les communes d'émergence en aval reversent de 2 à 10% des recettes issues de la « taxe de col »<sup>13</sup> aux communes de l'impluvium pour le financement d'actions de préservation des ressources en eau souterraine. Pour les communes d'émergence, l'intérêt financier est évident. Si elles veulent conserver les recettes de la taxe de col, elles ont intérêt à ce que la ressource soit de bonne qualité et pour ce faire, elles sont prêtes à reverser une partie de leurs recettes aux acteurs qui permettent le maintien de la qualité de l'eau. Pour les communes de l'impluvium, l'intérêt est également financier du fait de la redistribution des recettes de la taxe de col via le financement des actions de préservation.

### 3.3.8 Privilégier les approches partenariales et la concertation avec les acteurs

Les approches partenariales et la concertation avec les parties prenantes constituent des facteurs de réussite importants. Pour obtenir l'adhésion des acteurs locaux, certains départements ont adopté une approche partenariale qui a rendu les habitants et les agents économiques acteurs de la préservation de leur environnement. Par exemple, les exploitants agricoles ont été impliqués dans la démarche de préservation dès les premières études de diagnostic et d'acquisition de connaissances sur les ressources. Ce sont eux qui ont réalisés les analyses sur leurs propres captages et cela a permis de les sensibiliser à la problématique.

---

<sup>13</sup> L'exploitation des sources d'eaux minérales procure des revenus importants aux communes d'émergence sur lesquelles elles sont situées. Outre la contribution économique territoriale (ancienne taxe professionnelle), les communes d'émergence perçoivent également une surtaxe sur les eaux minérales naturelles définie aux articles 1582 et 1698 A du Code général des impôts (la « taxe de col »). Elles en fixent les tarifs dans la limite du plafond prévu par la loi, en fonction des volumes d'eau embouteillés. Le produit de cette surtaxe pour la commune peut atteindre plusieurs millions d'euros par an. Les communes de l'impluvium n'ont quant à elles pas la possibilité de mettre en place ce type de taxe.

### 3.4. DISCUSSION

#### 3.4.1. Spécificités des différents types de zones

Les entretiens réalisés dans le cadre du projet ont mis en évidence l'existence de deux situations auxquelles sont associés des enjeux relativement différents :

- la **reconquête du bon état qualitatif de l'eau sur les AAC** implique de faire évoluer les usages des sols et les pratiques de manière à les rendre compatibles avec une bonne qualité des eaux souterraines pour l'eau potable. L'évaluation économique peut alors aider à mettre en évidence les coûts associés à la dégradation de la ressource (et qui pourraient être évités si la ressource était protégée) et les bénéfices attendus dans le futur en cas d'amélioration de la qualité de l'eau. Dans ce cas, l'incertitude sur l'efficacité des actions ainsi que sur le délai nécessaire à l'amélioration de la qualité des ressources en eau peut constituer une difficulté majeure. En termes d'outils opérationnels, les AAC se heurtent à des mécanismes d'indemnisation souvent peu incitatifs et insuffisants pour faire évoluer les pratiques et les usages des sols. L'acceptation du principe usager-payeur, à l'inverse du principe pollueur-payeur, constitue une difficulté supplémentaire ;
- la **préservation des zones de sauvegarde** implique de maintenir en l'état une occupation des sols et des activités qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines. Cela implique par conséquent de contraindre dans une certaine mesure le développement urbain et le développement de nouvelles activités économiques potentiellement polluantes. Dans ce cas, l'évaluation économique peut aider à mettre en évidence les bénéfices associés à l'existence des zones de sauvegarde en vue de les comparer au coût d'opportunité des terrains, sachant que ces bénéfices disparaîtraient pour la plupart en cas de dégradation du milieu. Le principal frein à la préservation de ces zones est alors l'acceptabilité du zonage vis-à-vis de projets concurrents en l'absence d'outils juridiques qui donnent un caractère contraignant à ces zones. Un frein secondaire réside dans la grande taille de certaines zones de sauvegarde qui rend difficile la mise en place de programmes d'actions concertés entre collectivités aux intérêts multiples.

#### 3.4.2. Deux types de leviers

Pour dépasser les difficultés et obstacles qui freinent la préservation des eaux souterraines, deux grands types de leviers ont été cités :

- les leviers permettant une meilleure caractérisation des coûts et des bénéfices associés aux actions de préservation des eaux souterraines ;
- les leviers relevant d'une amélioration des outils opérationnels de préservation des eaux souterraines et de leur mise en œuvre.

La Figure 7 présente la correspondance entre ces grands types de leviers et les principales difficultés soulevées lors des entretiens.

#### 3.4.3. Questions économiques

Plusieurs questions économiques associées à la préservation des eaux souterraines peuvent être associées aux difficultés et leviers évoqués lors de ces entretiens. Elles concernent :

- les coûts des actions à mettre en œuvre : Quels seraient les coûts générés par la préservation des eaux souterraines pour les différents acteurs du territoire ? Sur quels acteurs reposeraient les contraintes liées à la préservation des eaux souterraines ?

- les bénéfices attendus de la préservation : Quels coûts pourraient être évités par la préservation des eaux souterraines pour le secteur de l'eau potable ? Quels bénéfices peut-on attendre de la préservation des eaux souterraines sur un territoire ? A quels acteurs bénéficierait la préservation des eaux souterraines ? Ces bénéfices sont-ils supérieurs aux coûts de la préservation ?
- ainsi que les outils opérationnels qui pourraient être mis en œuvre : Quels outils économiques pourraient être mis en place pour favoriser la préservation des eaux souterraines ?

Ce document s'intéresse plus spécifiquement aux questions relatives aux bénéfices de la préservation des eaux souterraines. Le chapitre suivant propose un bilan des connaissances et pointe notamment les limites des méthodes d'évaluation classiquement utilisées.

## **4. Bilan des méthodes d'évaluation économique des bénéfices et potentiel d'utilisation pour les zones de sauvegarde**

Ce chapitre précise les principaux concepts liés à l'évaluation des bénéfices, à la valeur économique totale et aux services rendus par les eaux souterraines. Il présente les deux principaux types de méthodes utilisées pour évaluer ces bénéfices, leur utilisation dans les analyses coût-bénéfice, et les limites de leur utilisation pour argumenter en faveur de la préservation des zones de sauvegarde.

### **4.1. PRINCIPAUX CONCEPTS**

#### **4.1.1. Bénéfices et services rendus**

Du fait des activités humaines, l'état des ressources en eau souterraine peut être modifié, tant sur le plan de la quantité que de la qualité (surexploitation, pollution). Ces modifications peuvent directement impacter certains usagers de la ressource (forages à sec du fait d'une baisse du niveau piézométrique, pollution menaçant la pérennité de l'usage qui était fait de la ressource), avoir des répercussions sur les milieux aquatiques superficiels associés (diminution du débit de soutien d'étiage, pollution des cours d'eau ou des zones humides alimentés par les eaux souterraines), et/ou compromettre les usages futurs potentiels de la ressource. De manière générale, toute modification de l'état des eaux souterraines peut engendrer une modification des services rendus par celles-ci. Selon l'approche néoclassique, l'évaluation de la valeur économique de ces services est un premier pas vers l'intégration des impacts des activités humaines sur l'environnement et la société (aussi appelés externalités\*) dans la prise de décision. En leur donnant une valeur monétaire, les services rendus par les eaux souterraines peuvent alors être comparés aux coûts nécessaires pour les protéger dans une analyse coût bénéfice. Les valeurs obtenues peuvent également servir de base à l'application du principe pollueur-payeur en faisant supporter au pollueur le coût des externalités négatives engendrées (perte de services), ou à l'inverse être utilisées pour l'évaluation du montant des paiements pour services environnementaux en rétribuant les acteurs produisant ces services ou permettant de les protéger. Les changements de services rendus par les ressources en eau souterraine sont néanmoins encore peu connus et peu pris en compte dans les politiques de gestion des eaux souterraines, les décideurs publics manquant de références théoriques et méthodologiques, mais également d'études de cas.

La notion de « service » est ancienne. Elle a été initiée en 1977 par Westman sous l'expression « natural services ». L'économie de l'environnement a ensuite progressivement développé des méthodes de valorisation des « biens et services environnementaux ». La notion de services a été systématisée et standardisée par le Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) par le concept de « services écosystémiques ». Les services écosystémiques sont définis par le MEA comme les bénéfices que les individus obtiennent à partir des écosystèmes. Bergkamp and Cross (2006) ainsi que Bann and Wood (2012) proposent une analyse qualitative des types de services écosystémiques rendus par les eaux souterraines en reprenant la typologie du MEA (2005). Maton and Rinaudo (2013) ont développé un cadre d'évaluation multicritère basé sur les services rendus pour approcher la valeur économique des eaux souterraines et les bénéfices associés à leur préservation. Ils considèrent cinq principaux services rendus par les eaux souterraines : (i) la production naturelle d'eau de qualité pour un usage eau potable, (ii) la distribution naturelle d'eau sur un territoire, (iii) une assurance contre le risque de sécheresse, (iv) une assurance contre le

risque de pollution, (v) la réalimentation des cours d'eau et zones humides à l'étiage. Dans la pratique cependant, les évaluations économiques ne font que peu appel à la notion de service rendu, mais se basent plutôt sur le concept de valeur économique totale détaillée dans le paragraphe suivant.

**Encadré 2. Cinq principaux services rendus par les eaux souterraines** (Source : Maton and Rinaudo, 2013)

**Production naturelle d'eau de qualité.** La qualité des ressources en eau souterraine est généralement supérieure à celle des eaux de surface. Les aquifères jouent alors le rôle d'une infrastructure (naturelle) de potabilisation, remplaçant une infrastructure artificielle qui aurait été nécessaire pour traiter de l'eau de surface (floculation, décantation, désinfection...) pour certains usages sensibles à la qualité tels que la production d'eau potable. Ce niveau de service rendu par les aquifères est variable selon leurs caractéristiques hydrogéologiques et géochimiques qui déterminent le coût d'exploitation de la ressource.

**Distribution naturelle d'eau sur un territoire.** Les eaux souterraines assurent également le rôle d'une infrastructure de distribution d'eau sur des territoires parfois très importants. Elles remplacent ainsi une infrastructure artificielle de distribution d'eau (canaux et canalisation) que la société aurait dû construire et maintenir en absence d'eau souterraines. Les régions dépourvues d'eau souterraines comme la Provence par exemple ont ainsi dû développer d'importants réseaux de canaux et canalisation pour alimenter les zones agricoles et urbaines. En revanche, les régions bénéficiant d'importantes ressources en eau souterraines n'ont qu'à réaliser des forages et des réseaux de distributions locaux. L'importance de ce service est fonction de l'extension géographique de la masse d'eau, et donc indirectement du linéaire de canalisation qu'elle permet d'éviter de construire pour desservir les populations.

**Assurance contre le risque de sécheresse.** Les ressources en eau souterraine contiennent un stock d'eau d'importance variable. Lorsque ce stock est important, il peut permettre de répondre aux besoins pendant une période de sécheresse, jouant ainsi le rôle d'une infrastructure de stockage (et donc d'assurance contre le risque de sécheresse). La présence d'un important réservoir souterrain peut ainsi remplacer un barrage de grande capacité qui aurait dû être construit pour rendre le même service de sécurisation de l'approvisionnement en eau (pour des usages eau potable ou irrigation). Il s'agit de la valeur tampon ou de la valeur de stabilisation des eaux souterraines dont parlent certains auteurs dans la littérature économique. Ce rôle d'assurance contre le risque de sécheresse est très variable d'un aquifère à l'autre, selon le volume d'eau stockée, selon sa connectivité aux masses d'eau superficielles ou encore selon son taux de renouvellement annuel (recharge / stock).

**Assurance contre le risque de pollution.** Les réservoirs d'eau souterraine peuvent également avoir une capacité à protéger l'eau qu'ils contiennent des pollutions accidentelles de surface (assurance contre le risque de pollution). Le niveau de protection est variable en fonction de la géologie (type de sol, épaisseur et caractéristiques de la zone non saturée) qui détermine ce que les hydrogéologues appellent la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère.

**Alimentation en eau des écosystèmes de surface associés.** Ce service rendu par les réservoirs souterrains est lié à leur capacité à réalimenter en eau les cours d'eau et les zones humides pendant la période d'étiage. Les apports d'eau souterraine peuvent en effet représenter l'essentiel des apports en eau dans de nombreux cours d'eau et/ou zones humides situées à l'aplomb de la masse d'eau. Cette réalimentation des cours d'eau est très dépendante de la configuration géologique, topographique et hydrologique. Elle est également très dépendante des caractéristiques des cours d'eau et des zones humides.

#### 4.1.2. Bénéfices et valeur économique totale

La « valeur économique totale » (VET) est un concept introduit par J. Krutilla en 1967 puis repris par l'École de Londres en 1989. La VET fournit une mesure globale de la valeur économique de tout actif environnemental (Pearce et al., 2006). La VET est obtenue en économie de l'environnement par l'agrégation de différentes « composantes » :

- la *valeur d'usage direct*, liée à un usage effectif reposant sur l'interaction directe de l'agent avec le bien environnemental (matière première, usage récréatif...);
- la *valeur d'usage indirect*, liée à un usage effectif n'impliquant pas d'interaction directe entre les usagers et le bien évalué (fonction écologique, hydrologique...);
- la *valeur d'option*, qui reflète le rôle assurantiel du bien évalué, le gain lié à l'amélioration de l'information face aux choix irréversibles et l'intérêt de préserver des options de choix pour des usages futurs potentiels;
- les *valeurs de non-usage*, qui peuvent être réparties en trois catégories :

la *valeur d'altruisme*, qui fait que les agents valorisent la préservation de biens environnementaux au motif que d'autres (contemporains) en tirent un bénéfice ;

la *valeur de legs*, qui représente la valeur accordée par les agents au fait de léguer aux générations futures la possibilité d'utiliser le bien environnemental ;

la *valeur d'existence* du bien environnemental.

Dans le cas des eaux souterraines, la valeur d'usage direct correspond à la valeur liée à l'utilisation de l'eau souterraine (par forage ou captage de sources), par exemple pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation, ou l'utilisation dans des processus industriels. On considère en général comme valeur d'usage indirect la valeur liée aux relations entre les eaux souterraines et les cours d'eau et zones humides. Par leur rôle d'alimentation en eau des cours d'eau et des zones humides, notamment en période d'étiage, les eaux souterraines concourent ainsi au bon fonctionnement des milieux aquatiques et à la possibilité de pratiquer des activités récréatives (par exemple pêche, baignade, canoë) sur ces milieux. Les eaux souterraines peuvent également avoir une valeur pour des individus qui ne les utilisent pas (valeurs de non-usage).

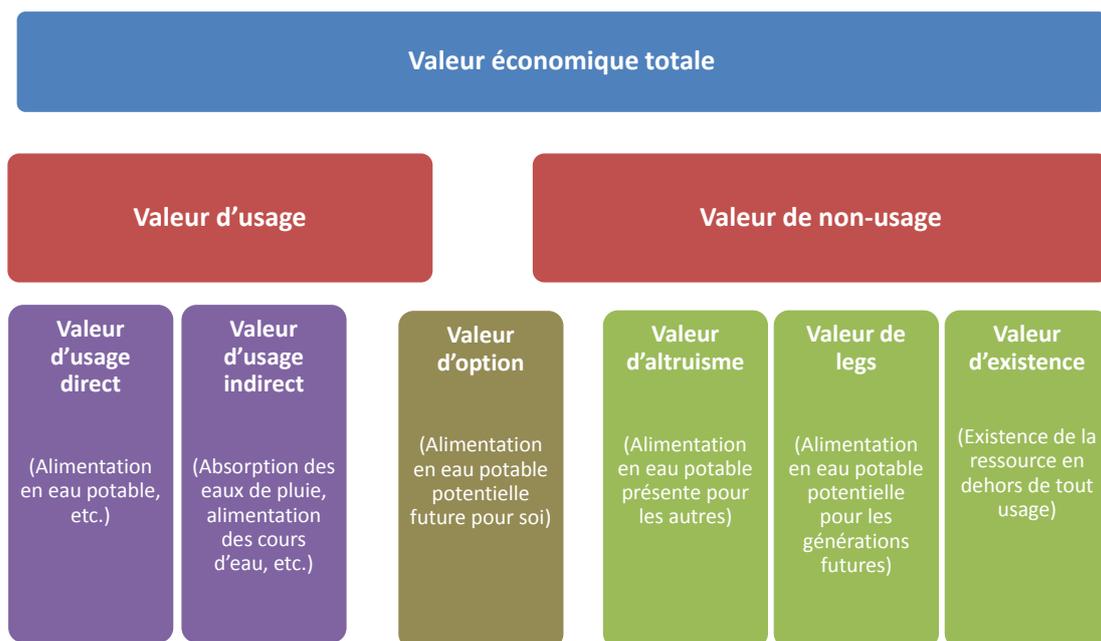


Figure 8. Les différentes composantes de la valeur économique totale

La majorité des évaluations des bénéfices liés à la préservation des ressources en eau souterraine repose sur ce concept de VET. Les bénéfices liés à un programme de préservation ou de reconquête de la qualité des eaux souterraines sont classiquement définis comme la variation de la VET associée à la mise en place du programme d'actions (comparaison de la VET entre un scénario avec programme d'action et un scénario sans programme d'action). On verra par la suite de ce chapitre que certaines méthodes d'évaluation économique sont plus ou moins adaptées à l'évaluation des différentes composantes de la VET.

## **4.2. BILAN DES PRATIQUES : DEUX PRINCIPALES METHODES D'EVALUATION DES BENEFICES**

Plusieurs méthodes provenant du champ disciplinaire de l'économie de l'environnement ont été utilisées pour évaluer la VET des eaux souterraines. Les deux principales approches utilisées sont (i) la méthode des dommages évités (basée sur les coûts) et (ii) la méthode d'évaluation contingente (basée sur les préférences déclarées). Les premières applications de ces méthodes ont été réalisées dans les années 1990 aux Etats-Unis, période pendant laquelle une littérature relativement abondante s'est intéressée à l'évaluation économique des bénéfices associés à la protection (ou la décontamination) des eaux souterraines. Nous résumons ici le principe de ces deux méthodes, illustré par quelques exemples d'applications, tout en soulignant les limites potentielles de leur utilisation pour argumenter en faveur des zones de sauvegarde. Ce bilan bénéficie des résultats d'une revue de la littérature réalisée dans le cadre du projet ONEMA « Evaluer les bénéfices du bon état des eaux souterraines : enjeux, méthodes, résultats et perspectives » dont la publication est à paraître début 2015 (Hérivaux et al., à paraître).

### **4.2.1. Evaluations basées sur les coûts évités**

#### **Principe de la méthode**

L'évaluation des bénéfices associés aux usages directs des eaux souterraines repose en général sur la méthode des « coûts évités ». L'évaluation repose alors sur l'hypothèse que, sans préservation de la ressource, la société serait amenée à supporter des coûts pour continuer à pouvoir s'approvisionner en eau de bonne qualité. Les premières évaluations appliquées aux eaux souterraines ont été menées à partir de la fin des années 1980 aux Etats-Unis. Ces évaluations reposent sur la réalisation d'enquêtes auprès de ménages et/ou de services d'eau potable ayant été concernés par un problème de qualité d'eau, de manière à identifier les types d'adaptation de comportements mis en œuvre et les coûts associés. Les bénéfices de préservation de la ressource sont alors évalués comme les coûts qui pourraient être évités si la ressource était préservée.

#### **Exemples d'application**

Les Tableaux 1 et 2 présentent quelques exemples d'évaluations économiques basées sur les coûts évités ainsi que les hypothèses de coûts associés. La préservation des eaux souterraines permet d'éviter deux principaux types de coûts pour le secteur eau potable :

- les coûts liés à la stratégie choisie par le service d'eau potable pour garantir aux consommateurs un approvisionnement en eau respectant les normes de qualité. Selon le type de captage, la durée de la contamination, ou la proximité de ressources alternatives, plusieurs types de stratégies peuvent être choisis par le gestionnaire d'alimentation en eau potable : l'abandon et la substitution du captage par une autre ressource ou par la création d'un nouveau captage sur la même ressource, le mélange de l'eau d'un captage

pollué avec une eau de meilleure qualité, ou l'installation d'une unité de traitement. **Selon les contextes et les types de stratégies retenues, les coûts varient entre 0,02 et 1,02 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup> produit.** En première estimation (à défaut de consulter les services d'eau potable pour connaître leur stratégie), les coûts de traitement sont les valeurs les plus communément utilisées pour estimer les coûts évités ;

- les coûts relatifs aux comportements d'évitement des consommateurs d'eau lié à une perte de confiance dans la qualité de l'eau du robinet. Plusieurs types de comportements d'évitement peuvent être adoptés par les individus pour se protéger d'un éventuel problème de qualité des ressources en eau. Les comportements les plus fréquemment cités sont l'achat d'eau en bouteille (de 12 à 30% des ménages concernés selon les études) et l'investissement dans des systèmes de traitement, des filtres ou des carafes (de 0,5 à 33% des ménages selon les études). Plusieurs enquêtes ont en effet mis en évidence qu'une part non négligeable de la population a adopté ce type de comportements d'évitement par crainte d'une pollution/ par manque de confiance dans la qualité de l'eau du robinet. **La dépense annuelle liée à ces comportements est de 151 à 366 €<sub>2013</sub> par ménage concerné par l'achat d'eau en bouteille et de 61 à 257 €<sub>2013</sub> par ménage concerné par l'investissement dans des systèmes de traitement, filtres ou carafes.**

Référence	Pays	Année <sup>A</sup>	Localisation	Valeurs <sup>B</sup> (PPA€2013 / m <sup>3</sup> )
<b>Substitution</b>				
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale (eaux superficielles et souterraines)	0,04 - 0,10
Fiquepron (2012)	France	2012	Site de Moises-Forchat, Haute-Savoie	0,06 - 1,02
<b>Mélange</b>				
Hérivaux et al. (2013)	Belgique	2008*	Nappe de l'Hesbaye	0,05 - 0,06
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale (eaux superficielles et souterraines)	0,02 - 0,04
<b>Traitement des nitrates</b>				
AEAG (2003)	France	2002	Echelle nationale	0,24 - 0,32
Devaux (2008)	France	2008*	Bassin Seine-Normandie (eaux souterraines)	0,44 - 0,77
Hérivaux et al. (2013)	Belgique	2008	Nappe de l'Hesbaye	0,17 - 0,28
Larroque (2010)	France	2010*	Eaux souterraines Ile-de-France	0,27 - 0,64
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale (eaux superficielles et souterraines)	0,41 - 0,62
AESN (2011)	France	2011*	Seine-Normandie	0,31
<b>Traitement des pesticides</b>				
AEAG (2003)	France	2002	Bassin Adour-Garonne et Seine-Normandie	0,05 - 0,06
Devaux (2008)	France	2008*	Bassin Seine-Normandie (eaux souterraines)	0,06 - 0,71
Larroque (2010)	France	2010*	Eaux souterraines Ile-de-France	0,12 - 0,21
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale (eaux superficielles et souterraines)	0,06 - 0,21
AESN (2011)	France	2011*	Seine-Normandie	0,13 - 0,47
<b>Traitement – Divers</b>				
Corisco-Perez (2006)	France	2006*	Echelle nationale	0,06 - 0,56
Note :				
<sup>A</sup> Année de l'évaluation, * indique que l'année n'est pas explicitement précisée dans l'étude.				
<sup>B</sup> Les valeurs primaires issues des études consultées ont été exprimées en euros 2013 en utilisant (i) les indices de Parité de Pouvoir d'Achat (PPA) produits par la Banque Mondiale et par l'OCDE, et (ii) les indices de prix à la consommation de l'INSEE.				

*Tableau 1. Exemples d'évaluations basées sur les coûts évités : coûts relatifs à la stratégie choisie par le service d'eau potable (Source : Hérivaux et al., à paraître)*

Référence	Pays	Année <sup>A</sup>	Localisation	Valeurs <sup>B</sup> (PPA€2013/ménage/an)
<b>Mix de comportements</b>				
Smith and Desvousges (1986)	Etats-Unis	1984	Boston	Non évalué
Abdalla (1990)	Etats-Unis	1987	Communauté située dans le sud-est de la Pennsylvanie	432-657
Traoré et al. (1999)	Canada	1995	4 communautés de la province de Québec	193-285
Martin and Marceau (2001)	Canada	1997	5 districts au nord de Montréal	79
<b>Achat eau en bouteille</b>				
Rinaudo (2005)	France	2001	Nappe d'Alsace	315
Chegrani (2009)	France	2009*	Nappe de la craie de l'Artois et de la vallée de la Lys	238-366
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale	151 – 324
Ben Maïd et al. (2014)	France	2013	Echelle nationale	322
<b>Carafes, bouilloires, filtres, osmoseurs</b>				
Rinaudo et al. (2005)	France	2001	Nappe d'Alsace	61-257
Chegrani (2009)	France	2009*	Nappe de la craie de l'Artois et de la vallée de la Lys	85-128
Bommelaer and Devaux (2011)	France	2011*	Echelle nationale	48-57
Note :				
<sup>A</sup> Année de l'évaluation, * indique que l'année n'est pas explicitement précisée dans l'étude.				
<sup>B</sup> Les valeurs primaires issues des études consultées ont été exprimées en euros 2013 en utilisant (i) les indices de Parité de Pouvoir d'Achat (PPA) produits par la Banque Mondiale et par l'OCDE, et (ii) les indices de prix à la consommation de l'INSEE.				

Tableau 2. Exemples d'évaluations basées sur les coûts évités : coûts relatifs aux comportements d'évitement des consommateurs d'eau potable (Source : Hérivaux et al., à paraître)

### Atouts et limites

La méthode des dommages évités est assez simple à mettre en œuvre et se base sur les comportements observés, dans les cas où la ressource en eau est déjà dégradée. Les valeurs obtenues par la méthode sont facilement compréhensibles pour un public de non-économistes. Cependant, cette méthode se concentre essentiellement sur des valeurs liées à un usage direct de la ressource pour l'eau potable, sous-estimant ainsi la valeur totale de préservation des eaux souterraines. Dans le cadre de la définition d'une politique publique, l'évaluation économique doit cependant se placer du point de vue de la société dans son ensemble (et non pas seulement du point de vue d'une catégorie d'utilisateurs), et considérer l'ensemble des bénéfices liés à la préservation de la ressource en eau souterraine (y compris les valeurs d'option et de non usage). Les bénéfices estimés par ce type d'approche sont alors classiquement considérés comme des valeurs minimales des bénéfices de la préservation des eaux souterraines. **D'autre part, cette méthode est particulièrement peu adaptée lorsqu'il s'agit d'évaluer les bénéfices de protection de ressources de bonne qualité, non encore utilisées à l'heure actuelle.**

#### 4.2.2. Evaluations basées sur les préférences déclarées

##### Principe de la méthode

L'évaluation des bénéfices associés à l'ensemble des composantes de la VET se base en général sur des **méthodes de préférences déclarées, la plus connue étant la méthode d'évaluation contingente**. Alors que les méthodes basées sur les comportements

d'évitement reposent sur des comportements observés, les méthodes de préférences déclarées font en sorte que les individus révèlent leurs préférences sous forme d'expression monétaire à partir de ce qu'ils disent et non de ce qu'ils font. La mise en œuvre d'une évaluation contingente consiste à faire révéler aux individus à l'aide d'un questionnaire leur consentement à payer (CAP, en €/ménage/an) pour la préservation ou l'amélioration de l'état d'un bien environnemental. Le bénéfice est alors estimé comme la valeur agrégée des CAP sur l'ensemble des ménages bénéficiaires.

### **Exemples d'application**

Le Tableau 3 présente les valeurs issues de 35 études basées sur une méthode de préférences déclarées et conduites sur la période 1986-2010. Les premières applications de la méthode d'évaluation contingente à l'évaluation des bénéfices liés à la préservation/l'amélioration de l'état des eaux souterraines ont été réalisées aux Etats-Unis, à partir de la fin des années 1980. Dans un premier temps, ces applications ont été spécifiquement conçues pour évaluer les bénéfices associés à l'amélioration de la qualité de l'eau pour l'usage eau potable. Ces évaluations ont ensuite été menées pour « capter » l'ensemble de la VET. En parallèle, un plus faible nombre d'études a également cherché à isoler les valeurs de non-usage. Les exemples d'applications de l'évaluation contingente en Europe, mais également en Nouvelle-Zélande, en Chine et au Liban sont un peu plus récents. Les fourchettes de valeurs moyennes obtenues sont très larges, en particulier dans la littérature nord-américaine, avec des valeurs variant de 57 à 1904 €/2013/ménage/an, et une médiane de 203 €/2013/ménage/an. En Europe, la variabilité des valeurs observées est plus faible, avec une fourchette de valeurs de 27 à 264 €/2013/ménage/an et une médiane de 65 €/2013/ménage/an.

De nombreux facteurs peuvent être à l'origine de ces différences de valeurs : les caractéristiques sociales, économiques, hydrogéologiques sont très dépendantes du contexte local. De plus, les objets d'étude et les objectifs peuvent être relativement différents d'un questionnaire d'évaluation à l'autre. D'une part, les évaluations sont réalisées dans des contextes environnementaux assez variés : problème de contamination des eaux souterraines par des polluants industriels, par la pollution diffuse d'origine agricole, et/ou problème de surexploitation de la ressource. D'autre part, certains scénarios visent à préserver le bon état des eaux souterraines alors que d'autres visent son amélioration. Certaines évaluations cherchent spécifiquement à « capter » l'ensemble des bénéfices de la préservation des eaux souterraines, alors que d'autres s'intéressent explicitement au service de production d'une eau naturellement de bonne qualité. D'autres encore utilisent l'évaluation contingente pour évaluer les préférences des usagers en termes d'origine de leur eau du robinet (eau naturellement de bonne qualité versus eau traitée), ce qui rend l'interprétation des résultats un peu différente.

Référence	Pays	Année <sup>A</sup>	CAP moyen (PPA€2013 / ménage/an) <sup>B</sup>
Edwards (1988)	Etats-Unis	1986	523 – 2065
Wright (1988)	Etats-Unis	1987*	523 – 1230
Shultz and Lindsay (1990)	Etats-Unis	1988	220
Sun et al. (1992)	Etats-Unis	1989	1050
Powell et al. (1994)	Etats-Unis	1989	102
Caudill (1992)	Etats-Unis	1990	53 – 108
Wattage (1993)	Etats-Unis	1991	135
Lazo (1992)	Etats-Unis	1991*	51 – 64
McClelland et al. (1992)	Etats-Unis	1991	253
Jordan and Elnagheeb (1993)	Etats-Unis	1991	182 – 224
Poe and Bishop (1993)	Etats-Unis	1991-92	339 – 1031
Stenger and Willinger (1998)	France	1993	129
Bergstrom and Dorfman (1994)	Etats-Unis	1993*	455 – 3353
de Zoysa (1995)	Etats-Unis	1994	73
Stevens et al. (1997)	Etats-Unis	1995	47 – 327
Rozan (1997)	France	1995	69
Martin and Marceau (2001)	Canada	1997	49
Belloumi and Matoussi (2002)	Tunisie	1997	41
Grappey (1999)	France	1997-98	49 – 79
White et al. (2001)	Nouvelle Zélande	1999	152
Wei et al. (2007)	Chine	2004	0,39
Hasler et al. (2005)	Danemark	2004	65 - 87
Rinaudo and Aulong (2014)	France	2006	47 – 85
Brouwer et al. (2006)	Pays-Bas	2006	36 – 84
Miraldo Ordens et al. (2006)	Portugal	2006	54
Pakalniete et al. (2006)	Lettonie	2006	71
Strosser and Bouscasse (2006)	Slovénie	2006	120 – 222
Chegrani (2009)	France	2006	27
El Chami et al. (2008)	Liban	2007*	104 – 170
Rinaudo (2008)	France	2008	43
Birol et al (2010)	Chypre	2008	148
Tentes and Damigos (2012)	Grèce	2009	227 – 301
Fiquepron et al. (2010)	France	2010	53
Hérivaux (2011)	Belgique	2010	42
Martínez-Paz and Perni (2011)	Espagne	2010	29
<p>Note :</p> <p><sup>A</sup> Année de l'évaluation, * indique que l'année n'est pas explicitement précisée dans l'étude.</p> <p><sup>B</sup> Les valeurs primaires issues des études consultées ont été exprimées en euros 2013 en utilisant (i) les indices de Parité de Pouvoir d'Achat (PPA) produits par la Banque Mondiale et par l'OCDE, et (ii) les indices de prix à la consommation de l'INSEE.</p>			

Tableau 3. Exemples d'application de la méthode d'évaluation contingente aux ressources en eau souterraine sur la période 1986-2013 (Source : Hérivaux et al., à paraître)

### **Atouts et limites**

Les méthodes de préférences déclarées sont les seules méthodes permettant théoriquement de prendre en compte l'ensemble des composantes de la VET. Elles permettent notamment d'intégrer les valeurs de non-usage et de faire ressortir l'importance de la valeur accordée à la préservation des eaux souterraines pour les générations futures. Ainsi, Poe (2000) a montré dans une méta-analyse que les études spécifiquement réalisées pour évaluer les valeurs d'usage produisent des valeurs de CAP significativement plus faibles que les études évaluant l'ensemble des composantes de la VET. Hérivaux (2011) a mené une évaluation contingente sur la nappe alluviale de la Meuse, dans sa partie la plus dégradée par la pollution. Cette nappe n'est plus utilisée aujourd'hui pour l'alimentation en eau potable, du fait de son niveau de dégradation. Néanmoins, les deux tiers des ménages interrogés sont prêts à contribuer financièrement à la restauration de la qualité de la nappe, avec un CAP moyen déclaré de 40 €/ménage/an. La moitié des ménages citent comme principale motivation de leur contribution la possibilité de transmettre une eau souterraine de meilleure qualité aux générations futures.

Cependant la méthode de l'évaluation contingente et son application pour évaluer les bénéfices de préservation des eaux souterraines fait aussi l'objet de nombreuses critiques, et ce pour plusieurs raisons :

- tout d'abord, la méthode est à la limite de son champ d'application dans le cas des eaux souterraines du fait du caractère invisible et « non familier » du bien évalué. En effet, de nombreuses études montrent le faible niveau de connaissance des eaux souterraines des personnes interrogées tant concernant son fonctionnement que son extension géographique, la nature des services rendus ou l'existence de substituts. Ce constat est d'autant plus fort lorsque les personnes enquêtées n'ont aucun usage de la ressource en eau souterraine ;
- l'évaluation contingente conduit à estimer un consentement à payer exprimé (CAP) en euros par ménage et par an, pour une durée donnée. Bien que certains économistes aient tenté de distinguer les différentes composantes (usage direct/ indirect/ non-usage) au sein de cette valeur, cet exercice reste difficile à mettre en œuvre et très discuté. **La compréhension et l'appropriation par les gestionnaires de ce type de valeur unitaire peut être difficile et rendre leur utilisation pour la prise de décision limitée ;**
- la méthode de l'évaluation contingente est relativement longue et coûteuse à mettre en œuvre, et ne peut être envisagée de manière systématique sur toutes les masses d'eau souterraine. Ainsi, lorsque l'on cherche à évaluer les bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines à l'échelle d'un ensemble de masses d'eau (bassin hydrographique ou région par exemple), l'approche privilégiée est celle du transfert de bénéfices. Cette méthode consiste à utiliser une étude menée sur un site et de transférer les résultats de cette étude sur un autre site. Relativement rapide et peu coûteuse, cette méthode implique cependant la disponibilité de valeurs de référence obtenues sur des biens comparables ;
- enfin, la question de la manière d'agréger les CAP obtenus et exprimés en euros par ménage par an finit toujours par se poser pour l'évaluation des bénéfices de la préservation de la ressource en eau souterraine dans son ensemble. Il existe peu de recommandations méthodologiques claires et partagées par la communauté scientifique à ce sujet.

### **4.3. LES ANALYSES COUT-BENEFICE**

Les résultats des évaluations économiques détaillées précédemment peuvent être utilisés dans des analyses coût-bénéfice. Ces évaluations ont été jusqu'à présent menées à deux principales échelles :

- à l'échelle des aires d'alimentation de captages, afin de comparer d'un point de vue économique l'intérêt de mettre en place des actions de prévention des pollutions plutôt que des actions palliatives (substitution par une autre ressource) ou curatives (traitement) ;
- à l'échelle des masses d'eau ou groupes de masses d'eau, afin de justifier d'un point de vue économique une éventuelle dérogation de délai ou d'objectifs par rapport aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau.

#### **4.3.1. A l'échelle des aires d'alimentation de captage**

A l'échelle des aires d'alimentation de captages, plusieurs études ont comparé le coût des actions préventives et leurs bénéfices, via l'évaluation des coûts évités des solutions curatives (essentiellement les coûts de traitement). Les exemples des villes de New York et de Munich sont classiquement cités à ce sujet :

- la ville de New York a décidé à la fin des années 1990 d'investir 1,4 milliards de dollars (soit une dépense annuelle totale de \$56 millions) pour restaurer un bassin versant de 32000 hectares (soit 1875\$/ha/an, ou 0,02\$/m<sup>3</sup>), plutôt que de mettre en place une installation de traitement d'un coût 3 à 4 fois supérieur (dépense annuelle estimée à 460-540 millions\$/an) ;
- la ville de Munich s'est engagée dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle dans une politique d'acquisition foncière sur son bassin versant et d'incitation à la mise en place de bonnes pratiques agricoles et forestières. Le service d'eau de la municipalité alimente 1,3 million d'habitants sans aucun traitement préalable, avec une teneur en nitrates de 12 mg/l en décroissance. Les actions de prévention mises en œuvre reposent principalement sur des incitations à la conversion et au maintien de l'agriculture biologique. Pour cela, la ville de Munich a proposé aux agriculteurs de la zone d'influence un paiement de 230 €/ha/an les 6 premières années puis de 230 €/ha/an pour les 12 années suivantes. Ces paiements s'additionnent aux subventions européennes dans le cadre des MAE, à la hauteur de 250 €/ha/an. L'augmentation du prix de l'eau pour le consommateur du fait des mesures préventives a été estimé à 0,005€/m<sup>3</sup>, alors que les coûts de mise en place d'un traitement étaient estimés à 0,23€/m<sup>3</sup> ;
- le WWF (2012) a réalisé le même type de comparaison pour l'alimentation en eau potable de la ville de Lons le Saunier à partir de la nappe de Bletterans en amont de Villevieux ainsi que pour différentes aires d'alimentation en eau potable de la ville de Paris. Cette étude montre l'intérêt économique des actions préventives par rapport aux actions curatives, et préconise d'utiliser un taux d'actualisation nul voire négatif ;
- l'AESN (2011) a conduit une étude spécifique sur la comparaison des coûts du préventif et du curatif sur 21 cas d'études situés sur le bassin Seine-Normandie. L'étude de l'AESN conclue sur le fait que les solutions préventives sont moins coûteuses que les choix curatifs, lorsque seuls les coûts supportés par les services d'eau potable sont considérés, notamment si une politique préventive est mise en œuvre avant la dégradation des eaux (dans le cas contraire, la collectivité doit supporter à la fois les coûts de la reconquête de la qualité de la ressource et les coûts liés à la dégradation de la qualité de l'eau potable). Lorsque l'analyse est menée du point de vue de la société dans son ensemble, le coût du préventif est inférieur au coût du curatif dans la moitié des cas étudiés, et notamment lorsque le ratio SAU/volume d'eau est faible.

#### **4.3.2. A l'échelle de masses d'eau ou de groupes de masses d'eau**

A l'échelle de masses d'eau ou de groupes de masses d'eau, plusieurs exercices de comparaison des coûts et des bénéfices de la préservation des eaux souterraines ont également été conduits. Ces travaux se sont inscrits dans le contexte de la préparation de la

directive fille sur les eaux souterraines ainsi que dans le contexte de la justification de dérogations à l'atteinte du bon état pour la Directive Cadre sur l'Eau. A cette échelle, les valeurs issues des évaluations contingentes sont en général mobilisées, en complément ou à la place des coûts évités pour le secteur de l'eau potable :

- Devaux (2008) propose une analyse coût-bénéfice globale pour les 31 masses d'eau souterraines avec demande de dérogation de délai pour l'atteinte du bon état. Les bénéfices ont été divisés en deux composantes : (i) les bénéfices « marchands », évalués comme les coûts évités de traitement en cas d'amélioration de la qualité de l'eau et (ii) les bénéfices « non marchands » évalués en transférant les résultats de l'évaluation contingente menée sur la nappe de la craie de l'Artois (Chegrani, 2009). L'analyse montre que les coûts des actions qu'il serait nécessaire de mettre en œuvre pour atteindre le bon état d'ici 2015 sont près de deux fois supérieurs aux bénéfices attendus, justifiant ainsi la demande de dérogation de délai pour ces masses d'eau ;
- cinq analyses coût-bénéfice ont été réalisées en 2006 dans le cadre du projet européen BRIDGE. Les bénéfices ont été évalués sur la base de la réalisation d'une évaluation contingente sur chaque cas d'étude. Les coûts correspondent aux coûts des programmes d'actions les plus coût-efficaces pour atteindre le bon état. Les résultats sont assez contrastés et montrent que l'atteinte du bon état ne se justifie pas toujours d'un point de vue économique : les bénéfices nets sont négatifs pour les cas d'étude slovénien (Strosser and Bouscasse, 2006) et portugais (Miraldo Ordens *et al.*, 2006), largement positifs en Lettonie (Pakalniete *et al.*, 2006) et variables selon l'objectif de qualité à atteindre dans les cas français (Rinaudo and Aulong, 2006) et néerlandais (Brouwer *et al.*, 2006). Dans ces deux derniers cas, l'atteinte d'une qualité des eaux souterraines respectant les normes eau potable se justifie d'un point de vue économique, contrairement à l'atteinte d'une qualité naturelle. Les auteurs expliquent ces différences selon plusieurs raisons : le délai nécessaire à l'atteinte du bon état, la densité de population et l'importance des usages directs de la ressource sont différents d'un aquifère à l'autre ;
- Hérivaux *et al.* (2013) a développé une évaluation économique couplée à l'utilisation d'un modèle hydrogéologique pour évaluer les coûts et les bénéfices liés à la lutte contre la pollution par les nitrates sur la nappe de l'Hesbaye en Belgique. Cette nappe est caractérisée par une inertie importante, est située sous l'une des zones agricoles les plus productives de la Région Wallonne et alimente en eau potable la ville de Liège et ses environs. Les résultats montrent que les objectifs d'atteinte du bon état d'ici 2027 au plus tard ne permettent pas de dégager un bénéfice net positif pour la société, et qu'il serait préférable de mettre en œuvre un programme d'actions un peu moins exigeant (et moins coûteux) permettant d'atteindre le bon état d'ici 2040. En cas d'utilisation d'un taux d'actualisation nul cependant, la mise en œuvre d'un programme d'actions permettant l'atteinte du bon état d'ici 2027 peut être argumentée d'un point de vue économique.

#### 4.3.3. Les facteurs clés influençant les résultats d'une analyse coût-bénéfice

Les exemples précédents illustrent que, selon les contextes locaux, les évaluations économiques des bénéfices basées ne permettent pas toujours d'argumenter en faveur de la préservation des ressources en eau souterraine. Ainsi, il faut rester prudent dans l'utilisation des résultats d'une évaluation menée dans un contexte spécifique pour les transférer dans un autre contexte. En effet, le contexte local a une influence déterminante sur les résultats des analyses coût-bénéfice. Celui-ci influence bien sûr le coût unitaire des actions à mettre en œuvre (souvent exprimés en €/ha/an) ainsi que les valeurs unitaires des bénéfices (exprimés en €/m<sup>3</sup> ou en €/ménage/an). Mais, pour un même coût d'action à mettre en œuvre et un même bénéfice unitaire, les résultats seront également très fortement influencés par :

- le volume produit par unité de surface à préserver ;
- le nombre de ménages par unité de surface à préserver ;
- le temps de réponse du milieu naturel (le délai entre les coûts et les bénéfices des actions).

### **Volume produit par unité de superficie à préserver**

Dans un contexte d'aire d'alimentation de captage avec pollution diffuse des eaux souterraines par les nitrates et les pesticides, sans prendre en compte le délai nécessaire pour qu'une action soit efficace, on peut en effet savoir assez rapidement si une approche par les coûts évités de traitement sera suffisante pour argumenter en faveur d'une préservation des eaux souterraines. La Figure 9 illustre la manière dont une fourchette de bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines (exprimés en €/ha/an) peut être obtenue à partir du volume produit par unité de superficie préservée et des hypothèses de coûts évités unitaires. Ainsi, pour un bassin versant permettant de produire en moyenne 3000 m<sup>3</sup> par hectare, et pour des coûts évités évalués entre 0,20 et 0,30 €/m<sup>3</sup>, les bénéfices attendus sont de l'ordre de 600 à 900 €/ha/an. D'un point de vue économique, une approche par les coûts évités ne permettra donc pas de justifier sur ce bassin des actions de préservation dont le coût serait supérieur à 900 €/ha/an. Attention cependant, cette analyse très simplifiée<sup>14</sup> permet un premier « dégrossissage » et ne saurait se substituer à une analyse économique précise basée sur des données recueillies localement.

Les différents bassins évoqués précédemment peuvent être positionnés les uns par rapport aux autres sur cette figure :

- notons que les cas de New York et de Munich, souvent cités en exemple, ont des ratios particulièrement élevés (respectivement 11 930 et 40 000 m<sup>3</sup>/ha de superficie sur lesquelles des actions de préservation ont été mises en œuvre). Sur ces bassins, une approche simplifiée par les coûts évités avec une hypothèse de coûts de traitement de 0,20 €/m<sup>3</sup> permet de justifier des actions de préservation d'un montant moyen de 2400 €/ha/an (New York) à 8000 €/ha/an (Munich) ;
- à l'opposé, la nappe de l'Hesbaye a un ratio de 727 m<sup>3</sup>/ha de SAU. Dans ce contexte, une approche par les coûts évités avec une hypothèse de coûts de traitement de 0,20 €/m<sup>3</sup> permettrait d'argumenter en faveur d'actions de préservation de l'ordre de 120 €/ha/an, montant qui n'est pas suffisamment incitatif pour des changements de pratiques dans le contexte agricole local (Hérivaux *et al.*, 2013) ;
- la comparaison avec le cas du bassin de Vittel est intéressante : le ratio est du même ordre de grandeur, avec 646 m<sup>3</sup> par hectare de SAU préservée. Les actions de préservation mises en œuvre par la Société Générale des Eaux Minérales de Vittel (SGEMV) ont un coût moyen de 980 €/ha/an, qui se justifie d'un point de vue économique par le maintien de la possibilité de produire près de 2,2 millions de m<sup>3</sup> d'eau minérale chaque année. La Figure 9 illustre bien que de telles actions n'auraient pu être justifiées d'un point de vue économique par une évaluation des coûts évités sur une AAC qui auraient les mêmes caractéristiques.

---

<sup>14</sup> Cette analyse simplifiée fait notamment l'hypothèse que les actions sont suffisamment efficaces pour restaurer le bon état, et ne considère pas le délai nécessaire à l'amélioration de la qualité.

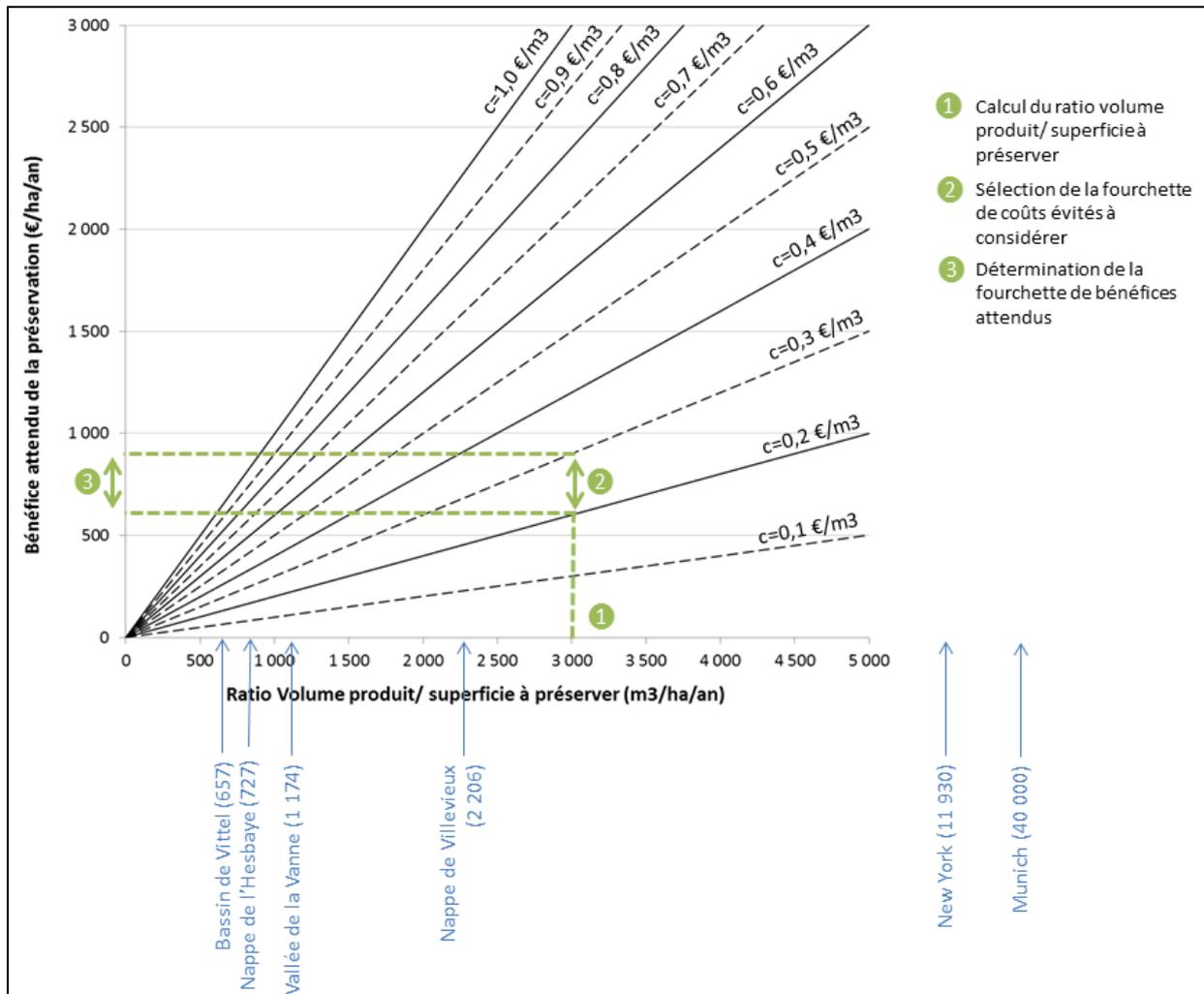


Figure 9. Influence du ratio volume produit par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines

### Nombre de ménages bénéficiaires par unité de superficie à préserver

Lorsque les valeurs issues des évaluations contingentes sont utilisées, le ratio clé des résultats de l'analyse coût-bénéfice est alors le ratio nombre de ménages bénéficiaires par unité de superficie à préserver. La méthode d'évaluation du nombre de ménages bénéficiaire est alors déterminante : selon si on considère les ménages bénéficiaires comme les ménages situés sur la masse d'eau ou également les ménages alimentés en eau potable par la masse d'eau, le ratio peut être très différent.

Selon la même logique que la Figure 9, la Figure 10 illustre la détermination de fourchettes de bénéfices attendus à partir du nombre de ménages par superficie à préserver et des hypothèses de CAP retenues, et positionne quelques exemples d'évaluations.

- le CAP moyen pour l'amélioration de la qualité des eaux souterraines du bassin de l'Escaut aux Pays-Bas est de 36 à 84 €<sub>2013</sub>/ménage/an, pour une population bénéficiaire estimée à 373 000 habitants. La SAU est de 134 000 ha, soit un ratio de 1,2 ménages/ha de SAU. Ces valeurs annuelles de CAP permettent de justifier économiquement un coût moyen de préservation de 43 à 101 €<sub>2013</sub>/ha/an, ce qui correspond à certains scénarios d'action proposés par Brouwer *et al.* (2006) ;

- sur la nappe de l'Hesbaye, en région Wallonne, le CAP moyen a été estimé par transfert de bénéfice à 34-52 €/ménage/an. La SAU est de 27 500 ha et la population bénéficiaire est estimée à 220 000 habitants, soit un ratio de 3 ménages par hectare de SAU. Ces valeurs annuelles de CAP permettent de justifier un coût moyen de préservation allant jusqu'à 118-181 €/ha/an, valeurs inférieures aux estimations des coûts des programmes d'action situés entre 331 et 538 €/ha/an (Hérivaux *et al.*, 2013) ;
- en Slovénie, l'étude de cas de l'aquifère du Krška kotlina (Strosser and Bouscasse, 2006) évalue les scénarios d'action entre 202 et 4833 €/ha. Environ 5000 habitants sont situés sur l'aquifère, pour une superficie de 9000 ha, soit un ratio de 0,2 ménage/ha. Si on considère uniquement la population située sur la nappe, pour un CAP estimé entre 120 et 222 €/ménage/an, les actions de préservation peuvent être justifiées d'un point de vue économique si leur montant est inférieur à 24-44 €/ha/an.

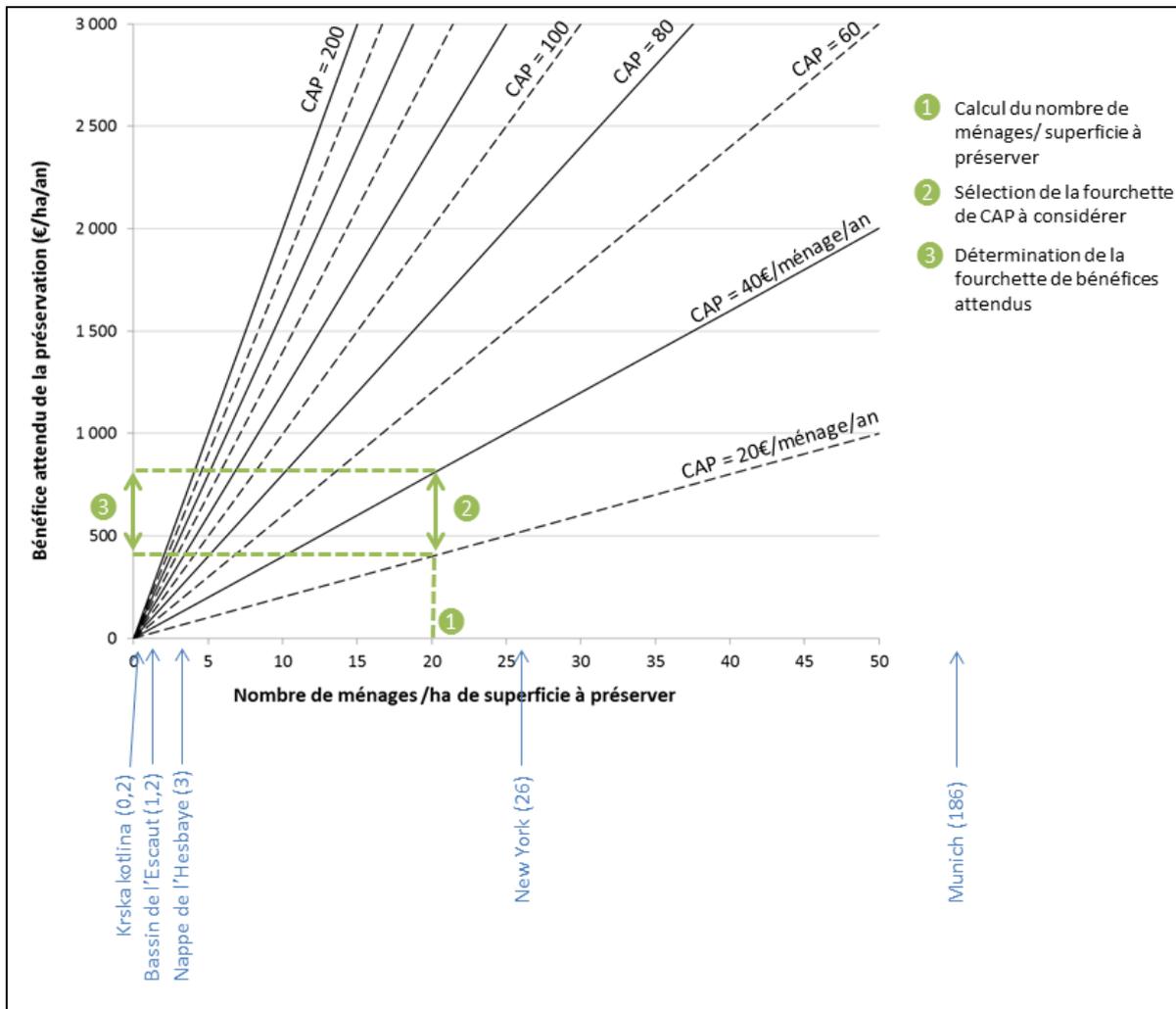


Figure 10. Influence du nombre de ménages par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines

L'estimation des ratios volume produit et nombre de ménages par hectare de superficie à préserver permet donc de déceler rapidement les contextes dans lesquels des approches par les coûts évités de traitement ou par le CAP des ménages ne seront pas suffisantes pour argumenter en faveur de la préservation. Ces exemples illustrent également l'influence très importante de l'échelle à laquelle la comparaison des coûts et des bénéfices est conduite. Une évaluation conduite à l'échelle d'une AAC aura des ratios nombre de ménages bénéficiaires/ superficie à préserver plus importants (surface à préserver réduite,

bénéficiaires de l'alimentation en eau potable – en général situés en dehors de l'AAC - potentiellement nombreux) qu'une évaluation conduite à l'échelle d'une masse d'eau (surface à préserver importante, nombre de bénéficiaires fonction de la densité de population si pas d'usage eau potable).

**Temps de réponse**

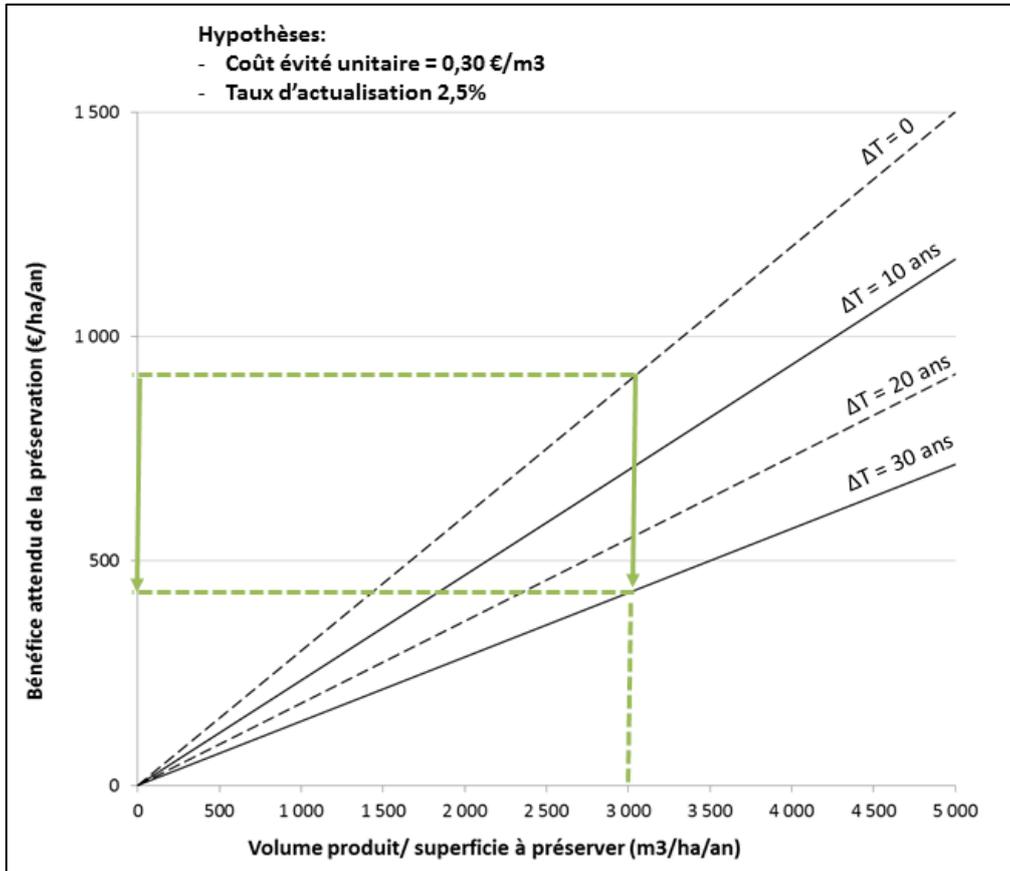


Figure 11. Influence du temps de réponse sur la valeur des bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines

L'analyse précédente est cependant partielle puisqu'elle n'intègre pas, notamment, le délai nécessaire pour que les actions soient efficaces et donc l'effet de l'actualisation. La prise en compte de ce délai (variable selon les contextes) entre les coûts et les bénéfices, et l'utilisation du taux d'actualisation amènent en effet à diminuer les fourchettes de bénéfices attendus de la préservation. La Figure 11 illustre cette influence. Pour un bassin permettant de produire en moyenne 3000 m3/ha et des coûts évités de traitement estimés à 0,30 €/m3, les bénéfices attendus de la préservation sont estimés à 900 €/ha/an, si ceux-ci sont immédiats. Si on considère un délai de 30 ans entre la mise en œuvre des actions de préservation et l'apparition des bénéfices, avec une hypothèse de taux d'actualisation de 2,5%<sup>15</sup>, les bénéfices attendus ne sont plus que de 429 €/ha/an<sup>16</sup>, et ne permettent plus de justifier les mêmes ordres de grandeur de coûts d'action de préservation. Le temps de réponse de l'aquifère est donc très important à considérer dans l'analyse économique. De même, les hypothèses de taux d'actualisation considérées doivent être clairement explicitées dans la démarche de l'évaluation.

<sup>15</sup> Taux de base préconisé par CGSP (2013)

<sup>16</sup> 429 = 900 / (1 + 2,5%)<sup>30</sup>

## **4.4. BILAN**

### **4.4.1. Des fourchettes de valeurs de bénéfices pour une première analyse**

De nombreux travaux se sont intéressés à l'évaluation des bénéfices de la préservation des eaux souterraines. Ils utilisent principalement deux types de méthodes : les coûts évités de traitement et l'évaluation contingente. Les valeurs de bénéfices obtenues sont très variables selon les contextes hydrogéologiques mais également économiques. Les bénéfices obtenus par la méthode des coûts évités pour les services d'eau potable sont situés entre 0,02 et 1,02 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup>. Les consentements à payer obtenus pour préserver les ressources en eau souterraines par la méthode de l'évaluation contingente en Europe sont situés entre 27 et 264 €<sub>2013</sub>/ménage/an. Si ces fourchettes de valeurs de bénéfices sont utilisées dans des analyses coût-bénéfice, les résultats de la comparaison seront très influencés par le volume d'eau potable produit par unité de surface à préserver, par le nombre de ménages par unité de surface à préserver, ainsi que par le temps de réponse du milieu naturel et le taux d'actualisation choisi. Une première analyse très simplifiée à partir de ces ratios permet de déceler très rapidement les bassins pour lesquels un argumentaire économique en faveur de la préservation risque d'être insuffisant ou plus complexe à développer.

### **4.4.2. Une difficile appropriation des valeurs**

Les questions clés issues des entretiens auprès des acteurs concernés par la préservation des eaux souterraines ont clairement fait ressortir le besoin d'identifier et de caractériser les bénéfices liés à la préservation. Cependant, dans la pratique, l'appropriation par les acteurs des valeurs issues des évaluations économiques semble plutôt faible, notamment du fait d'une mauvaise compréhension de ces valeurs (surtout lorsqu'elles sont issues d'une évaluation contingente). L'une des recommandations issue du séminaire sur la monétarisation organisé par le CGDD en 2012<sup>17</sup> était de mieux expliquer dans un premier temps les bénéfices associés à la préservation des écosystèmes aux parties prenantes, et de travailler en amont des évaluations économiques avec la population/ les parties prenantes pour s'assurer une bonne compréhension de ces bénéfices, avant de chercher à les monétariser. Les travaux du Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) ont notamment été réalisés dans cet objectif, et ont conduit à proposer une analyse des bénéfices associés à la préservation des écosystèmes selon les types des services écosystémiques produits.

### **4.4.3. Des approches non adaptées pour argumenter en faveur de la préservation des zones de sauvegarde encore non exploitées ?**

Les exemples présentés précédemment illustrent les limites des approches économiques telles qu'elles sont mises en œuvre aujourd'hui pour argumenter en faveur de la préservation de ressources en eau souterraines pour des usages potentiels futurs lorsque la ressource n'est pas utilisée aujourd'hui (ratio « volume d'eau potable produit par unité de surface à préserver » nul), qu'elle a un temps de réponse plutôt long et qu'elle est située dans une zone de faible densité de population (ratio « nombre de ménages par unité de surface à préserver » faible). De ce fait, les évaluations économiques telles qu'elles ont été classiquement utilisées jusqu'à aujourd'hui risquent de ne pas être suffisantes pour argumenter en faveur de la préservation des zones de sauvegarde. Deux pistes d'amélioration de ces méthodes nous semblent intéressantes pour les zones de sauvegarde:

---

<sup>17</sup> Monétarisation des biens et services environnementaux : Quelles utilisations pour les politiques publiques et les décisions privées ? Le 13 décembre 2012, Paris.

- **intégrer la valeur d'option.** La valeur d'option est une composante de la valeur économique totale, située entre la valeur d'usage et la valeur de non usage, qui reflète la valeur liée à la préservation de la ressource pour le futur. Différentes interprétations peuvent être données : surcroît de valeur attribué aux options qui ne diminuent pas les possibilités futures de choix, valeur d'usage futur incertain, ou encore prime d'assurance que les agents consentiraient à payer pour diminuer les conséquences possibles de la réalisation de risques potentiels. Cette composante est en général peu ou mal abordée dans les évaluations économiques, ce qui peut conduire à sous-estimer les bénéfices de la préservation ;
- **considérer les services écosystémiques associés aux zones préservées.** Les exemples précédents montrent que, jusqu'à présent, les évaluations économiques sont restées très « sectorisées » par type de bien environnemental. Cependant, les bénéfices attendus de la mise en place d'actions de préservation des eaux souterraines dépassent en général les seuls bénéfices associés directement aux eaux souterraines. Grønvald *et al.* (2008) ont par exemple intégré différents types de bénéfices environnementaux dans l'analyse coût-efficacité de programmes d'action visant à réduire les pollutions diffuses des eaux souterraines. Maintenir en place une forêt ou une prairie permanente peut en effet délivrer toute une diversité de bénéfices qui dépassent le seul bénéfice associé à une bonne qualité des eaux souterraines. Les travaux du CAS (2009) ont par exemple conduit à proposer une valeur moyenne de 970 €/ha/an (fourchette de 500 à plus de 2000 €/ha/an) pour les différents bénéfices associés à la forêt française, en utilisant une approche par services écosystémiques. Parmi l'ensemble des services évalués, le service de régulation de la qualité de l'eau est estimé à 90 €/ha/an, soit moins de 10% de la valeur de l'ensemble des services. Une première esquisse d'évaluation similaire pour les prairies permanentes françaises conduit à une valeur moyenne d'environ 600 €/ha/an, dont 90 €/ha/an (15%) pour le service de régulation de la qualité des eaux. De même, les travaux menés par Bouscasse *et al.* (2011, 2012a, 2012b) sur l'évaluation des services rendus par les zones humides conduisent à des valeurs économiques totales de 1200 à 6700 €/ha/an. La part des services de régulation de la qualité de l'eau dans les VET totales obtenues varient de 14% à 34% selon les sites.



## 5. Proposition de démarches d'évaluation des bénéfices économiques liés à la préservation des eaux souterraines

Ce chapitre présente deux démarches d'évaluation économique particulièrement adaptées aux spécificités liées à l'évaluation des bénéfices économiques fournis par la préservation des eaux souterraines. Ces démarches utilisent les résultats du bilan des méthodes d'évaluation économiques existantes (chapitre 4) dont elles appliquent les conclusions aux deux grands types de situations identifiées lors de l'analyse des questions clés liées à la préservation des eaux souterraines (chapitre 3), à savoir :

- la **reconquête du bon état qualitatif de l'eau** qui implique de **faire évoluer** les usages des sols et les pratiques de manière à les rendre compatibles avec le bon état des eaux souterraines pour l'eau potable ;
- la **préservation des zones de sauvegarde** qui implique de **maintenir en l'état** une occupation des sols et des activités qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines.

### 5.1. PRESENTATION DES DEUX DEMARCHES D'EVALUATION

#### 5.1.1. Démarche d'évaluation des bénéfices liés à la reconquête du bon état des eaux souterraines

Cette démarche s'applique aux zones caractérisées par :

- un usage avéré des ressources en eau pour l'AEP ;
- l'existence de pressions tangibles ;
- une densité de population ou un volume d'eau produit par surface à préserver suffisamment élevé pour que le montant des bénéfices attendus soit supérieur aux coûts de la préservation.

Ces caractéristiques correspondent à celles d'aires d'alimentation de captages et à certaines ZSE. Sur ces zones, il apparaît pertinent de recourir aux **méthodes « classiques » d'évaluation des bénéfices économiques** (coûts évités, préférences déclarées) qui visent à évaluer les valeurs d'usages (direct et indirect), et éventuellement de non-usage, des eaux souterraines.

Ces méthodes ont été décrites en détail dans le chapitre 4. La section 5.3 présente un exemple d'application de la méthode des coûts évités à l'évaluation des bénéfices générés par la préservation d'une ressource en eau souterraine sur une ZSE.

#### 5.1.2. Démarche d'évaluation des bénéfices liés à la préservation des zones de sauvegarde

Le bilan des méthodes d'évaluation économiques existantes (chapitre 4) a montré que les méthodes « classiques » ne sont pas adaptées aux zones de sauvegarde. Pour évaluer les bénéfices associés à leur préservation, il est nécessaire de recourir à une démarche plus globale consistant à **quantifier l'ensemble des bénéfices fournis par la préservation des eaux souterraines sur un territoire**. Cette démarche d'évaluation a la particularité de ne

pas s'intéresser uniquement aux bénéfices liés à la ressource en eau souterraine en tant que telle, mais de considérer comme des bénéfices l'ensemble des services délivrés par les écosystèmes présents sur la zone à préserver, et compatibles avec un bon état de la ressource en eau souterraine.

Ce type de méthode est particulièrement adapté aux zones caractérisées par :

- la présence de ressources en eau de bonne qualité ;
- un usage pour l'AEP faible ou inexistant.

Ces caractéristiques correspondent à celles des zones de sauvegarde (ZSE et ZSNEA) qui peuvent être considérées comme une mosaïque d'écosystèmes (forêts, prairies, zones cultivées) fournissant toute une diversité de services aux populations de ce territoire (mais également au-delà), sans que les gestionnaires ou la population n'en ai nécessairement conscience.

Basée sur le concept des services écosystémiques, cette démarche consiste à identifier, caractériser et évaluer l'ensemble des bénéfices fournis par les services rendus par la préservation d'une zone de sauvegarde.

Le MEA (2005) a proposé une classification des services écosystémiques qui peut être utilisée pour identifier et caractériser les services écosystémiques fournis par la préservation d'un territoire. Cette classification, qui a été développée en vue d'améliorer la prise de conscience par le grand public et les décideurs des différents types de services rendus par les écosystèmes à la société, nous semble en effet tout à fait adaptée aux objectifs du projet. Le MEA distingue quatre types de services (Figure 12) :

- les **services d'approvisionnement** ou de prélèvement qui conduisent à des biens « appropriables » (aliments, matériaux et fibres, eau douce, bioénergies), que ces biens soient autoconsommés, troqués ou mis en marché ;
- les **services de régulation** c'est-à-dire la capacité à moduler dans un sens favorable à l'homme des phénomènes comme le climat, l'occurrence et l'ampleur des maladies ou différents aspects du cycle de l'eau (crues, étiages, qualité physico-chimique), ou à protéger d'événements catastrophiques (cyclones, tsunamis, pluies diluviennes). Contrairement aux services d'approvisionnement, ces services sont généralement non appropriables et ont plutôt un statut de bien public ;
- les **services culturels** c'est-à-dire l'utilisation des écosystèmes à des fins récréatives, esthétiques et spirituelles, ou éducatives ;
- les **services de support ou d'entretien**, non directement utilisés par l'homme mais qui conditionnent le bon fonctionnement des écosystèmes (capacité de recyclage des nutriments, pédogénèse, importance de la production primaire comme premier maillon des chaînes alimentaires, résistance à l'invasion par des espèces étrangères, etc.). Ces services sont garants de l'existence des trois autres catégories de services.

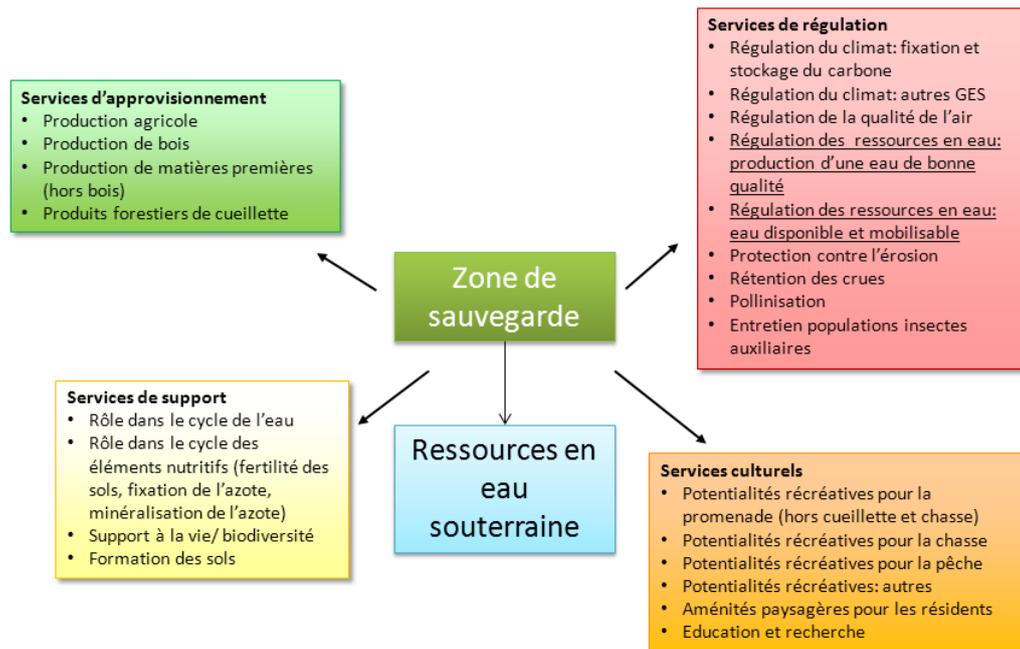


Figure 12. Services écosystémiques associés à une zone de sauvegarde

Les questions qui se posent alors sont les suivantes :

- quels sont les services écosystémiques associés à la préservation (au maintien tel quel) de zones de sauvegarde ?
- qui sont les bénéficiaires du maintien de ces services écosystémiques ?
- ces services écosystémiques sont-ils suffisants pour inciter les acteurs locaux à maintenir les zones de sauvegarde dans leur état actuel ?

La démarche d'évaluation économique proposée consiste à (Figure 13) :

- identifier et caractériser les écosystèmes présents sur le territoire sur lequel sont localisées les ressources en eau souterraines à préserver ;
- identifier les services écosystémiques fournis par ces écosystèmes ;
- caractériser et quantifier ces services écosystémiques à l'aide d'indicateurs (m<sup>3</sup>/an, tCO<sub>2</sub>/an, etc.) ;
- estimer la valeur économique de ces services écosystémiques (par exemple, en fonction du prix de la tonne de CO<sub>2</sub> exprimé en €/tCO<sub>2</sub> et de la quantité de carbone stockée par la forêt exprimée en tCO<sub>2</sub>/ha/an, estimer la valeur du service de fixation du carbone par les forêts en €/ha/an) ;
- agréger les valeurs de chaque service écosystémique en vue d'obtenir la valeur économique de l'ensemble des bénéfices fournis à la société par les écosystèmes.

La section 5.4 présente un exemple d'application cette démarche à l'évaluation des bénéfices générés par la préservation d'une ressource en eau souterraine sur une ZSNEA.

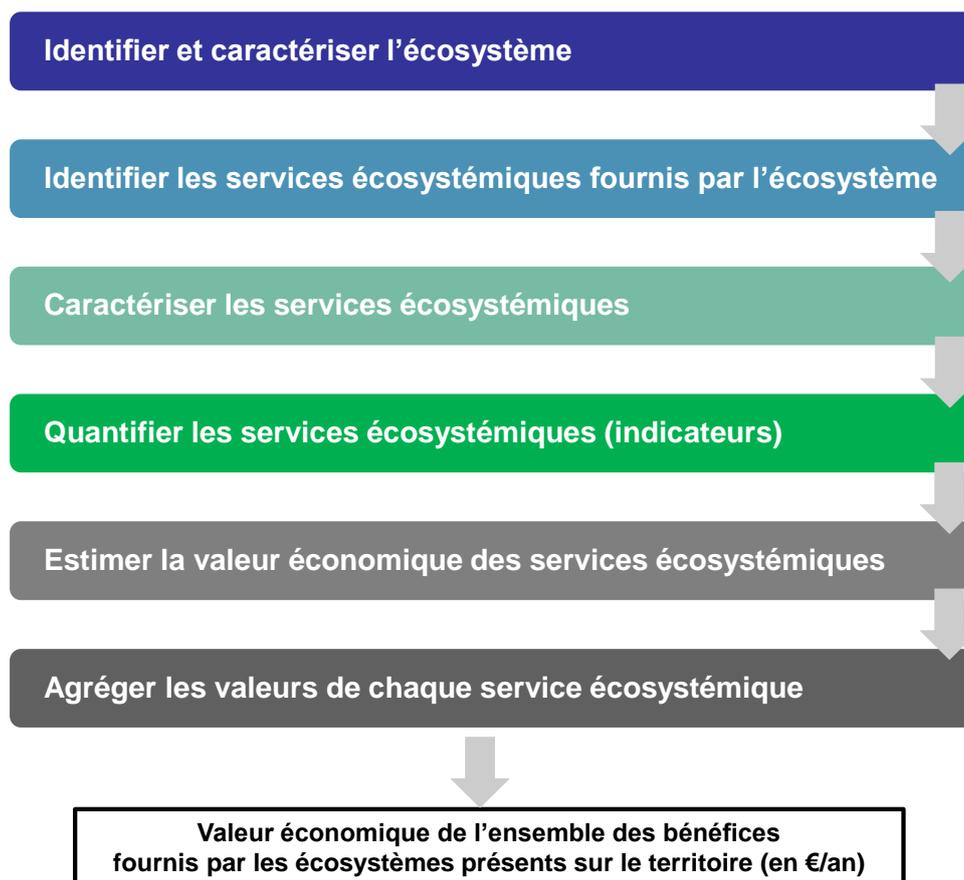


Figure 13. Démarche d'évaluation économique des bénéfices fournis par les zones de sauvegarde

## 5.2. SELECTION DE DEUX ZONES DE SAUVEGARDE PILOTE

Pour illustrer l'intérêt de ces démarches à l'aide de cas concrets, deux zones de sauvegarde ont été sélectionnées en vue d'y appliquer les méthodes d'évaluation décrites précédemment.

Ces zones ont été sélectionnées :

- de façon à ce qu'elles soient représentatives des zones de sauvegarde qui étaient délimitées sur le bassin RM&C au printemps 2013 (Encadré 3) ;
- de façon à ce qu'elles soient représentatives des deux grands types de situations identifiées lors de l'analyse des questions clés liées à la préservation des eaux souterraines (chapitre 3) ;
- suite à des échanges avec les services du siège et les chargés de mission des délégations de l'Agence de l'eau (Montpellier, Lyon, Marseille et Besançon).

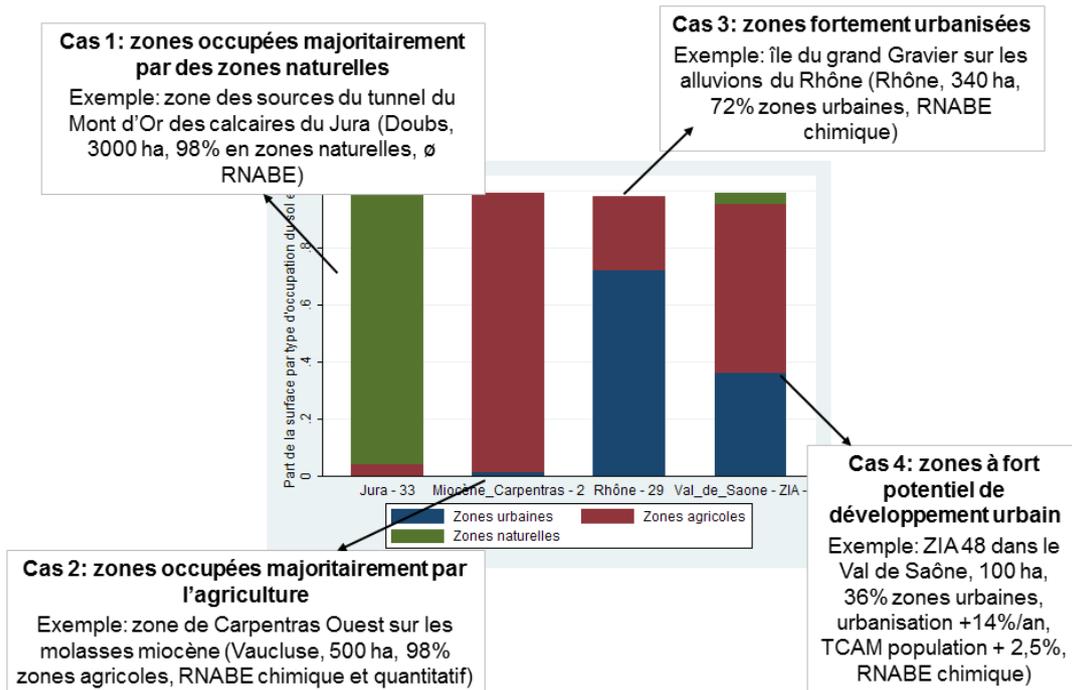
Les deux zones de sauvegarde sélectionnées pour la réalisation d'études de cas sont les suivantes :

- pour l'évaluation des bénéfices économique liés à la reconquête du bon état des eaux souterraines, la **nappe de Dijon Sud** a été sélectionnée en tant que zones représentative des ZSE très urbanisées avec forte pression sur le foncier ;

- pour l'évaluation des bénéfices liés à la préservation des zones de sauvegarde, les **contreforts Nord de la Sainte Baume**, territoire représentatif des ZSNEA occupées majoritairement par les zones naturelles.

### Encadré 3. Types de situations rencontrées sur le bassin RM&C

Une analyse simplifiée de la diversité des situations rencontrées sur 253 zones de sauvegarde (zones délimitées en février 2013) a permis de faire ressortir une diversité importante en termes d'occupation des sols. Les types d'action à mettre en œuvre et les difficultés de mise en œuvre associées seront donc a priori assez différents selon les types d'occupation du sol. Quatre types de situations contrastées ont été identifiés :



**Cas 1 : Les zones sont occupées majoritairement par les zones naturelles**, et ne rencontrent pas de pression particulière. La principale difficulté consistera à maintenir ces zones à l'état naturel, ou à ne permettre l'implantation d'activités humaines que si celles-ci sont compatibles avec la préservation des eaux souterraines. On trouve ces zones principalement sur les calcaires du Jura, mais également sur quelques territoires des alluvions du Rhône et de la Saône (ainsi par exemple les plus faibles taux d'urbanisation sont observés sur des zones des calcaires du Jura, avec prédominance de zones naturelles : zones 1 et 2).

**Cas 2 : Les zones sont occupées majoritairement par l'agriculture**, et soumises à des pressions qualitatives. La principale difficulté consistera à savoir quel type d'activité agricole est compatible avec la préservation de la ressource en eau souterraine (changement de pratiques, de cultures, de systèmes de production ?) et à réussir à mettre en œuvre ces actions. C'est le cas de la nappe de la Vistrenque (Languedoc-Roussillon) par exemple..

**Cas 3 : Les zones sont très urbanisées, avec une pression sur le foncier très importante** (et une pression quantitative sur la ressource en eau souterraine qui peut devenir forte). La principale difficulté consistera à limiter le développement urbain et l'implantation de nouvelles activités économiques, sauf si celles-ci sont compatibles avec la préservation de la ressource en eau. C'est le cas de manière générale à proximité des grandes villes (Nice et Avignon par exemple)..

**Cas 4 : Les zones à fort potentiel de développement urbain**

### 5.3. ETUDE DE CAS APPLIQUEE A L'EVALUATION DES BENEFICES LIES A LA RECONQUETE DU BON ETAT QUALITATIF DE LA NAPPE DE DIJON SUD

#### 5.3.1. Présentation de la zone de sauvegarde de la nappe de dijon sud

##### a) Description de la nappe (Source : InterCLE, 2012)

La nappe de Dijon Sud est située dans le département de Côte d'Or (Bourgogne), au sud de Dijon. Elle s'étend depuis la moitié sud-ouest de Dijon vers le sud-est sur près de 18 km. Sa largeur varie de 2 km au niveau de Dijon à plus de 6 km entre Gevrey-Chambertin et Fénay, pour une surface d'environ 45 km<sup>2</sup>. Son périmètre recoupe les bassins versants de l'Ouche et de la Vouge, appartenant au bassin Rhône Méditerranée, et concerne 17 communes (Figure 14).

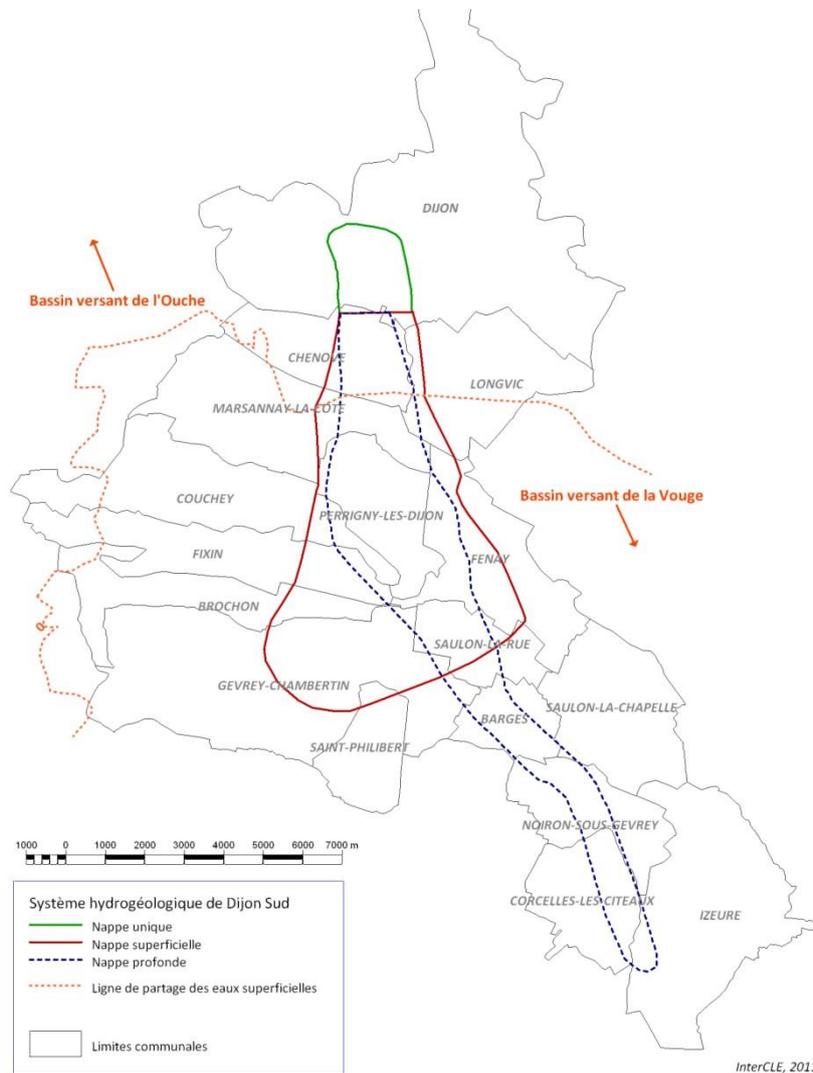


Figure 14. Situation géographique de la nappe de Dijon sud

Le système aquifère contenant la nappe de Dijon sud résulte d'un surcreusement des marnes oligocènes par l'ancien cours d'eau de l'Ouche, puis de son remblaiement par des sables et des cailloutis calcaires. Ces alluvions se sont déposées en deux phases de sédimentation fluviale et forment deux aquifères superposés séparés par un horizon argileux intermédiaire. :

- l'aquifère profond est constitué de graviers. Il a la forme d'une gouttière de 1 à 3 km de large et d'au moins 18 km de long. Son épaisseur croît du nord (20 m à Chenôve) au sud

(60 m à Noiron sous Gevrey). La nappe est semi-captive à captive, sous l'horizon argileux intermédiaire la séparant localement de la nappe superficielle ;

- l'aquifère superficiel est également constitué de graviers. Il s'étend sur une longueur de 12 km et une largeur maximale de 6km à son extrémité avale. Son épaisseur est de 20 à 25 m au nord (Chenôve), 35 m au centre (Marsannay-la-Côte). La nappe superficielle qui l'occupe est libre. Les sources qui alimentent la Cent Fonts et les étangs de Satenay constituent les exutoires naturels de la nappe superficielle.

La particularité hydrogéologique de la nappe est ce passage d'une nappe superficielle unique en amont de Chenôve à une nappe superficielle et une nappe profonde en aval (Figure 15).

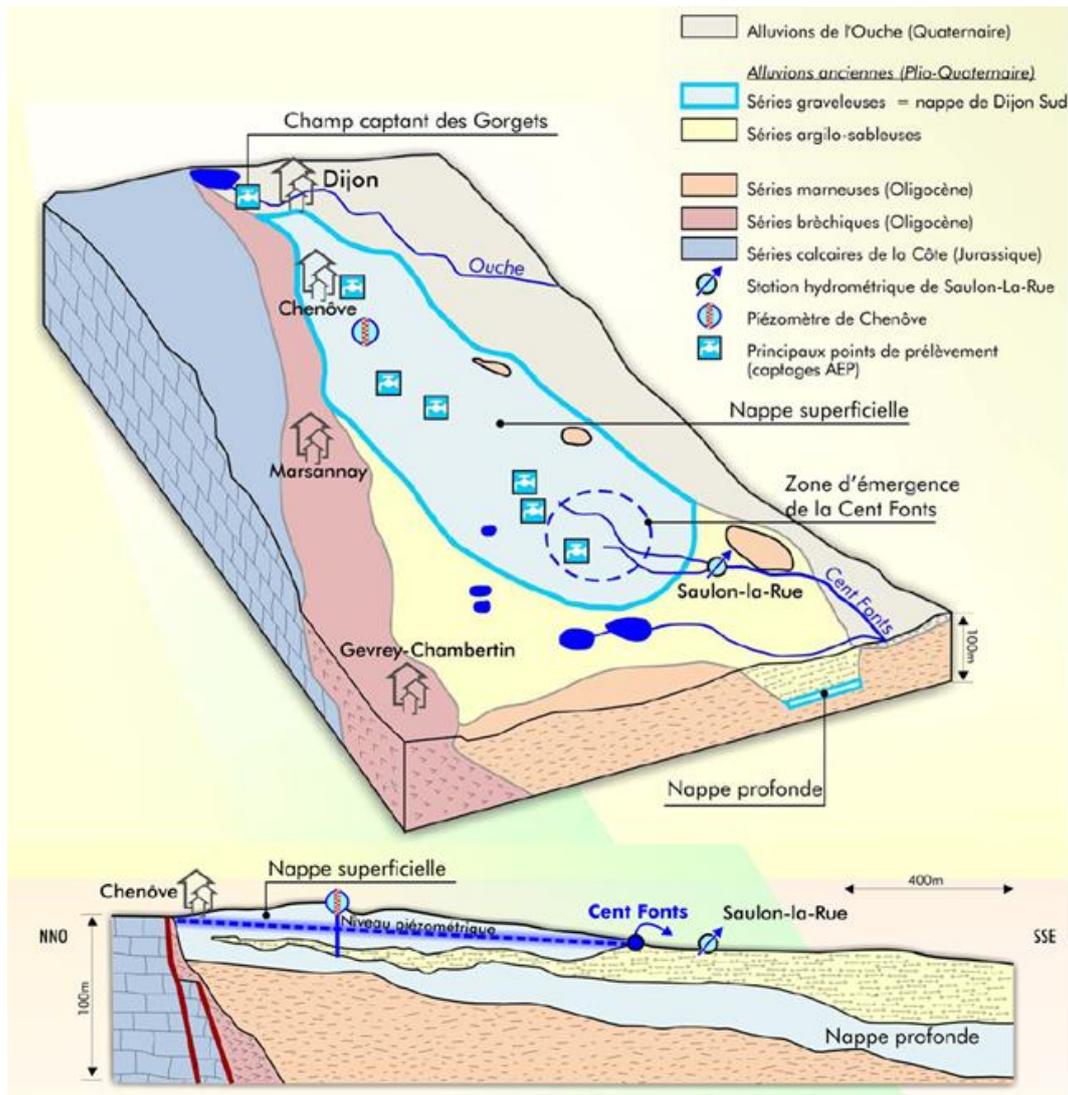


Figure 15. Structure de la nappe de Dijon sud (source : InterCLE)

#### b) Historique de l'exploitation et de la gestion de la nappe

La nappe de Dijon sud a connu plusieurs phases successives d'exploitation et de gestion durant ces cinquante dernières années, résumées ci-dessous (Figure 16).

La nappe est exploitée depuis les **années 1960**, avec le premier forage à Chenôve. En 1967, 735 000 m<sup>3</sup> sont prélevés dans la nappe. Dans les années 1970, son exploitation accompagne le développement économique du sud de Dijon (développement de zones artisanales et industrielles). Les volumes prélevés et le nombre de forages augmentent

rapidement. En parallèle, des investigations géologiques et des suivis sont menés pour améliorer la connaissance de la géométrie et du comportement de la nappe.

**Dans les années 1980**, l'augmentation des prélèvements en nappe continue, la nappe de Dijon sud devient l'unique source d'approvisionnement en eau potable de 22 communes du Sud de l'Agglomération Dijonnaise. Cependant, des dégradations multiples commencent à apparaître (impacts quantitatifs sur le débit de la Cent Fonts, plusieurs accidents de contamination de la nappe). **En 1982** est créé le SMAESAD (Syndicat Mixte d'Alimentation en Eau du Sud de l'Agglomération Dijonnaise), regroupement de 22 communes du Sud de Dijon, première structure en charge d'une gestion cohérente de la nappe. Les principales actions menées visent à améliorer la connaissance du fonctionnement de la nappe. En 1987, 3,6 millions de m<sup>3</sup> sont prélevés dans la nappe. **En 1989**, un contrat de nappe est signé (premier contrat de nappe en France), autour de trois principaux enjeux : (i) amélioration de la connaissance de la nappe et suivi de sa qualité, (ii) sécurisation de l'alimentation en eau potable, (iii) maîtrise des eaux usées et pluviales.

**Dans les années 1990**, seule une partie des actions du contrat de nappe est mise en œuvre, notamment les travaux pour améliorer la connaissance du fonctionnement de la nappe. Un second contrat est en préparation pour la période 1996-2001 mais il ne verra jamais le jour. La succession d'accidents de pollution et l'augmentation des polluants d'origine industrielle et agricole<sup>18</sup> dans la nappe contraignent les collectivités à diminuer constamment les quantités d'eau prélevées à partir de 1993 et à reconsidérer leurs sources d'approvisionnement en achetant de l'eau à la ville de Dijon. A partir de 1996, le SMAESAD assure pendant près de cinq ans un service d'importation d'eau aux fins de mélange, pour assurer la qualité des eaux distribuées. Alors que les prélèvements pour l'alimentation en eau potable (AEP) atteignaient 5,4 millions de m<sup>3</sup> en 1992, ils ne sont plus que de 1,7 millions de m<sup>3</sup> en 2001.

Au début des **années 2000**, malgré une forte volonté du SMAESAD de se concentrer sur une mission de protection de la nappe, peu d'actions concrètes sont mises en œuvre : une étude relative aux orientations stratégiques à l'horizon 2010 est lancée en 2002, un second contrat de nappe ambitieux est préparé en 2003, mais celui-ci ne sera jamais signé et le SMAESAD est dissout en 2005. Les collectivités en charge de la gestion de l'eau potable dans le sud dijonnais et leurs sociétés délégataires mettent alors progressivement en place des actions de reconquête de l'exploitation de la nappe pour l'alimentation en eau potable, avec la création de plusieurs stations de potabilisation des eaux brutes, de stations d'alerte et la réhabilitation des forages d'exploitation. Les prélèvements pour l'AEP en nappe augmentent, et se stabilisent autour de 2,7 millions de m<sup>3</sup> en 2012. En parallèle, une nouvelle dynamique de gestion par bassin et de préservation de la ressource en eau se met en place, avec la création de la Commission Locale de l'Eau (CLE) de la Vouge en 1998, de la CLE de l'Ouche en 2007, et de l'InterCLE Vouge-Ouche en 2009. L'interCLE regroupe les membres des CLE de l'Ouche et de la Vouge, et est chargée de l'élaboration d'un contrat d'objectifs spécifique à la nappe. En réponse à un déséquilibre quantitatif (tendance à la baisse du niveau de la nappe et des débits de la Cents Fonts très faibles en été), la nappe est classée en Zone de Répartition des Eaux (ZRE) depuis 2005, et la détermination des volumes prélevables dans la nappe a été réalisée en 2010-11 (BRLi, 2011).

En résumé, quatre principales phases d'exploitation et de gestion de la nappe peuvent être distinguées (Figure 16) :

---

<sup>18</sup> La localisation massive et ancienne des activités économiques en amont, à l'endroit où la protection de la nappe est la plus mince et où les deux nappes (superficielle et profonde) se rejoignent, entraîne une diffusion en profondeur des agents polluants et leur propagation vers l'aval. Situées plus en aval, les activités agricoles et viticoles sont également source de pollution (Bonardet et al., 2005).

- une phase d'exploitation qui démarre dans les années 1960, avec une forte augmentation des prélèvements dans la ressource, phase qui rencontre ses limites avec des problèmes de pollution et de pressions quantitatives à partir de la fin des années 1980 ;
- une phase d'abandon progressif de l'exploitation de la ressource pour l'AEP entre 1993 et 2004, avec le développement d'interconnexions et l'importation d'autres ressources pour sécuriser la distribution d'eau potable ;
- une phase de reconquête des usages de la nappe en tant que ressource en eau potable depuis le début des années 2000, basée sur des solutions curatives types stations de traitement, stations d'alerte, la réhabilitation d'ouvrages, ainsi que des actions de réduction des rejets polluants ;
- une phase de préservation de la ressource, qui se met progressivement en place, notamment depuis la création de l'InterCLE Vouge Ouche en 2009.

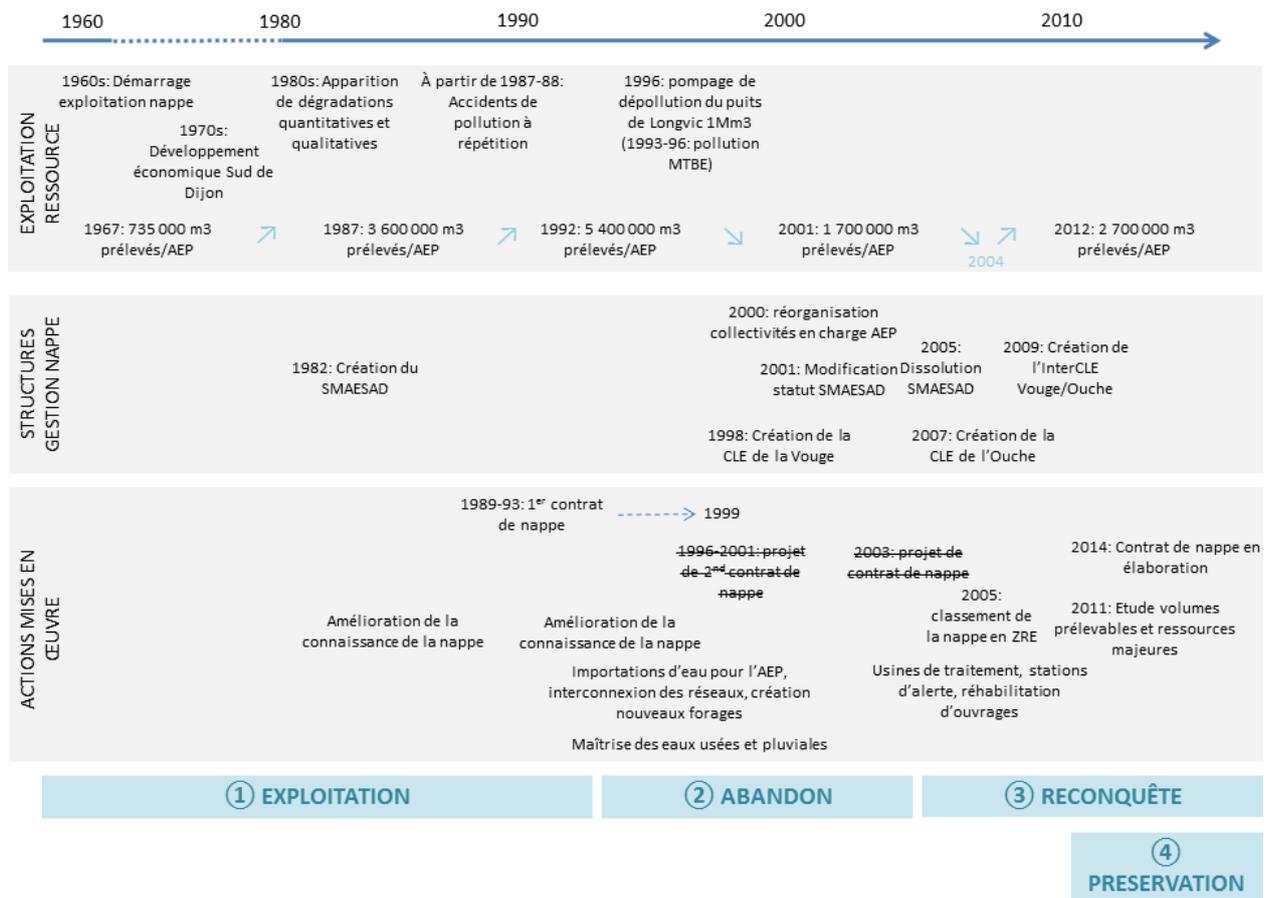


Figure 16. Quatre principales phases dans la gestion et l'exploitation de la nappe de Dijon sud

c) Usages de la nappe et importance de l'AEP

Ces dernières années, les prélèvements AEP sont prédominants (2,7 millions de m3 en 2012) et représentent plus de 90% des prélèvements totaux dans la nappe.

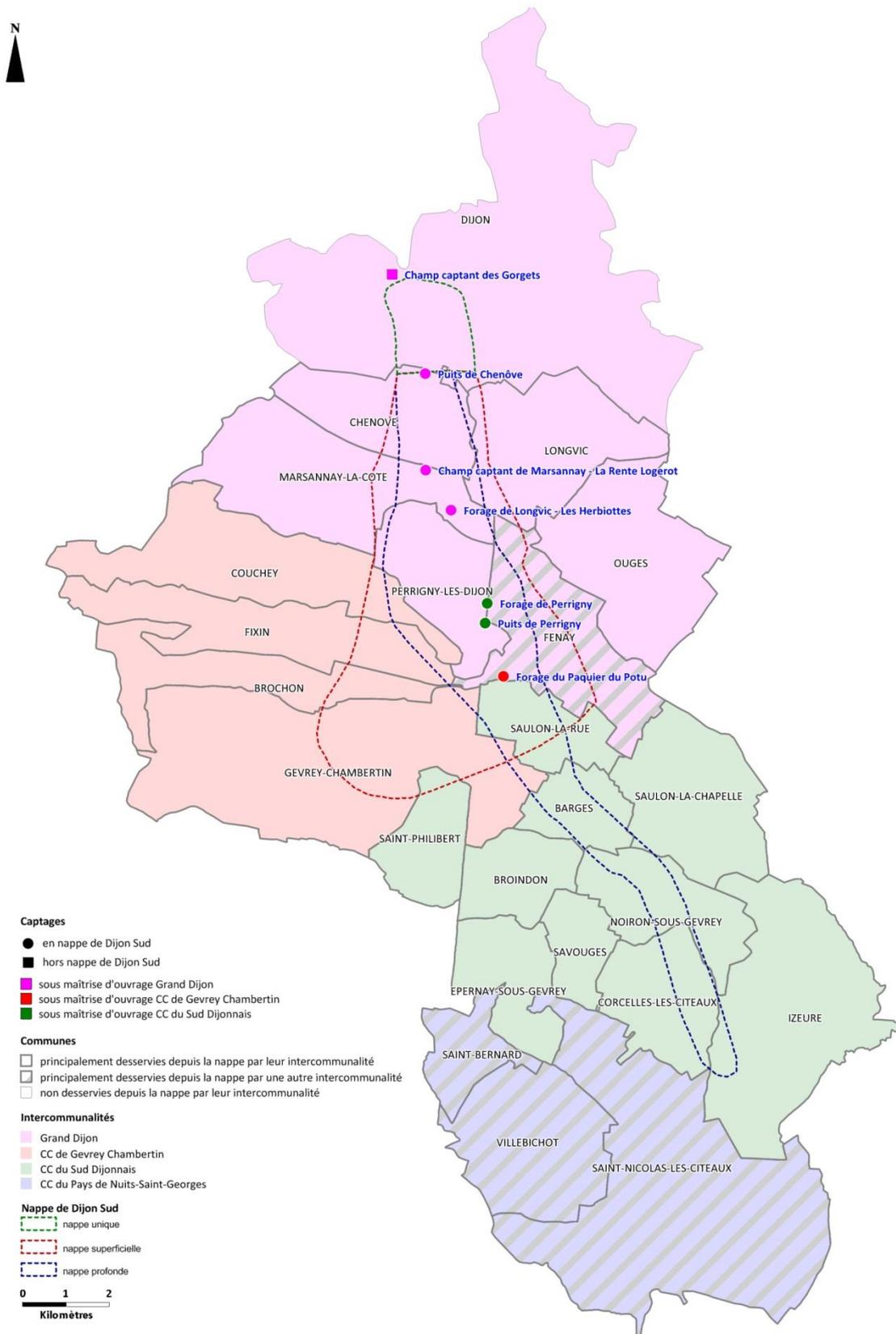


Figure 17. Structures de distribution AEP

La nappe est exploitée par cinq champs captant, comprenant parfois plusieurs puits (Figure 17) :

- le puits de Chenôve, dans la nappe unique superficielle ;
- le champ captant de Marsannay qui compte quatre ouvrages (deux en nappe superficielle, deux en nappe profonde) ;
- le champ captant de Longvic, qui compte deux ouvrages (mais un seul forage exploité dans la nappe profonde) ;
- les captages de Perrigny-lès-Dijon, qui comptent deux ouvrages (un puits dans la nappe superficielle et un forage en nappe profonde) ;
- le forage du Paquier du Potu qui capte la nappe profonde.

Un sixième champ captant (les Gorgets) est situé à la limite nord de la nappe et pompe dans la nappe alluviale de l'Ouche avec une alimentation par le karst bordier. Bien que les prélèvements dans ce champ captant conditionnent en partie l'alimentation de la nappe de Dijon sud (par la nappe alluviale et le karst), il ne prélève pas directement dans la nappe de Dijon sud (InterCLE, 2012) et ne sera donc pas considéré dans la suite de notre analyse.

L'AEP est de compétence intercommunale. Trois collectivités sont maîtres d'ouvrage et assurent l'alimentation d'une vingtaine de communes (Figure 17):

- le **Grand Dijon** gère trois champs captants : Chenôve, Marsannay et Longvic. Les ouvrages et le réseau sont exploités par la Lyonnaise des Eaux (contrat d'affermage). Les volumes prélevés sur ces trois champs captant représentent deux tiers des prélèvements pour l'AEP dans la nappe, mais seulement 8% des volumes totaux prélevés par le Grand Dijon pour l'AEP, d'autres importantes ressources en eau étant également mobilisées ;
- la **Communauté de Communes de Gevrey-Chambertin** exploite en régie le forage du Paquier du Potu (357 000 m<sup>3</sup> prélevés en 2012) et bénéficie d'une interconnexion avec le champ captant de Marsannay. Ses autres ressources correspondent à des sources karstiques (Combe Lavaux) de plus faible productivité ;
- la **Communauté de Communes du Sud Dijonnais** possède un puits et un forage exploités en contrat d'affermage par Veolia sur la commune de Perrigny-lès-Dijon (536 000 m<sup>3</sup> prélevés en 2012) et ne dispose pas d'autre ressource. Les deux ouvrages desservent l'ensemble des neuf communes du Sud Dijonnais, la commune de Féney et trois communes de la CC du Pays de Nuits Saint Georges (qui étaient initialement rattachées au Syndicat de Saulon la Chapelle).

En 2012, le volume brut prélevé dans la nappe pour l'AEP était de 2,67 millions de m<sup>3</sup>. Les prélèvements annuels ont nettement diminué en comparaison avec le début des années 1990 où ils étaient situés entre 4 et 5 millions de m<sup>3</sup> (Figure 18). Cette baisse s'est amorcée à partir de 1993, entrecoupée par une hausse brutale, en 1996, liée au pompage de dépollution du puits de Longvic. Suite aux conclusions de l'étude d'évaluation du volume maximum prélevable (BRLi, 2011), et à la répartition de ce volume entre les différents usages préleveurs par l'InterCLE, le volume maximum prélevable dans la nappe de Dijon sud alloué pour l'AEP a été établi à 3,05 millions de m<sup>3</sup>.

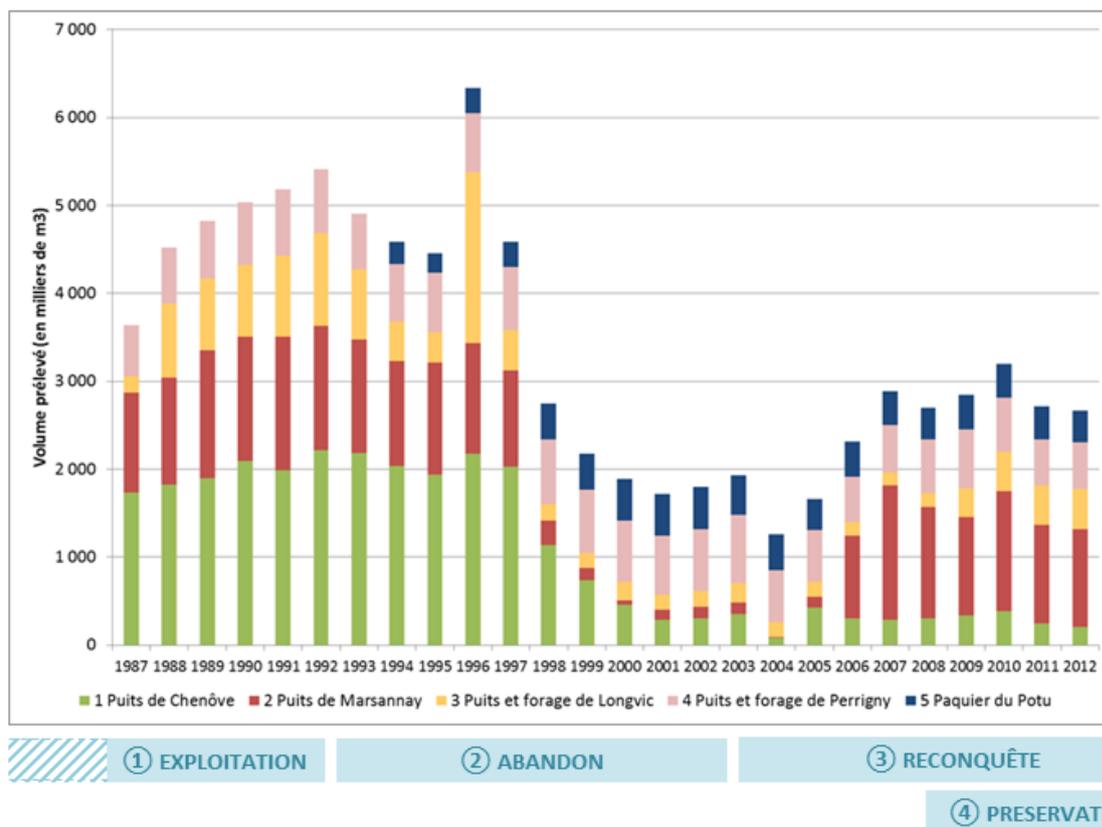


Figure 18. Evolution des prélèvements AEP dans la nappe sur la période 1987-2012 (d'après données InterCLE)

#### d) Importance stratégique de la nappe

La nappe de Dijon Sud a été identifiée comme ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable par le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée. L'étude menée sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat du Bassin Versant de la Vouge par BRLi (2011) sur la délimitation des secteurs stratégiques de la nappe conclue (i) sur la nécessité de considérer les deux horizons de la nappe comme des zones de sauvegarde exploitées (ZSE), dont la dégradation poserait des problèmes immédiats pour les populations qui en dépendent et (ii) sur l'absence de zone de sauvegarde non exploitée actuellement (ZSNEA), en bon état et à forte potentialité. L'étude conclut également sur la nécessité de travailler à une reconquête de la qualité des deux horizons de la nappe à l'échelle de l'aquifère. Plusieurs raisons expliquent l'importance stratégique de la nappe, la nécessité de restaurer sa qualité et de la préserver de toute dégradation future.

**A l'échelle du département**, l'importance stratégique de la nappe s'explique – bien qu'actuellement partiellement polluée – par sa position à proximité d'une agglomération avec de forts besoins et sa capacité à stocker de l'eau de façon pluriannuelle, donc relativement protégée par rapport aux aléas climatiques de l'année (CES Bourgogne, 2003).

**A l'échelle du Grand Dijon**, l'importance stratégique de la nappe s'explique, non pas en importance du volume prélevé ni en qualité des eaux brutes, mais en termes de complémentarité avec les autres ressources en eau utilisées pour l'AEP. Le Grand Dijon prélève environ 21,5 millions de m<sup>3</sup> pour l'AEP à partir de plusieurs ressources (Tableau 4):

- les ressources d'origine karstique (sources de la vallée du Suzon et de la vallée de l'Ouche) sont les plus anciennes ressources exploitées par la ville de Dijon. En 2012, ces sources fournissaient 10,3 millions de m<sup>3</sup> pour l'AEP soit 47% des volumes prélevés par le Grand Dijon. L'eau en provenance de ces ressources n'est pas traitée. Elles se caractérisent par des variations saisonnières importantes en termes de débit et des

étiages pouvant être sévères l'été, ainsi que par des problèmes de turbidité ponctuels en période pluvieuse ;

- les ressources d'origine alluviale (nappe alluviale de la Saône, de l'Ouche) ont commencé à être exploitées à l'entre-deux-guerres, face aux problèmes d'approvisionnement estivaux et aux besoins de l'urbanisation périphérique de la ville de Dijon. En 2012, ces ressources fournissaient 10 millions de m<sup>3</sup> pour l'AEP soit 47% des volumes prélevés par le Grand Dijon. La nappe alluviale de la Saône résiste bien à l'étiage de l'automne, alors que les sources sont au plus bas, mais l'eau en provenance de cette nappe doit parcourir 35 km pour alimenter Dijon (deux conduites de 800 mm et 1000 mm), être traitée contre le Fer et le Manganèse, ce qui en fait la ressource la plus chère à exploiter une fois au robinet ;
- la nappe de Dijon sud, dont l'exploitation a démarré dans les années 1960, fournissait 1,7 millions de m<sup>3</sup> en 2012 soit 8% des volumes prélevés par le Grand Dijon. Bien que l'eau brute soit traitée pour être rendue potable, cette ressource présente deux principaux atouts : (i) sa localisation géographique, sous l'agglomération : la ressource est disponible facilement, et (ii) sa forte inertie, en comparaison avec les autres ressources de l'agglomération : elle peut être utilisée de façon bénéfique quand d'autres ressources de l'agglomération, au moment de l'étiage sont en débit plus faible.

Nom de la ressource	Potentiel	Particularité	Volume prélevé <sup>1</sup> (% Grand Dijon)
<b>Sources karstiques</b>			
Vallée du Suzon : source du Chat, source du Rosoir, source de Sainte Foy	30 000 m <sup>3</sup> /jour en période de hautes eaux, et de 3 000 m <sup>3</sup> /jour pendant la période d'étiage en été	Sources d'alimentation les plus anciennes (aqueduc du Rosoir, 1839) Problèmes de turbidité en période pluvieuse Simple chloration	2012 : 7 Mm <sup>3</sup> (33%) 2000-12 : 7-10 Mm <sup>3</sup> (33-47%)
Vallée de l'Ouche : source de Morcueil	19 000 m <sup>3</sup> /jour en période de hautes eaux, et de 8 000 m <sup>3</sup> /jour en période d'étiage en été	Captage mis en place en 1908. Problèmes de turbidité en période pluvieuse (à l'origine d'un arrêt de son exploitation au moment des entretiens) Simple chloration	2012 : 3,3 Mm <sup>3</sup> (15%) 2000-12 : 3-5 Mm <sup>3</sup> (14-23%)
<b>Nappes alluviales</b>			
Nappe alluviale de la Saône : Champs captant de Poncey-les-Athées et de Flammerans	105 puits exploités au total soit 50 000 m <sup>3</sup> /jour environ.	Ressource utilisée depuis les années 1950. Traitement Fer et Manganèse (problème de colmatage des ouvrages) + charbon actif (COT) Champs captants situés à 35 km de Dijon + élévation 120m (2 conduites : 800mm et 1000mm)	2012 : 6 Mm <sup>3</sup> (28%) 2000-12 : 3,5–8,3 Mm <sup>3</sup> (16-39%)
Nappe alluviale de l'Ouche : Champ captant des Gorgets	10 000 à 12 000 m <sup>3</sup> /jour quelle que soit la saison	Ressource utilisée depuis l'entre-deux-guerres. Les captages sont situés en zone périurbaine de Dijon.	2012 : 3 Mm <sup>3</sup> (14%) 2000-12 : 2,7-4 Mm <sup>3</sup> (13-19%)
<b>Nappe de Dijon Sud</b>			
Nappe de Dijon Sud : Champs captants de Chenôve, Marsannay la Côte, Longvic	Environ 4 400 m <sup>3</sup> /jour, dont 3 000 m <sup>3</sup> /jour à Marsannay	Ressource exploitée depuis les années 1960. Trois champs captants situés en zone périurbaine de Dijon, traitement sur charbon actif (3 usines), stations d'alerte	2012 : 1,8 Mm <sup>3</sup> (8%) 2000-12 : 0,3-2,2 Mm <sup>3</sup> (1-10%)
<sup>1</sup> source : Données InterCLE Vouge-Ouche et Grand Dijon			

Tableau 4. Caractéristiques des principales ressources utilisées pour l'AEP du Grand Dijon

Les différentes ressources en eau du Grand Dijon sont aujourd’hui utilisées de manière complémentaire et évolutive au cours de l’année. Les réservoirs dijonnais principaux reçoivent des eaux de provenance variée et variable dans le temps. La nappe de Dijon Sud apporte donc de la flexibilité dans la gestion des ressources utilisées pour l’AEP du Grand Dijon et joue un rôle de sécurisation non négligeable de l’approvisionnement en eau potable, en cas de défaillance (sur le plan de la quantité ou de la qualité) des autres ressources. De plus, toutes les ressources exploitées par le Grand Dijon (à l’exception de la nappe de la Saône) sont situées dans des bassins en déficit quantitatifs (Ouche, Tille, Vouge), sur lesquels les prélèvements sont ou seront contraints dans les années à venir par des volumes maximum prélevables.

**A l’échelle des communes situées au sud de l’agglomération** (CC de Gevrey Chambertin et CC du Sud dijonnais), la nappe est la principale, voire la seule ressource mobilisable pour l’alimentation en eau potable de plus de 13 000 habitants.

### 5.3.2. Démarche d’évaluation

Les paragraphes précédents l’ont bien montré : la qualité de la nappe de Dijon sud ne peut être qualifiée de préservée. Son état chimique est classé médiocre par l’Agence de l’Eau Rhône Méditerranée Corse. Des actions de préservation commencent à être mises en œuvre depuis la fin des années 2000, mais la phase de reconquête de la qualité de la ressource est encore en cours. Les bénéfices liés à la préservation de cette ressource ne sont donc pas directement observables ni mesurables. Une alternative consiste à évaluer les bénéfices de la préservation comme les coûts qui auraient pu être évités si la ressource avait été préservée (Figure 19. Démarche d’évaluation). En effet, depuis les premiers épisodes de dégradation de la ressource en eau dans les années 1980, différentes actions ont été mises en œuvre, en particulier par le secteur AEP afin de sécuriser l’approvisionnement en eau des communes du sud dijonnais : interconnexion et importation d’eau dans la phase d’ « abandon » de la nappe, puis traitement de l’eau brute dans la phase de « reconquête » par exemple. Des actions d’amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe, de réduction des rejets polluants et de gestion de la nappe ont également été mises en œuvre. L’ensemble de ces actions a généré un coût non négligeable pour la collectivité et/ ou le consommateur d’eau potable. Nous proposons ici d’en faire un bilan, sur la période 1992-2014 et d’évaluer sur cette base les coûts qui auraient été évités par la préservation de la nappe.

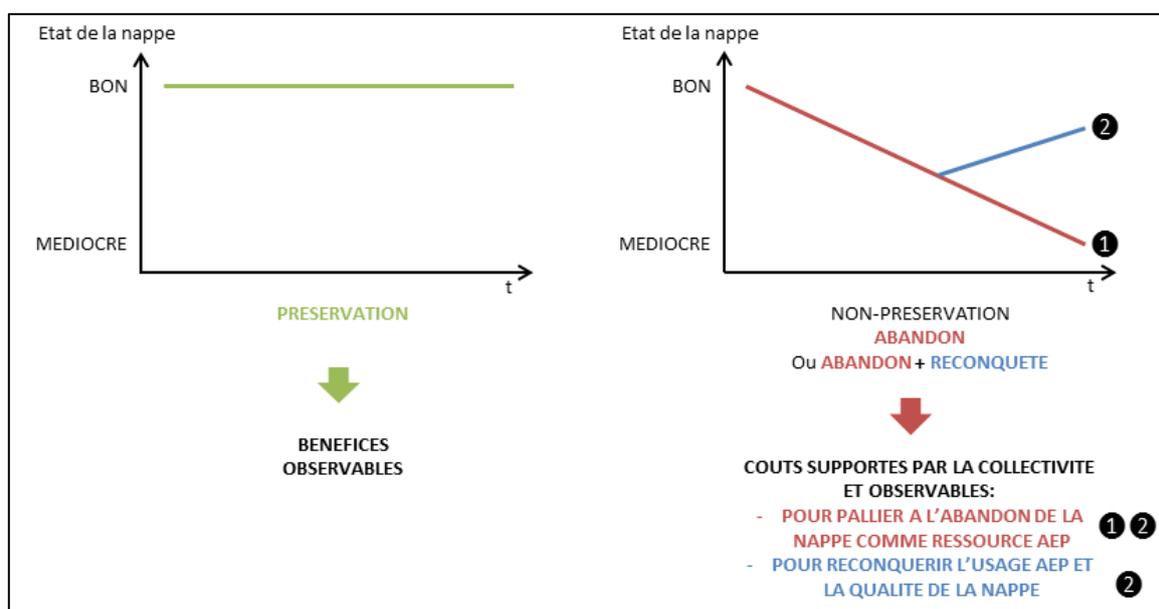


Figure 19. Démarche d’évaluation

La base de données des interventions de l'Agence de l'eau du 6<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup> programme constitue le socle de collecte des données sur les actions mises en œuvre. Ces données ont ensuite été croisées et complétées dans un second temps avec d'autres sources d'information : contrats de nappe, base de données de l'InterCLE Vouge-Ouche, base de données de la Lyonnaise des Eaux et Véolia; ainsi que la consultation d'une douzaine d'acteurs impliqués dans la gestion de l'AEP et/ou de la préservation de la nappe (Annexe 6).

La base de données des interventions a été utilisée de la manière suivante :

- étape 1. Extraction de la base de données des interventions sur le département de Côte d'Or (21) pour la période 1992-2014 : 2910 actions sont recensées ;
- étape 2. Sélection des actions selon la commune<sup>19</sup> et selon le titulaire de l'aide<sup>20</sup> : 936 actions sont sélectionnées, pour un montant total de travaux de 325 M€, dont 78 M€ d'aides et avances de l'AE (€2013) ;
- étape 3. Classement des actions selon six catégories : sécurisation AEP, amélioration connaissance et suivi, réduction des rejets polluants, structure de gestion, mesures de réduction du déséquilibre quantitatif, autres. Sélection des actions correspondant aux quatre premières catégories (Figure 20) ;
- étape 4. Classement des actions selon l'échelle et la ressource en eau à laquelle elles s'appliquent. Seules les actions concernant directement la nappe de Dijon sud ou pouvant concerner en partie la nappe de Dijon sud sont retenues (toute action faisant clairement référence à une autre ressource en eau est retirée de l'analyse). 369 actions sont retenues ;
- étape 5. Analyse détaillée et évaluation des coûts par type d'action. Tous les coûts ont été exprimés en €2013, en utilisant l'indice des prix à la consommation annuel pour la France métropolitaine produit par l'INSEE. Quatre principaux indicateurs de coûts sont utilisés pour présenter les résultats de l'évaluation économique (Figure 21) :

le coût d'investissement, exprimé en €, ce coût est fourni directement par les bases de données utilisées ;

---

<sup>19</sup> Les communes suivantes ont été retenues à cette étape de l'analyse, une distinction étant faite dans la base de données entre les communes situées au droit de la nappe et/ou les communes alimentées en eau potable à partir de la nappe : BARGES, BROCHON, BROINDON, CHÉNOVE, COUCHEY, DIJON, EPERNAY SOUS GEVREY, FENAY, FIXIN, GEVREY CHAMBERTIN, LONGVIC, MARSANNAY LA COTE, NOIRON SOUS GEVREY, OUGES, PERRIGNY LES DIJON, SAULON LA CHAPELLE, SAULON LA RUE, ST BERNARD, ST NICOLAS LES CITEAUX, ST PHILIBERT, VILLEBICHOT

<sup>20</sup> Les titulaires d'aide suivant ont été retenus à cette étape de l'analyse : BRGM, CCI DE BEAUNE , CHAMBRE DE METIERS & ARTISANAT DE LA COTE D'OR, CHAMBRE DEP D'AGRICULTURE DE COTE D'OR, CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DE BOURGOGNE, CHAMBRE REGIONALE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE BOURGOGNE, CHAMBRE REGIONALE DE METIERS DE BOURGOGNE, COMMUNAUTE DE COMMUNES DE GEVREY CHAMBERTIN, COMMUNAUTE DE COMMUNES DU PAYS DE NUITS SAINT GEORGES, COMMUNAUTE DE COMMUNES SUD DIJONNAIS, COMMUNAUTE DE L' AGGLOMERATION DIJONNAISE COMADI, LYONNAISE DES EAUX France, M.LE PDT DE LA CHAMBRE REG. DE COMMERCE ETD'INDUSTRIE, SIAEP ET ASSAINISSEMENT DE SAULON LA CHAPELLE, SIVOM DE LA COTE DIJONNAISE, SIVOM DU CANTON DE NUITS-SAINT GEORGES, SNCF DIRECTION INGENIERIE ETUDE DIVIS DVI B, SNCF EVEN COTE D'OR, STE D'AMENAG FONCIER ET D'ETS RURAL BOURGOGNE FRANCHE COMTE, STE D'ECONOMIE MIXTE D'AMENAGT DE L'AGGLOMERATION DIJONNAISE, SYND ADDUC EAU PLAIN NUIITS SAINT GEORGES, SYND MIXTE ALIMENTATION EAU SUD AGGLOMERATION DIJONNAISE, SYND MIXTE D'ETUDE ET D'AMENAG BASSIN DE L'OUCHÉ ET AFFLUENTS, SYND MIXTE DU BASSIN DE LA VOUGE, SYNDICAT MIXTE DU BASSIN DE L'OUCHÉ ET DES SES AFFLUENTS, SYNDICAT MIXTE DU DIJONNAIS , SYNDICAT MIXTE DU SCOT DU DIJONNAIS

le coût récurrent annuel, exprimé en €/an, ce coût peut être fourni comme donnée de base, ou être estimé à partir du coût d'investissement, en fonction du type d'action considérée ;

le coût moyen annuel (CMA) total, exprimé en €/an, ce coût est calculé à partir des deux précédents coûts. Cet indicateur permet de comparer, dans la même unité (€/an) des actions nécessitant des investissements avec une durée de vie de plusieurs années avec des actions récurrentes annuelles ;

le coût total, exprimé en €, ce coût est également calculé, et représente la somme des coûts d'investissement et des coûts récurrents cumulés sur toute la durée de l'action.

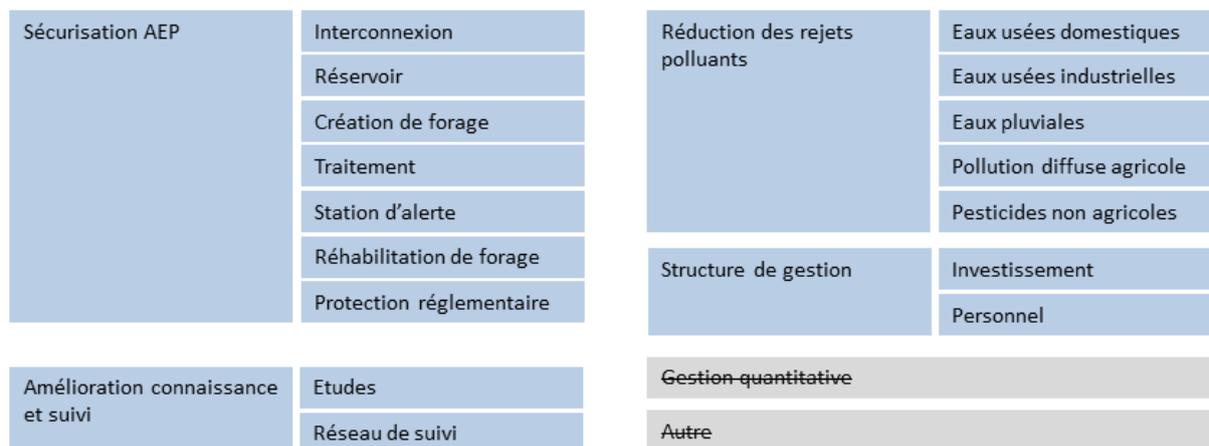


Figure 20. Quatre catégories d'actions considérées

Cet exercice d'évaluation économique comporte plusieurs limites dont il faut être conscient à la lecture des résultats :

- nous nous intéressons essentiellement aux coûts supportés par la collectivité. Certains coûts supportés par les industriels sont considérés lorsqu'ils ont fait l'objet d'aides de l'Agence de l'eau. Cependant, le bilan des actions menées par les industriels sur la zone d'étude afin de réduire les sources de pollution est loin d'être exhaustif. Les coûts des travaux et de la surveillance réalisés suite à l'interception de la nappe de Dijon-sud par les terrassements de l'autoroute A31 à hauteur de Chevigny ne sont pas pris en compte (Encadré 4). De même, les dépenses directes d'évitement de certains consommateurs (qui par crainte d'une pollution de l'eau du robinet, consomment de l'eau en bouteille ou s'équipent de systèmes de filtration de l'eau) ne sont pas considérées dans l'analyse ;
- certaines actions considérées dans l'analyse ne sont pas uniquement mises en œuvre du fait de la dégradation effective de la ressource en eau souterraine mais en vue de réduire les risques potentiels. Certaines actions sont directement liées à la non préservation de la ressource (c'est le cas en général des actions de sécurisation de l'AEP : traitement des eaux brutes par exemple), alors que d'autres actions sont uniquement en partie liées à la dégradation de la qualité de la nappe (c'est le cas des actions d'amélioration de la connaissance, de réduction des rejets, de structure de gestion de la nappe) ;
- la base de données d'intervention de l'Agence de l'eau constitue une source d'information particulièrement intéressante puisqu'elle permet de remonter à 1992 (les interventions antérieures n'ont pas été intégrées à la base de données). Elle fixe aussi une limite d'une certaine manière à notre analyse puisque les actions financées antérieurement (notamment toutes les études menées pour améliorer la connaissance de la nappe) ne seront pas prises en compte dans l'évaluation. Cette base de données a pu être complétée avec les BD de l'InterCLE et des délégataires, sur une période plus récente.

**Encadré 4. Impact de l'autoroute A31 Fauverney-Gevrey sur la nappe de Dijon Sud – SAPP RR SCET AUTOROUTE BRGM**

Fin 1988, le terrassement de l'autoroute A31 entaille une butte argileuse constituant l'encaissant de la nappe de Dijon sud, créant une ouverture qui entraîne le débordement artificiel de la nappe artificielle vers l'actuelle vallée de l'Ouche. Ce débit de fuite de l'ordre de 30l/s se traduit rapidement par une baisse de 30% du débit de la Cent Fonts, exutoire naturel de la nappe superficielle, associé à une baisse du niveau piézométrique. Pour rétablir durablement l'écoulement de la nappe vers la Cent Fonts, la limite d'extension naturelle de la nappe a été reconstituée par la mise en place d'une paroi verticale étanche en U, ancrée dans les argiles (hauteur maximale de 10m, épaisseur de 60 cm sur une extension 60m avec 2 retours amont de 30 et 70m). La partie amont a été remblayée par des graves calibrées pour reconstituer l'aquifère et éviter de laisser la nappe à nu. Un programme de surveillance pluri annuel a ensuite permis de contrôler l'impact éventuel de l'A31 sur la nappe de Dijon sud d'un point de vue quantitatif et qualitatif. Il s'est appuyé sur la réalisation de nombreux piézomètres, des traçages, des suivis de débits ainsi que des campagnes analytiques bimensuelles à mensuelles en nappe et en rivière.

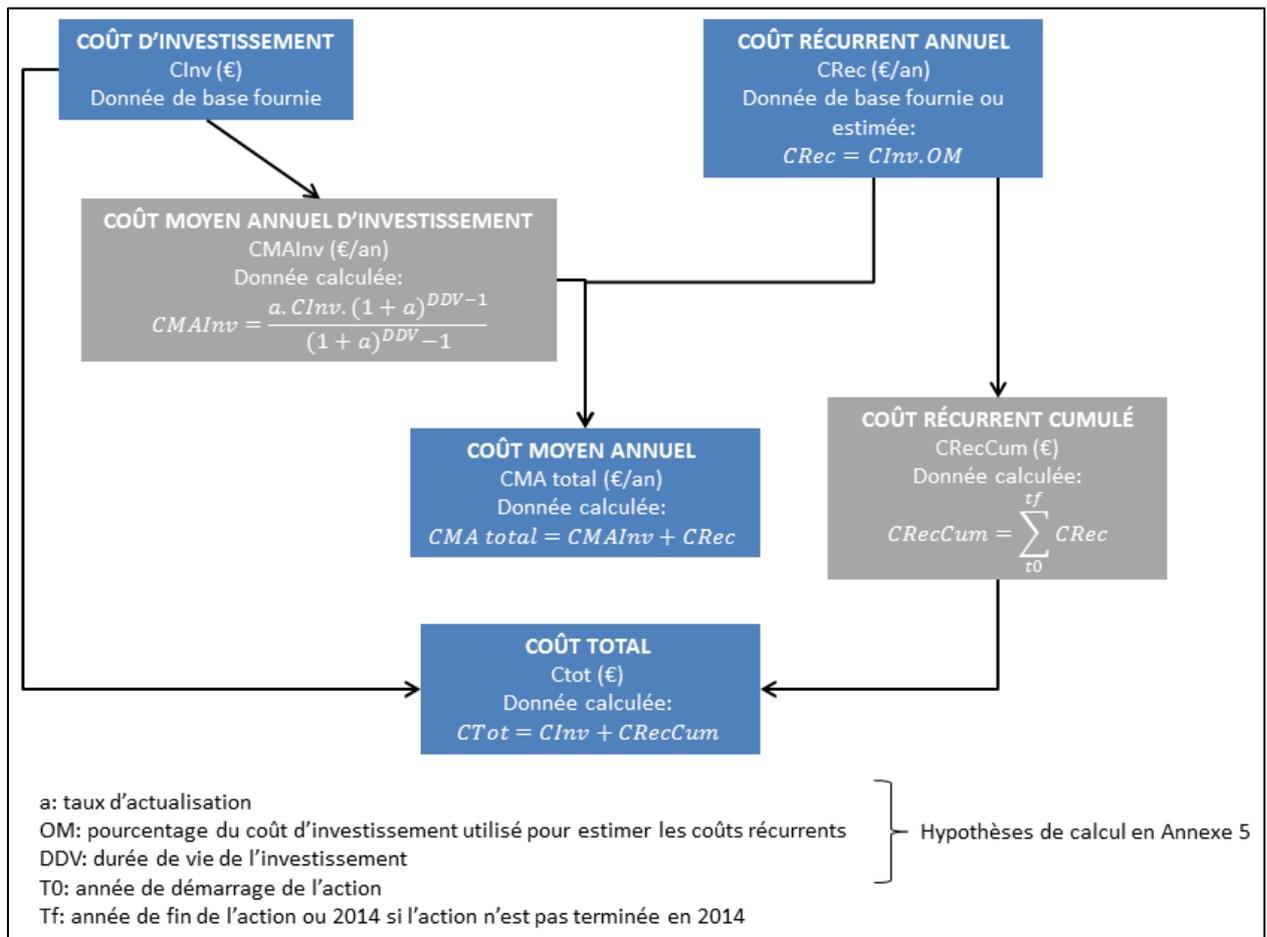


Figure 21. Quatre principaux indicateurs de coûts considérés

### **5.3.3. Evaluation économique**

#### a) Actions de sécurisation de l'AEP

Ce paragraphe fait le bilan des actions de sécurisation de l'alimentation en eau potable des communes desservies par la nappe de Dijon sud mises en œuvre sur la période 1992-2014. Ces actions peuvent consister à s'interconnecter avec d'autres ressources en eau, à créer des réservoirs et/ou des nouveaux forages, à mettre en place des traitements des pollutions et des stations d'alerte, à protéger les aires d'alimentation des captages ou encore à réhabiliter des ouvrages de prélèvement qui mettaient en contact les deux horizons de la nappe. Ces actions sont en général mises en œuvre à une échelle locale (champ captant, commune ou communauté de communes). L'analyse est par la suite menée par champ captant, plus de détails sur les coûts des actions sont disponibles en annexe 8.

Notons que les actions listées ci-dessous ne sont pas exhaustives. Elles ne comprennent notamment pas les actions menées en réponse aux différents épisodes de pollution accidentelle de la nappe apparus à partir des années 1980 (pompage de dépollution, arrêt temporaire de l'alimentation en eau potable à partir de certains captages contaminés et mise en place d'interconnexions en urgence, importation d'eau), la base de données des interventions de l'Agence de l'eau ne débutant qu'à partir de 1992. Les coûts de mise en œuvre de ces actions sont donc vraisemblablement sous-estimés.

## Chenôve

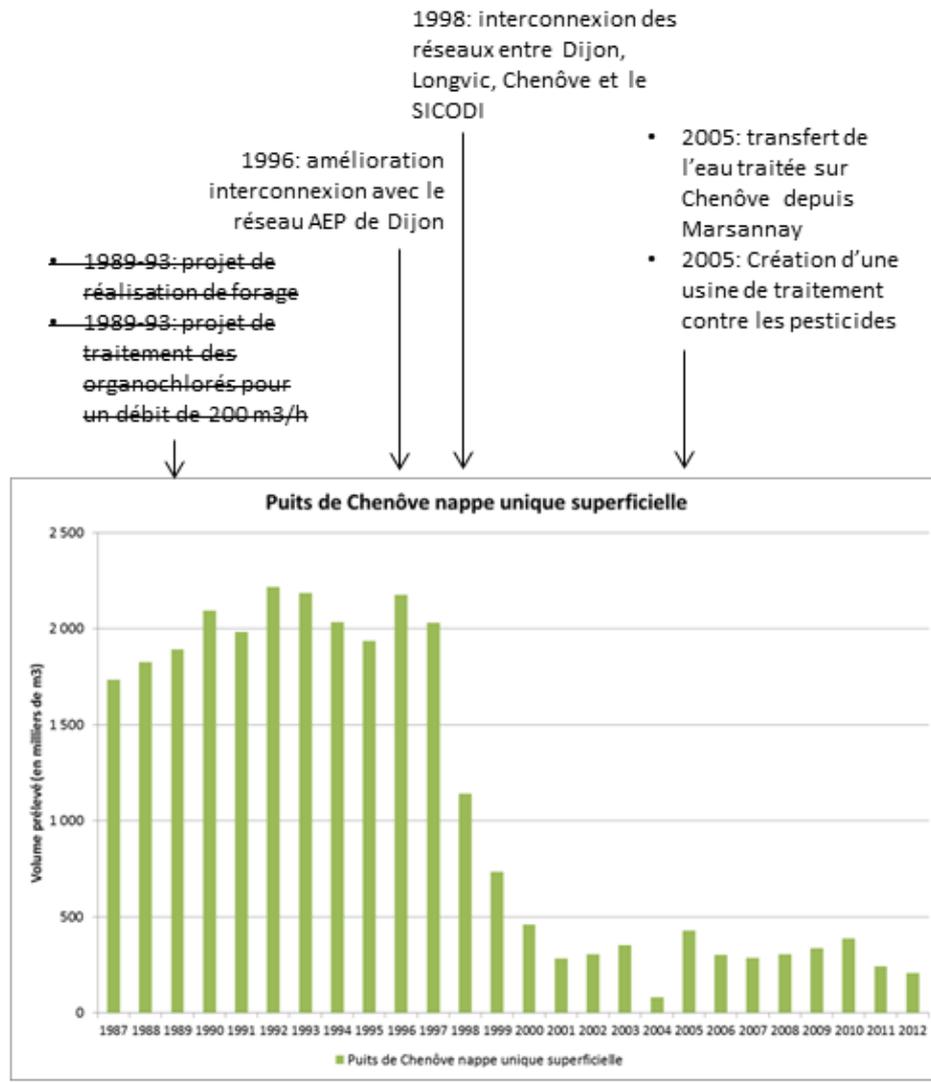


Figure 22. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Chenôve

Les deux puits de Chenôve ont été créés en 1961, dans la nappe superficielle. Ils sont fortement insérés dans le tissu urbain. Seul le deuxième puits (profondeur de 43 m) est encore exploité. Historiquement, la nappe alimentait la commune de Chenôve. Face à l'augmentation des pollutions de la nappe (COHV et hydrocarbures) à partir de la fin des années 1980, le contrat de nappe 1989-93 prévoyait la réalisation d'un forage ainsi que le traitement des organochlorés. Ces projets ont finalement été abandonnés, en raison d'inquiétudes plus larges sur la qualité de l'eau et la protection des captages. Ils ont été remplacés par la mise en place d'interconnexions avec le champ captant de Marsannay et les réseaux de la ville de Dijon (1996, 1998), de manière à respecter les normes de potabilité de l'eau distribuée en mélangeant l'eau de Chenôve avec d'autres ressources. Les volumes prélevés ont été divisés par sept entre 1997 et 2001 (Figure 22). Une usine de traitement contre les pesticides a été créée en 2005, permettant de solliciter de façon plus importante la nappe. Le maintien en exploitation de ce puits permet de maintenir une surveillance qualitative de l'eau et une pression réglementaire dans le secteur amont de la nappe. Le montant total des investissements liés à la mise en œuvre de ces actions est estimé à 1,4 million €2013, pour un coût moyen annuel de 92 000 €2013.

**Marsannay**

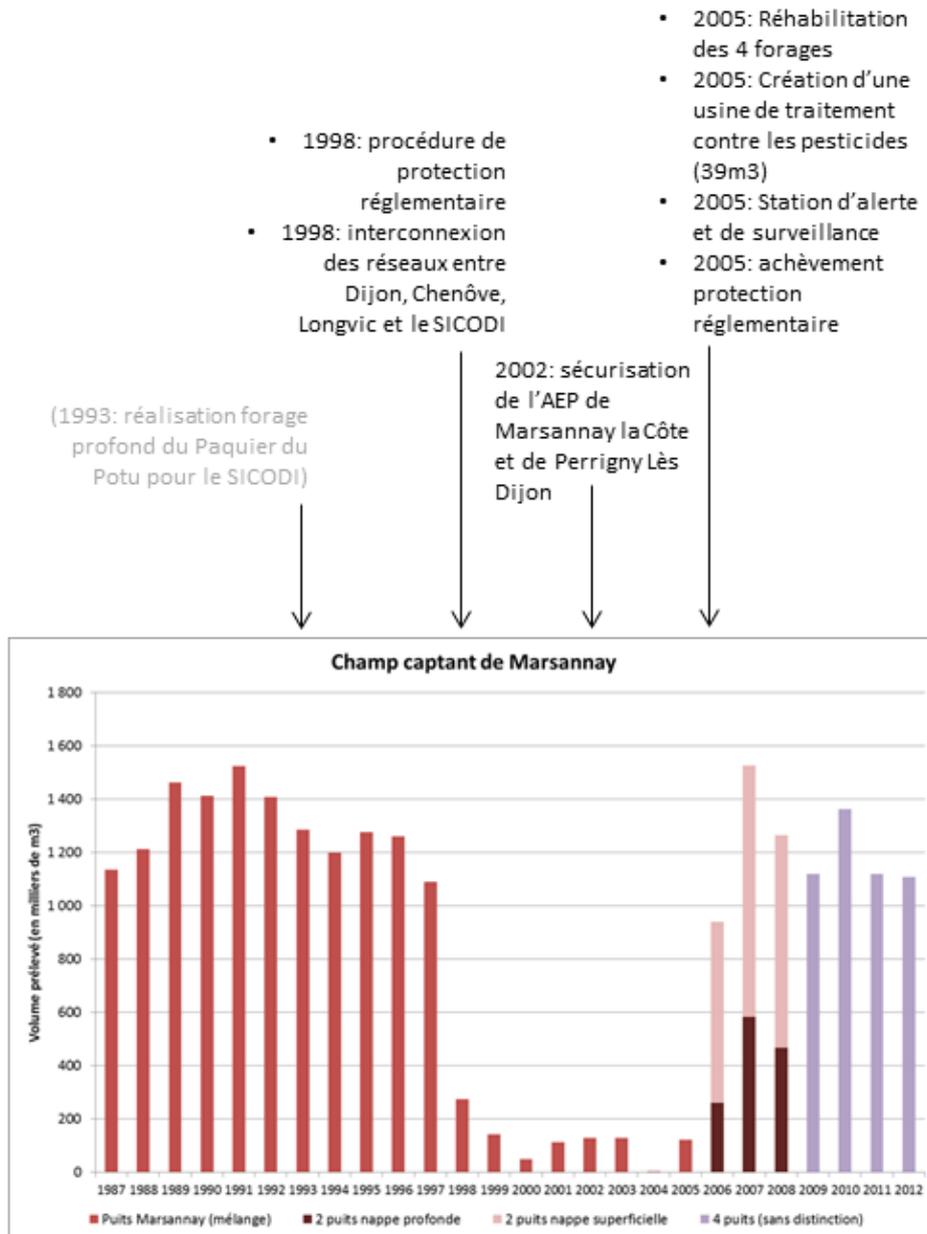


Figure 23. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP - Marsannay

Le champ captant de Marsannay est également situé en zone périurbaine. Il est constitué de quatre ouvrages, qui captaient initialement simultanément les deux nappes. Ces ouvrages alimentaient historiquement les communes de Marsannay-la-Côte et Perrigny-les-Dijon, ainsi que partiellement celles de Couchey, Fixin, Brochon et Gevrey-Chambertin. Face à l'augmentation des pollutions industrielles de la nappe (COHV et hydrocarbures) à partir de la fin des années 1980, des travaux d'interconnexion et de sécurisation de l'AEP ont été menés en 1998 et 2002. Les prélèvements dans la nappe ont alors considérablement chuté (Figure 23). En 2005, les quatre ouvrages ont été réhabilités pour isoler les deux niveaux de nappe de manière à éviter que d'éventuelles pollutions touchant la nappe supérieure ne migrent vers la nappe inférieure (depuis 2005, deux ouvrages captent la nappe profonde et deux ouvrages la nappe superficielle). La même année, une usine de traitement doublée d'une station de surveillance et tour de stripping a été construite. Cette usine a un double rôle : (i) en période normale, traiter l'eau brute en assurant l'élimination des pesticides par

adsorption sur charbon actif ; (ii) en cas de pollution accidentelle, une station de surveillance en continu des solvants industriels (COHV) et des hydrocarbures située en amont des captages permet de détecter une éventuelle pollution avant son arrivée aux captages, arrêter la production d'eau potable et extraire l'eau polluée pour la régénérer par aération contrôlée (stripping). Depuis, les prélèvements sur le champ captant ont augmenté et sont supérieurs à 1 million de m<sup>3</sup> par an. Une partie importante des risques de pollution se situant en amont des ouvrages de Marsannay, le maintien de ces prélèvements permet d'assurer une fonction de barrière hydraulique en limitant le transfert des polluants vers les captages situés plus en aval. Ce champ captant représente aujourd'hui la majorité des prélèvements AEP du Grand Dijon dans la nappe. Le montant total des investissements liés à la mise en œuvre de ces actions est estimé à 2,7 millions €2013, pour un coût moyen annuel de 237 000 €2013.

### **Longvic**

Le champ captant de Longvic est constitué d'un puits dans la nappe superficielle (créé en 1976) et d'un forage dans la nappe profonde (créé en 1994). Face à l'augmentation des pollutions industrielles de la nappe à partir de la fin des années 1980, plusieurs interconnexions avec le réseau de la ville de Dijon ont été construites (1992, 1998), le puits a été cimenté à 36m (profondeur initiale 52m) pour isoler la nappe profonde de la nappe superficielle, et un forage dans la nappe profonde a été créé (1994). Le puits en nappe superficielle n'est plus utilisé depuis 1996 suite à une pollution au MTBE (Méthyl-Tertio-Butyl-Ether) pendant plus de trois ans liée au déversement d'essence sans plomb sur le site Leclerc en 1993. Un pompage de dépollution du puits a été mis en place en 1996 pour éliminer le MBTE. Cependant, ce puits devrait être conservé en secours pour servir de barrage hydraulique et éviter toute contamination du forage prélevant dans la nappe profonde. Entre 1992 et 1998, les prélèvements sur le champ captant de Longvic ont été presque divisés par six (Figure 24). En 2009, une usine de traitement des pesticides est construite. Entre 2008 et 2010, les prélèvements ont été multipliés par trois. Le montant total des investissements liés à la mise en œuvre de ces actions est estimé à 2,4 millions €2013, pour un coût moyen annuel de 153 000 €2013.

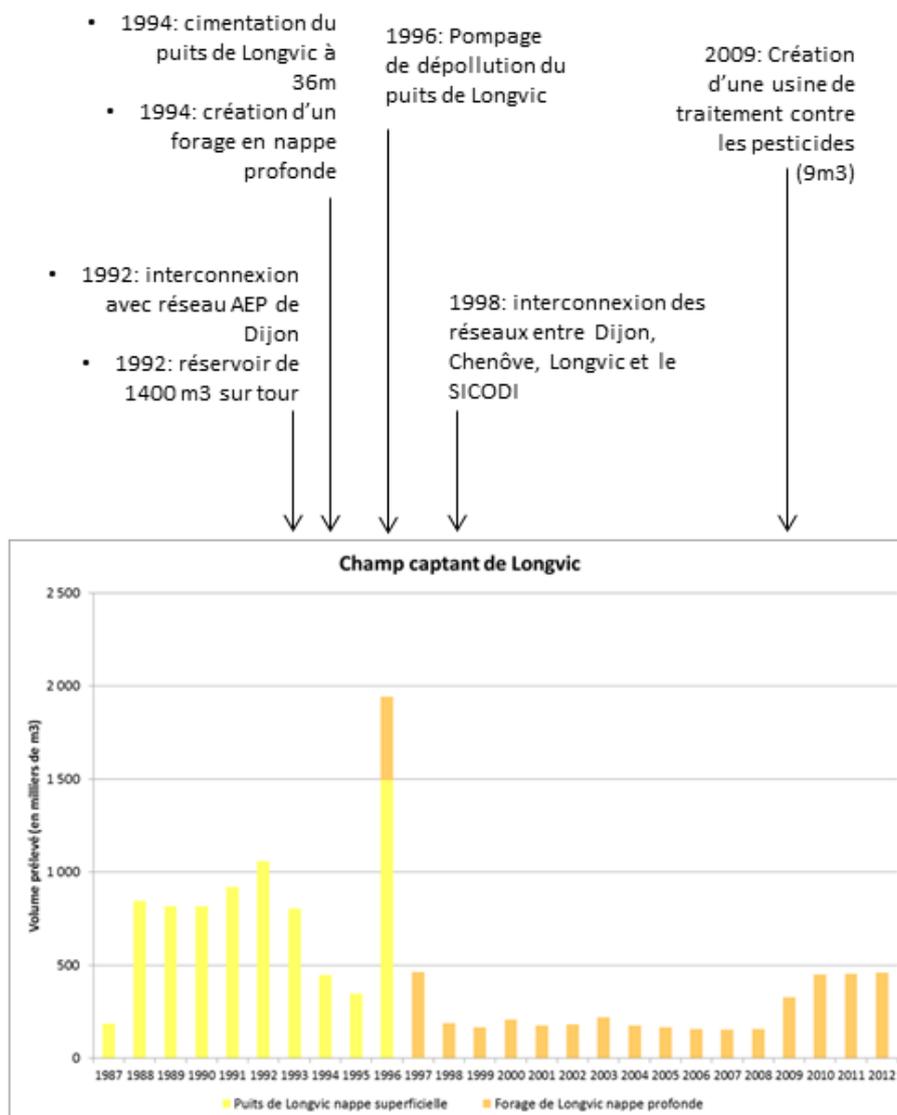


Figure 24. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP - Longvic

### Perrigny-lès-Dijon

Deux ouvrages sont exploités à Perrigny-lès-Dijon : un puits dans la nappe superficielle (création en 1968) et un forage dans la nappe profonde (création en 1982 puis comblement et remplacement par un nouveau forage implanté à proximité en 1998). Sur la période 1987-2012, les prélèvements dans la nappe ont globalement été maintenus, malgré une légère baisse (Figure 25). Ces ouvrages alimentent les communes de la CC du Sud Dijonnais, Fénay (Grand Dijon) et Saint-Bernard, Villebichot et Saint-Nicolas-lès-Cîteaux (CC du pays de Nuits-Saint-Georges). Disposant d'interconnexions de secours de faibles capacités, ces communes sont de fait quasi-exclusivement desservies par la nappe. En réponse à une apparition de pics de pollutions par les pesticides dans les années 1990, une unité mobile de traitement a été mise en place dans un premier temps (1998), puis une usine de traitement contre les pesticides et les nitrates a été mise en service en 2008. Un forage en nappe profonde a été créé en 1998. Le montant total des investissements liés à la mise en œuvre de ces actions est estimé à 2,1 millions €2013, pour un coût moyen annuel de 245 000 €2013.

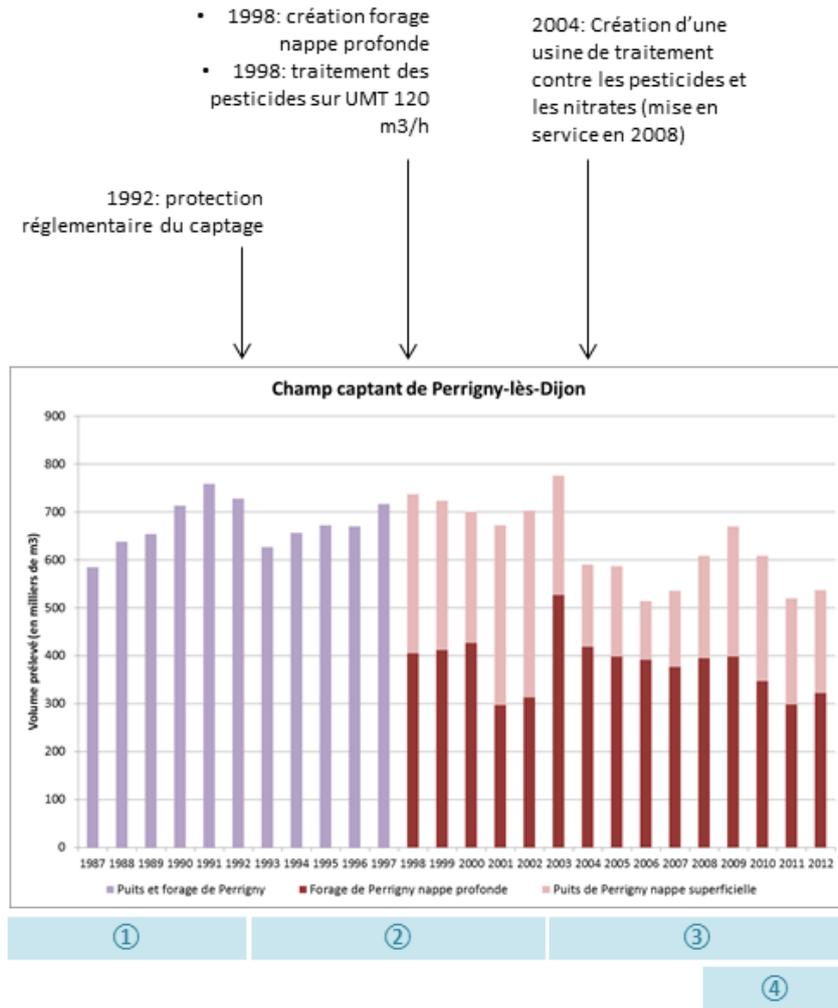


Figure 25. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Perrigny-lès-Dijon

### Paquier du Potu

Le forage du Paquier du Potu a été créé en 1990 et exploité à partir de 1993. D'une profondeur de 120m, il capte la nappe profonde. Il alimente les communes de CC de Gevrey-Chambertin (auparavant alimentées par le champ captant de Marsannay). Globalement, les prélèvements ont été maintenus dans le temps (Figure 26). Jusqu'en 1998, la ressource était de relativement bonne qualité, avec néanmoins une augmentation régulière des concentrations en nitrates et l'apparition de pesticides. En 2008, un traitement contre les pesticides a été mis en place, pour un coût d'investissement de 0,2 million €2013 et un coût moyen annuel de 17 000 €2013.

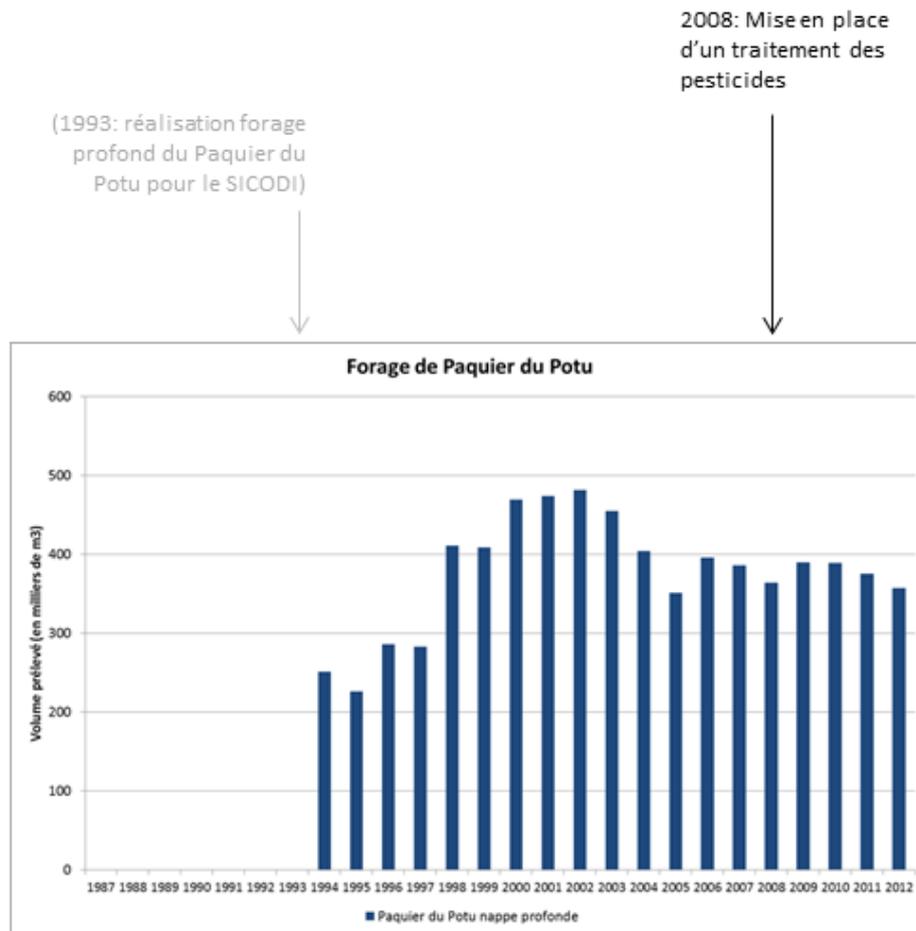


Figure 26. Evolution des prélèvements et actions de sécurisation AEP – Paquier du Potu

### **Plusieurs champs captant**

Des travaux de réhabilitation de six piézomètres/ forages situés à proximité de champs captant AEP ont été réalisés récemment, de manière à isoler les deux niveaux de la nappe. Le coût d'investissement total de ces actions (étude diagnostic + travaux de réhabilitation) est estimé à 53 500 €2013, pour un CMA de 1 900 €2013.

### **Synthèse**

Les investissements totaux sur la période 1992-2014 pour des actions de sécurisation de l'AEP sur les communes desservies par la nappe de Dijon Sud sont estimés à 8,84 M€2013 (Tableau 5), dont 33% d'aides de l'Agence de l'eau. En intégrant les coûts récurrents cumulés, les coûts totaux liés à la mise en place des actions de sécurisation sur la période 1992-2014 sont estimés à environ 14 millions €2013 (Figure 28).

	Type d'action	Nombre d'actions	Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Chenôve	Interconnexion	5	1 286 011	42 845	76 467
	Traitement	2	114 000	9 087	15 922
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>1 400 011</b>	<b>51 932</b>	<b>92 389</b>
Marsannay	Interconnexion	4	1 248 752	29 816	62 464
	Protection réglementaire	2	20 038	-	1 201
	Réhabilitation de forages	1	220 641	-	5 769
	Station d'alerte	1	150 489	9 029	18 052
	Traitement	4	1 072 612	80 982	145 293
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>2 712 533</b>	<b>123 137</b>	<b>232 780</b>
Longvic	Interconnexion	4	476 545	36 939	49 398
	Création forage	1	164 910	2 474	56 894
	Réhabilitation forage	1	?	?	?
	Réservoir	1	1 492 755	515 000	61 419
	Traitement	3	251 027	20 745	35 796
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>2 385 237</b>	<b>82 549</b>	<b>153 398</b>
Perrigny-lès-Dijon	Protection réglementaire	1	7 924	-	475
	Création forage	1	101 789	1 527	4 188
	Réservoir	1	240 148	3 602	9 881
	Traitement	3	1 748 687	110 121	230 653
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>2 098 549</b>	<b>115 250</b>	<b>245 198</b>
Paquier du Potu	Traitement	2	195 000	5 675	17 367
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>195 000</b>	<b>5 675</b>	<b>17 367</b>
Plusieurs champs captants	Réhabilitation de forages	2	53 500	-	1 906
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>53 500</b>	<b>-</b>	<b>1 906</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>8 844 830</b>	<b>378 543</b>	<b>743 038</b>
En italique : estimations d'après hypothèses de coûts					
Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total					

Tableau 5. Bilan des coûts des actions de sécurisation de l'AEP sur la période 1992-2014

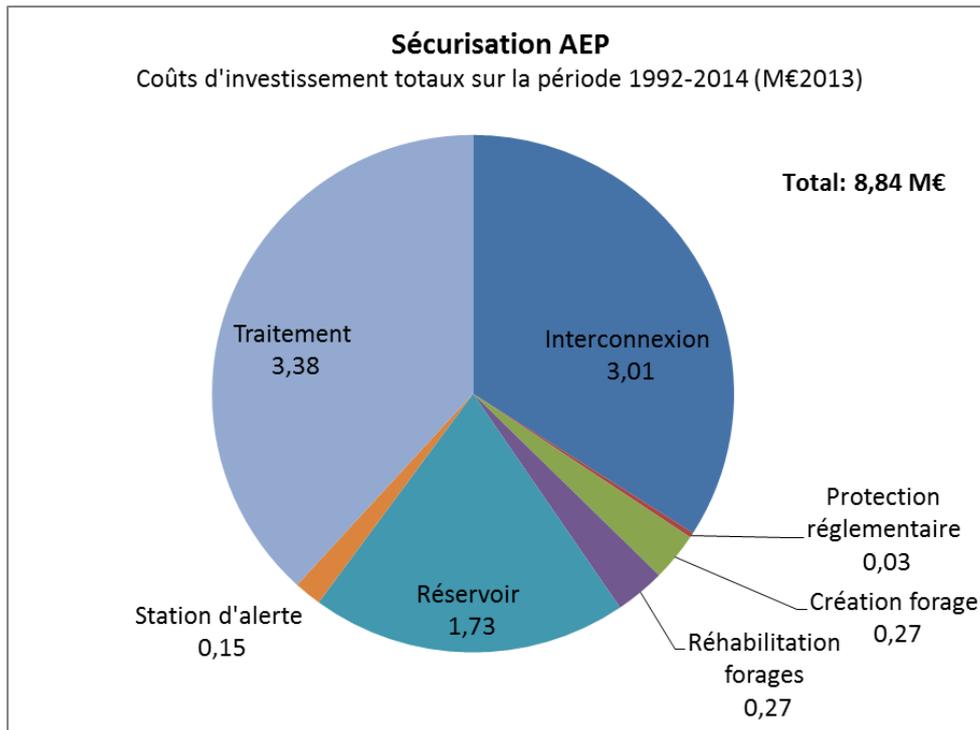


Figure 27. Coûts d'investissement des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014

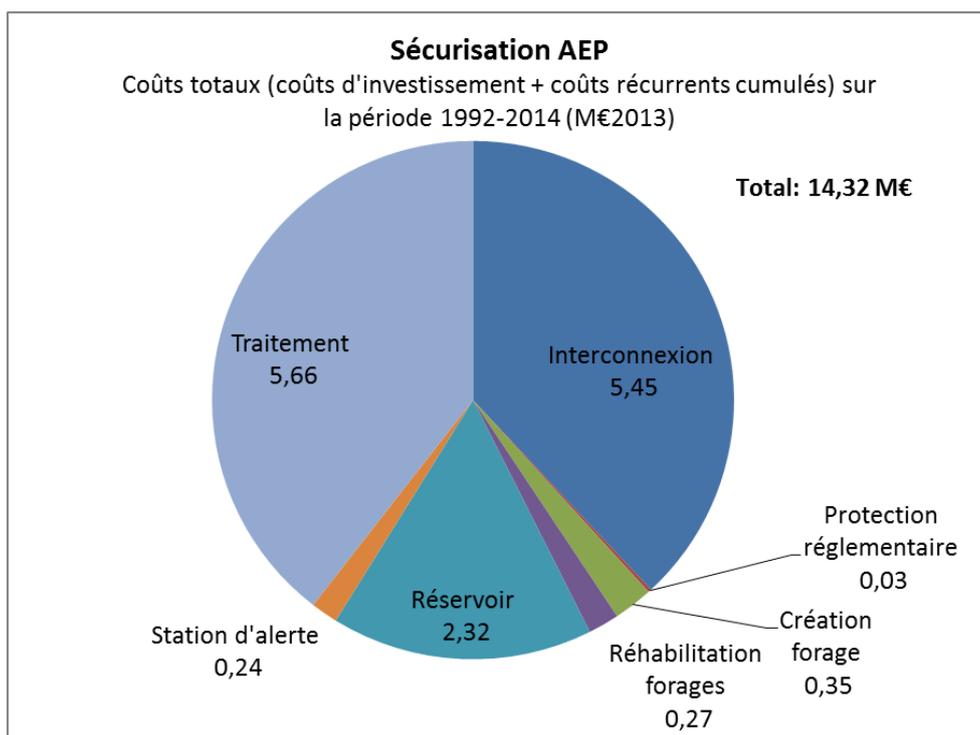


Figure 28. Coûts totaux des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014

Les coûts moyens annuels ou CMA (CMA investissement + coûts récurrents annuels) liés à la mise en œuvre des actions de sécurisation de l'AEP sur les communes desservies en eau par la nappe de Dijon sud sont en augmentation progressive depuis 1992. De 1992 à 2005, ces coûts concernent principalement des actions d'interconnexion avec importation d'autres

ressources en eau, ainsi que la création de réservoirs<sup>21</sup>. A partir de 2004, les coûts liés à la création de stations de traitement des pollutions par les pesticides et les nitrates augmentent, et représentent 58% du coût moyen annuel en 2014 (Figure 29). Le CMA est estimé à 743 000 €<sub>2013</sub> par an en 2014, soit environ 0,24 € par m<sup>3</sup> prélevable dans la nappe (volume prélevable de 3,05 millions m<sup>3</sup>), ou 0,28 € par m<sup>3</sup> prélevé dans la nappe en 2012 (2,66 millions de m<sup>3</sup>).

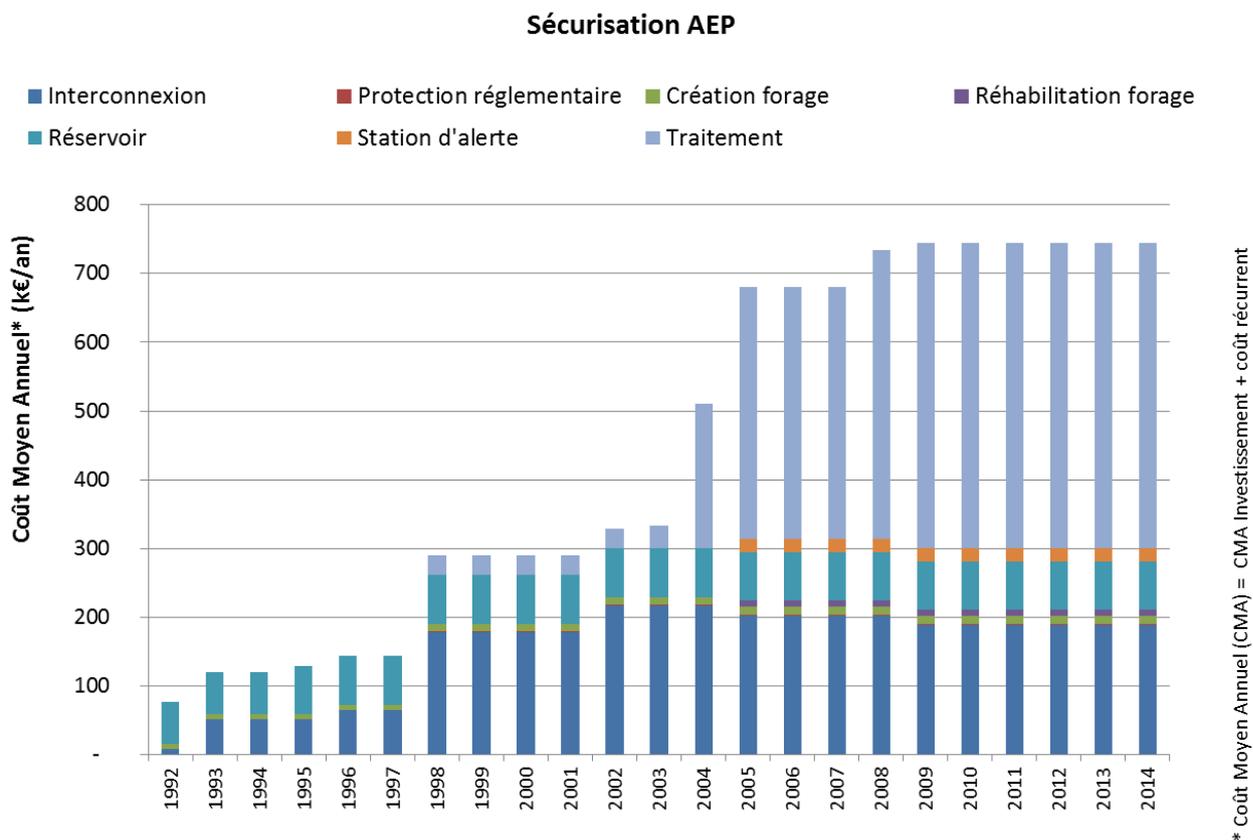


Figure 29. Coûts moyens annuels des actions de sécurisation AEP sur la période 1992-2014

### Actions prévues

Plusieurs actions de sécurisation de l'AEP sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration, pour un coût total sur cinq ans estimé à 95 000 € (Tableau 6).

<sup>21</sup> Notons que la création de réservoirs peut également être considérée comme strictement liée au fonctionnement du réseau et non à la sécurisation de l'AEP. Dans ce cas, les coûts liés à la création de réservoirs ne doivent pas être considérés dans l'analyse.

Thématique contrat de nappe	Fréquence et délai (contrat sur 5 ans)	Action	Coûts estimés (€2013)
Renforcer la protection des captages d'AEP contre les pollutions accidentelles	1 <sup>ère</sup> moitié	Recenser et sécuriser les têtes d'ouvrages au droit des PPR	50 000
	2 <sup>nd</sup> e moitié	Réviser les DUP des captages du Grand Dijon	10 000
	2 <sup>nd</sup> e moitié	Équipement des captages d'AEP d'un dispositif de suivi en continu de la qualité de l'eau et élaboration d'un plan de secours	35 000
Reconquérir la qualité des eaux brutes des captages d'AEP et au droit des zones de forte vulnérabilité	1 <sup>ère</sup> moitié	Lancement d'une communication en direction de l'ensemble des acteurs dont les pratiques peuvent impacter la qualité des eaux brutes.	0
Encadrer la réalisation des ouvrages de prélèvement et de suivi	1 <sup>ère</sup> moitié	Rédiger une doctrine pour la création/ réhabilitation d'ouvrages en nappe	0
		<b>TOTAL</b>	<b>95 000</b>

Tableau 6. Actions de sécurisation AEP prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE)

#### b) Actions d'amélioration de la connaissance et de suivi

Ce paragraphe s'intéresse aux actions d'amélioration de la connaissance de la nappe de Dijon sud, de son fonctionnement, de sa qualité, des sources de pression, par la réalisation d'études et/ou la mise en place de réseaux de suivi. Ces actions peuvent concerner directement la nappe de Dijon sud, elles ont alors été menées par le SMAESAD, le syndicat du bassin de la Vouge ou l'InterCLE. Ce type d'action peut également être porté à une échelle plus large, et concerner plusieurs ressources. C'est le cas des actions mises en œuvre à une échelle départementale ou régionale. Dans ce cas, il est plus difficile d'estimer la part du coût de ces actions qui peut être lié à la nappe de Dijon sud.

#### A l'échelle de la nappe de Dijon sud

Les actions d'amélioration de la connaissance et de suivi menées à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014 sont recensées ci-dessous. Notons que cette liste n'est pas exhaustive. Elle ne comprend notamment pas les nombreuses études et autres investigations menées dans les années 1970 et 1980 pour améliorer la connaissance de la géométrie et du comportement de la nappe. Les coûts de mise en œuvre de ces actions sont donc probablement sous-estimés. Cependant, on peut considérer que les actions liées à la dégradation de la qualité de la nappe ont commencé à être mises en œuvre uniquement à partir du début des années 1990.

Ces actions représentent environ 425 000 € d'investissements (dont 22% d'aides en moyenne de l'Agence de l'Eau) et un coût moyen annuel de 48 000 €, soit environ 0,02 € par m<sup>3</sup> prélevé dans la nappe pour l'AEP.

		Actions	Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Etudes	1999	Recherche des pollutions des sols (SNCF – Dépôt de Dijon Perrigny)	29 903	-	1 793
	2002	Etude relative aux orientations stratégiques à l'horizon 2010 sur la nappe de Dijon Sud (SMAESAD)	93 073	-	5 580
	2008	Etude hydrogéologique (Lyonnaise des Eaux)	27 515	-	1 650
	2010	Etude pour l'élaboration de la carte piézométrique de la nappe de Dijon Sud (SBV Vouge)	120 263	-	7 211
	2011	Etude de caractérisation des nitrates de la nappe de Dijon Sud (SBV Vouge)	14 551	-	872
Suivi	1992	Mise en place d'un réseau de surveillance et d'alerte (SMAESAD)	103 850	1 558	4 273
	2004	Mise en place d'un réseau de surveillance et d'alerte (SMAESAD)	35 712	536	1 469
	2005	Réseau de surveillance et d'alerte : coût annuel moyen sur la période 2005-2006	-	(36 410)	(36 410)
		Réseau de suivi de la qualité de la nappe de Dijon sud sur la période 2007-2013	-	17 756	17 756
		<b>TOTAL</b>	<b>424 866</b>	<b>19 850</b>	<b>40 604</b>

En italique : estimations d'après hypothèses de coûts  
 Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total

Tableau 7. Bilan des coûts des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

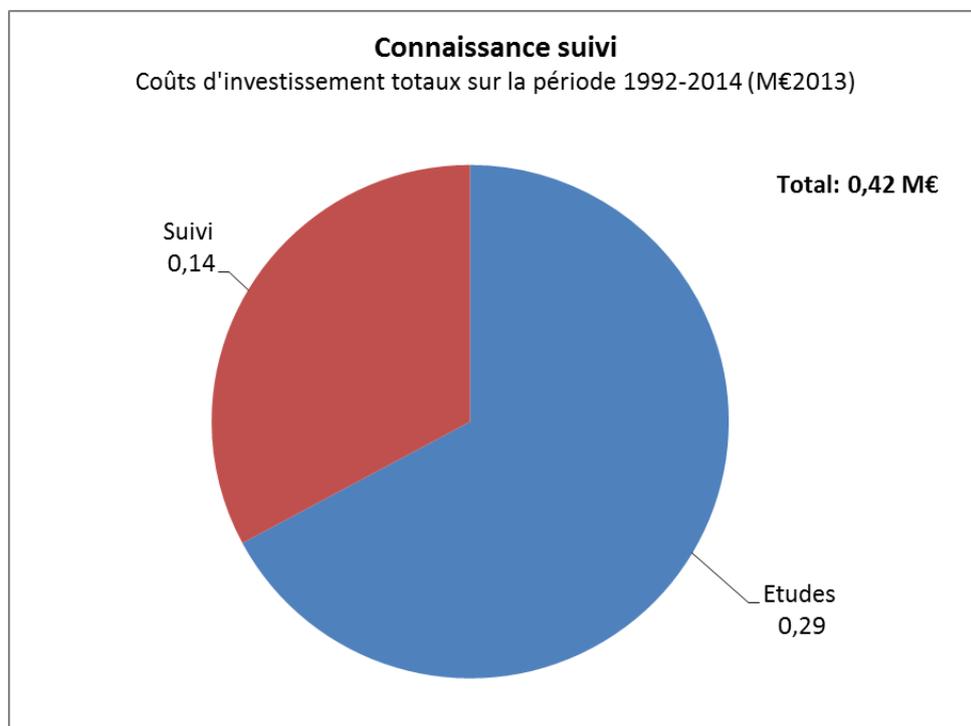


Figure 30. Coûts d'investissement des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

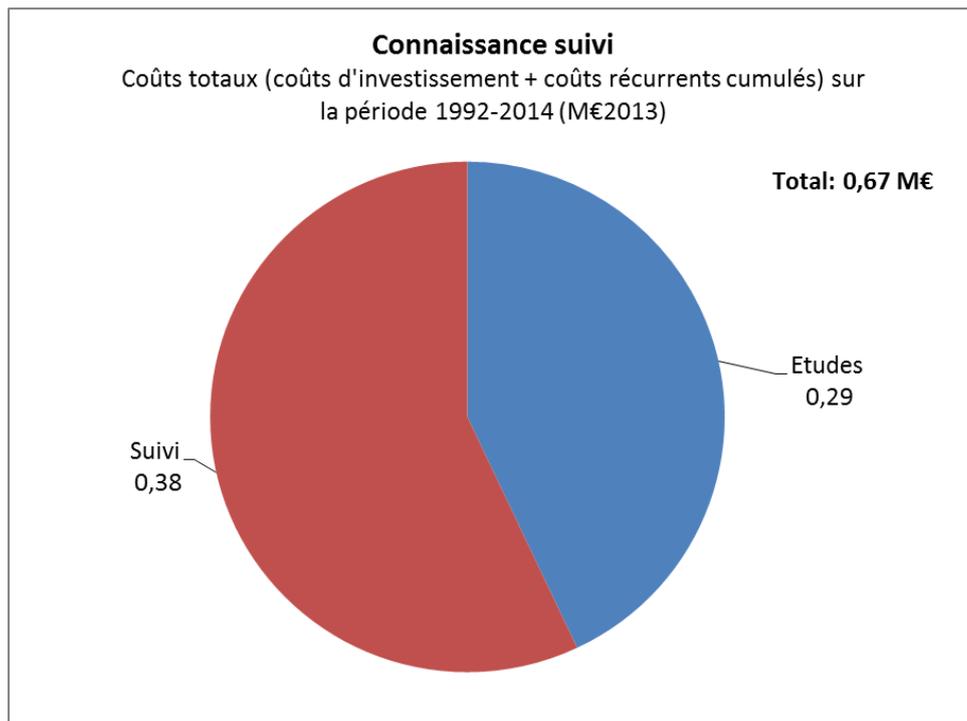


Figure 31. Coûts totaux des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

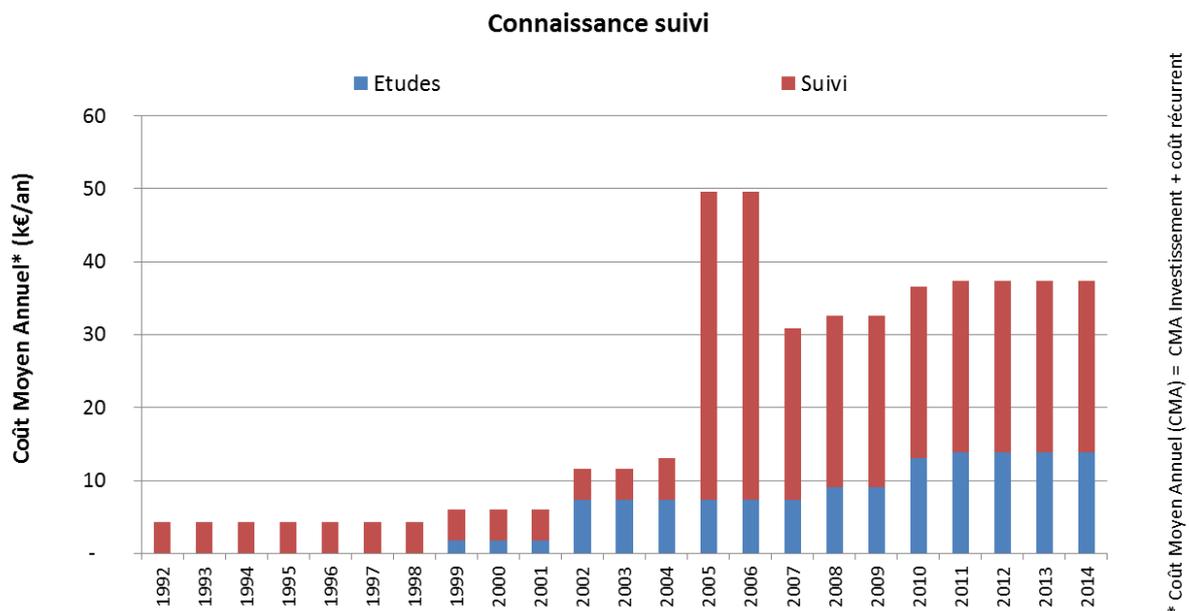


Figure 32. Coûts moyens annuels des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

### Actions prévues

Plusieurs actions d'amélioration de la connaissance et de suivi sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration, pour un coût total sur cinq ans estimé à 180 000 €.

Thématique contrat de nappe	Fréquence et délai (contrat sur 5 ans)	Action	Coûts estimés (€2013)
Suivre la qualité des eaux souterraines et son évolution	Durée contrat	Collecter la donnée sur les paramètres nitrates, pesticides et organo-chlorés	0
	1 <sup>ère</sup> moitié	Améliorer la connaissance des temps de renouvellement de la nappe	15 000
Reconquérir la qualité des eaux brutes des captages d'AEP et au droit des zones de forte vulnérabilité	1 <sup>ère</sup> moitié	Cartographier les iso-teneurs en nitrates et les secteurs contributeurs	15 000
	1 <sup>ère</sup> moitié	Elaboration de plans d'actions sur les zones prioritaires	150 000
	2 <sup>ème</sup> moitié	Mise en œuvre des plans d'actions sur les zones prioritaires	?
		<b>TOTAL</b>	<b>180 000</b>

Tableau 8. Actions d'amélioration de la connaissance et de suivi prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE)

### A l'échelle de plusieurs ressources

D'autres actions d'amélioration de la connaissance et de suivi concernant les eaux souterraines ont également été menées à des échelles plus larges (département, région). Ces actions, listées par le Tableau 9, sont susceptibles de concerner en partie la nappe de Dijon sud, mais il est impossible de savoir la proportion du coût qui peut être associé à la nappe. Ces coûts ne seront donc pas intégrés à l'évaluation globale. Ils sont fournis ici à titre indicatif.

			Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Etudes	1993	Inventaire des substances toxiques en Bourgogne	79 165	-	4 747
	1995	Etude régionale historique anciens sites industriels potentiellement pollués	149 740	-	8 978
	1998	Cartographie vulnérabilité eaux souterraines Bourgogne	271 535	-	16 281
	1999	Inventaire régional historique en Bourgogne	863 510	-	51 774
	2006	Etat des lieux qualitatif du bassin de l'Ouche	21 711	-	1 302
	2007	Bancarisation données ICSP Bourgogne 1998-2006	50 007	-	2 998
Suivi	1996	Réseau piézométrique de bassin aménagement des sites et appareillages (DIREN)	103 423	1 551	4 255
	2003	Acquisition de connaissance substances dangereuses (années 2003-2004)	1 749 826	-	119 007
	2007	Réseau de suivi des eaux souterraines de Côte d'Or coût annuel moyen sur la période 2007-2013 (CG21)	-	274 762	274 762
		<b>TOTAL</b>	<b>3 288 916</b>	<b>290 405</b>	<b>484 103</b>
En italique : estimations d'après hypothèses de coûts					
Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total					

Tableau 9. Bilan des coûts des actions d'amélioration de la connaissance et de suivi sur la période 1992-2014, à l'échelle de plusieurs ressources en eau

c) Actions de réduction des rejets polluants

**A l'échelle de la nappe de Dijon sud**

De nombreuses actions visant à réduire les rejets polluants issues des activités économiques situées au droit de la nappe ont été engagées sur la période 1992-2014. Ces actions visent à améliorer la gestion des eaux usées domestiques, des eaux usées industrielles, des eaux pluviales ainsi que les pratiques de désherbage en zone non agricole. Cette catégorie regroupe des actions techniques (création d'une station d'épuration, achat de matériel de désherbage alternatif) ainsi que des actions d'animation, des études et des suivis (souvent préalables à la mise en œuvre de changement de pratiques). Les bénéfices escomptés de la mise en œuvre de ces actions sont bien plus larges que la seule amélioration de la qualité de la nappe, le coût total de ces actions n'est donc pas directement lié à la dégradation de la qualité de la nappe. C'est le cas notamment des actions visant à réduire les pressions exercées par les eaux usées domestiques et industrielles. Cependant, il est difficile d'estimer la part liée à la nappe. Le Tableau 10 fait le bilan des actions mises en œuvre sur les communes situées au droit de la nappe, à l'exception de Dijon, qui fait l'objet d'un paragraphe séparé.

Au total, 96 actions ont été recensées sur la période 1992-2014. Les coûts d'investissement associés à ces actions représentent environ 21,5 millions € (dont environ 20% d'aides de l'Agence de l'eau), pour un coût moyen annuel estimé à 1,3 million d'€, soit de 0,43 à 0,49 €/m<sup>3</sup> prélevé dans la nappe pour l'AEP<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Selon l'hypothèse de volume considéré : 2,66 ou 3,05 millions de m<sup>3</sup> (respectivement volume prélevé en 2012 et volume maximum prélevable déterminé par l'étude de 2011)

	Type action	Nombre actions	Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Eaux usées domestiques	Création STEP	4	1 501 434	90 086	180 108
	Extension STEP	3	1 636 587	98 195	196 321
	Equipement STEP	7	398 815	23 929	54 358
	Réseau	3	769 333	15 656	35 770
	Animation	2	-	20 270	20 270
	Etude	10	268 258	-	16 084
	Suivi	3	17 841	-	1 070
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>4 592 268</b>	<b>248 137</b>	<b>503 982</b>
Eaux usées industrielles	Equipement	20	3 947 410	236 845	538 030
	Etudes	10	183 720	-	11 015
	Suivi	13	175 018	-	10 494
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>4 306 147</b>	<b>236 845</b>	<b>559 539</b>
Eaux pluviales	Bassin	4	5 412 598	81 189	222 700
	Réseau	4	6 878 378	103 176	283 009
	Autres	1	39 639	2 378	4 755
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>12 330 614</b>	<b>186 743</b>	<b>510 464</b>
Pesticides non agricoles	Matériel	6	111 601	6 696	15 211
	Etudes	4	91 233	-	5 470
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>202 834</b>	<b>6 696</b>	<b>20 681</b>
Autres	Etude sites pollués	1	19 001	-	1 139
	Etude élevage	1	2 315	-	139
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>21 316</b>	<b>-</b>	<b>1 278</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	<b>21 453 179</b>	<b>678 420</b>	<b>1 338 394</b>

Tableau 10. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 à l'échelle de la nappe de Dijon sud

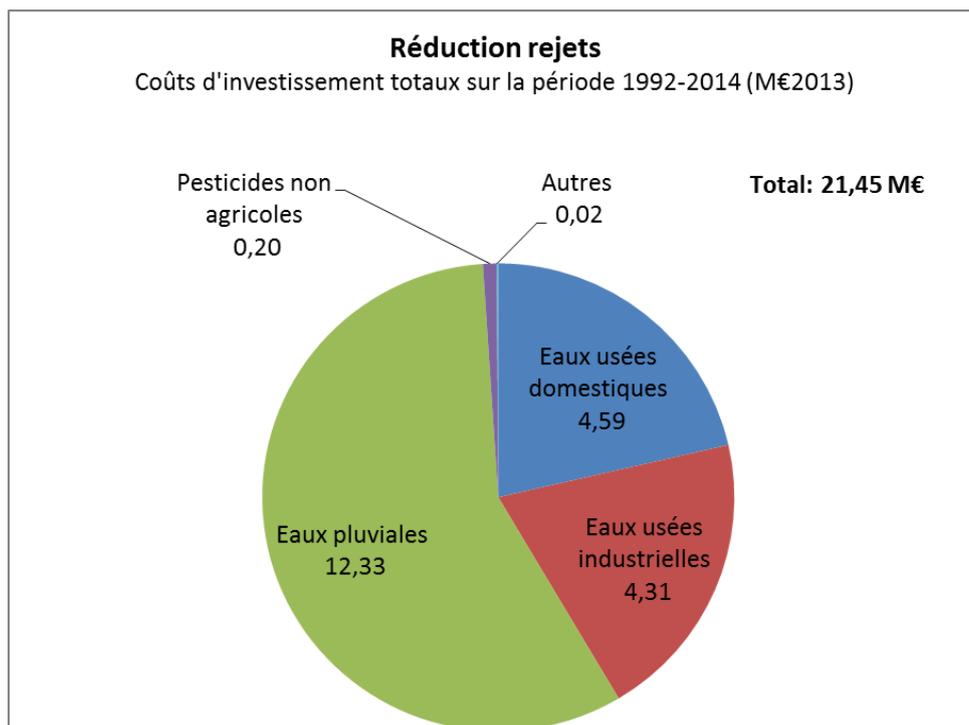


Figure 33. Coûts d'investissement des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014

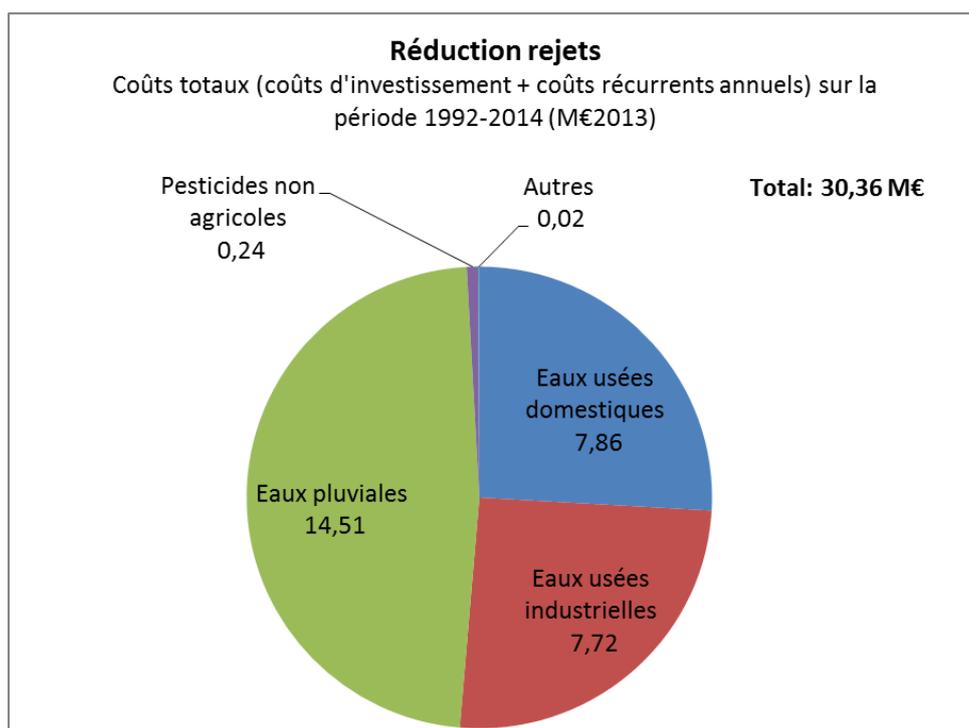


Figure 34. Coûts totaux des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014

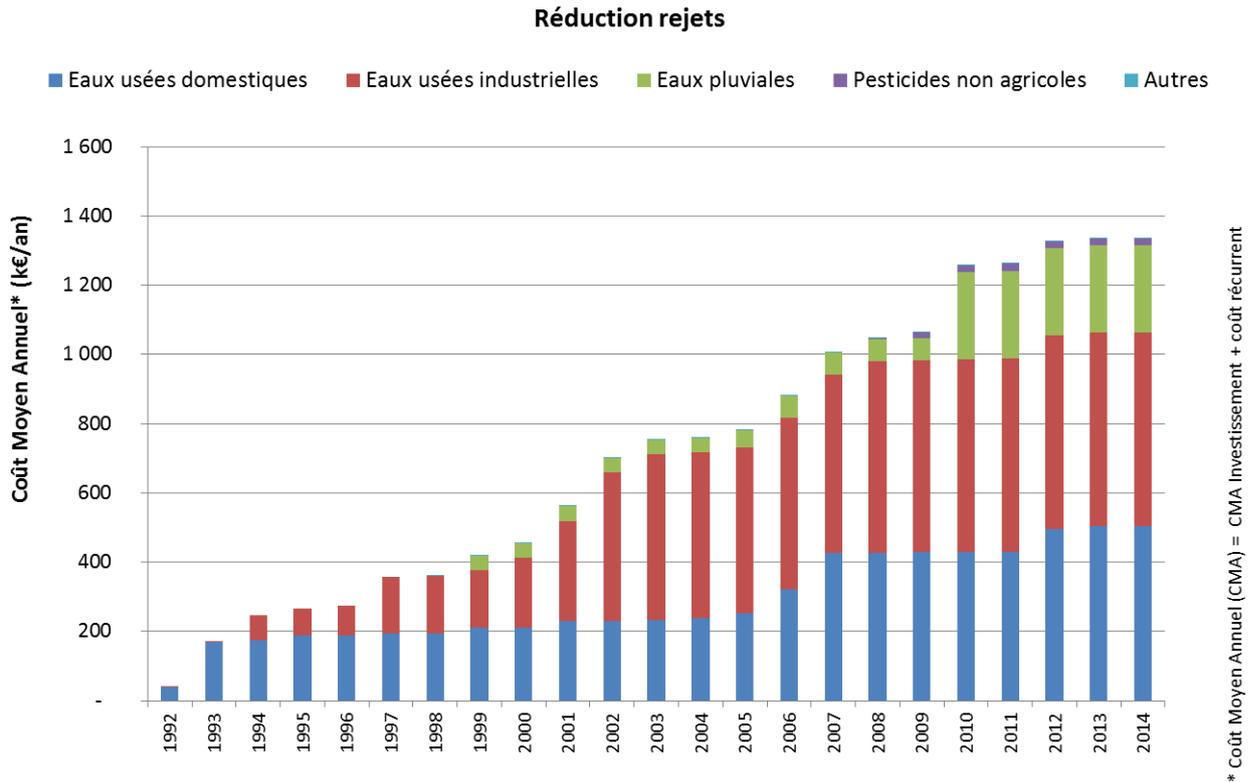


Figure 35. Coûts moyens annuels des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014

### Actions prévues

Plusieurs actions d'amélioration de la connaissance et de suivi sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration, pour un coût total sur cinq ans estimé 6,2 millions € minimum (Tableau 11).

Thématique contrat de nappe	Fréquence et délai (contrat sur 5 ans)	Action	Coûts estimés (€2013)
Réduire la contamination par les eaux usées et les eaux pluviales	contrat	Améliorer la gestion des eaux pluviales (plusieurs actions dont la collecte des eaux pluviales sur les tronçons APRR non sécurisés)	650 000
	contrat	Améliorer la gestion des eaux pluviales (plusieurs actions)	4 491 700
Réduire la contamination issue des réseaux viaires et des collectivités	contrat	Maintien des pratiques vertueuses d'entretien des voiries et direction vers le "zéro pesticides"	0
	1 <sup>ère</sup> moitié	Diagnostic des pratiques de désherbage des infrastructures ferroviaires et proposition de solutions alternatives	10 000
	2 <sup>nde</sup> moitié	Engagement d'un traitement alternatif d'une partie des infrastructures ferroviaires en donnant la priorité aux zones de forte vulnérabilité	?
	1 <sup>ère</sup> moitié	Diagnostic complémentaire approfondi de l'ancienne décharge communale de Féney et montage du dossier de réhabilitation	10 000
	2 <sup>nde</sup> moitié	Réhabilitation de l'ancienne décharge communale de Féney	0 à 400 000
	1 <sup>ère</sup> moitié	Diagnostic de deux anciennes décharges communales de risque inconnu (Perrigny-lès-Dijon et Saulon-la-Rue)	10 000
	2 <sup>nde</sup> moitié	Réhabilitation de deux anciennes décharges communales de risque inconnu (Perrigny-lès-Dijon et Saulon-la-Rue)	?
	Réduire la contamination par les pesticides	1 <sup>ère</sup> moitié	Installation de plateformes de lavage/remplissage individuelles ou de petit collectif
1 <sup>ère</sup> moitié		Installation d'une aire de lavage collective à Brochon	492 000
2 <sup>nde</sup> moitié		Installation d'une aire de lavage collective à Marsannay-la-Côte	400 000
<b>TOTAL minimum</b>			<b>6 213 700</b>

Tableau 11. Actions de réduction des rejets prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE)

### **A l'échelle de Dijon**

Les actions de réduction des rejets mises en œuvre sur la commune de Dijon sont ici traitées séparément, la proportion de la commune de Dijon située au droit de la nappe étant relativement faible et les coûts de ces actions étant assez conséquents. Au total, sur la période 1992-2014, une centaine d'actions ont été recensées, pour un coût d'investissement total de près de 170 millions d'euros, et un coût moyen annuel estimé à 21,2 millions d'€/an. Ces coûts sont principalement liés à des actions d'amélioration de la gestion des eaux usées domestiques de la ville de Dijon. Il n'est pas possible d'estimer la proportion de ce coût qui peut être lié à un objectif d'amélioration de la qualité de la nappe de Dijon sud.

	Type action	Nombre actions	Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Eaux usées domestiques	Extension STEP	5	138 402 056	8 304 123	18 863 444
	Equipement STEP	25	7 361 766	441 706	1 003 405
	Réseau	9	2 473 185	37 098	101 759
	Réservoir	1	150 735	2 261	6 202
	Animation	2	-	19 850	19 850
	Etude	17	2 394 956	-	143 596
	Suivi	4	36 168	-	2 169
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>63</b>	<b>150 818 566</b>	<b>8 805 038</b>	<b>20 140 424</b>
Eaux usées industrielles	Equipement	19	3 184 480	191 069	434 043
	Etudes	4	110 597	-	6 631
	Suivi	9	77 146	-	2 994
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>32</b>	<b>3 372 224</b>	<b>191 069</b>	<b>445 300</b>
Eaux pluviales	Bassin	1	15 162 028	227 430	623 838
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>15 162 028</b>	<b>227 430</b>	<b>623 838</b>
Pesticides non agricoles	Matériel	2	26 198	1 572	3 571
	Etudes	2	200 406	-	12 016
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>226 605</b>	<b>1 572</b>	<b>15 587</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>169 579 723</b>	<b>9 225 109</b>	<b>21 225 148</b>

Tableau 12. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 sur la commune de Dijon

### A l'échelle de plusieurs ressources

D'autres actions de réduction des rejets polluants ont également été menées à l'échelle départementale ou régionale, en particulier concernant les actions de lutte contre les pollutions diffuses d'origine agricole et d'amélioration des pratiques de désherbage en zone non agricole. Ces actions peuvent concerner en partie la nappe de Dijon sud, mais dans une proportion inconnue. Les investissements associés à la mise en œuvre de ces actions sont de 351 000 €, pour un coût moyen annuel estimé à 339 000 €/an.

	Type action	Nombre actions	Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Eaux usées industrielles	Animation	2	-	23 009	23 009
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>23 009</b>	<b>23 009</b>
Pollution diffuse agricole	Etudes	6	314 233	-	18 841
	Suivi	1	34 707	-	2 081
	Animation (moyenne des coûts sur la période 1999-2013)	29	-	155 909	155 909
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>348 940</b>	<b>155 909</b>	<b>176 831</b>
Pesticides non agricoles	Matériel	1	2 134	-	163
	Animation (moyenne des coûts sur la période 2009-2013)	5	-	138 748	138 748
	<b>SOUS-TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>2 134</b>	<b>138 748</b>	<b>138 911</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	<b>351 074</b>	<b>317 666</b>	<b>338 751</b>

Tableau 13. Bilan des coûts des actions de réduction des rejets sur la période 1992-2014 à l'échelle de plusieurs ressources en eau

#### d) Actions liées à la structure de gestion de la nappe

Ce paragraphe fait un bilan des coûts associés à la création et au maintien de structures dédiées à la gestion de la nappe : le SMAESAD entre 1989 et 2005, l'InterCLE depuis 2009, ainsi que, dans une moindre mesure, le Syndicat du bassin versant de la Vouge depuis 1998 et le syndicat du bassin versant de l'Ouche depuis 2005.

#### A l'échelle de la nappe

En l'absence de données sur les coûts associés au fonctionnement du SMAESAD sur la période 1989-2005, ceux-ci ont été estimés en faisant l'hypothèse qu'ils sont au moins équivalents à ceux de l'InterCLE. Au total, sur la période 1992-2014, les coûts d'investissement sont d'environ 100 000 €, pour un coût moyen annuel estimé à 62 000 €/an, soit environ 0,02 €/m<sup>3</sup> prélevé pour l'AEP.

			Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
SMAESAD	1992	Investissements (estimation sur la période 1992-2005)	76 762	-	(5 322)
	1992	Chargé de mission (estimation sur la période 1992-2005)	-	(57 000)	(57 000)
InterCLE	2009	Investissements	25 587	-	5 322
	2009	Chargé de mission (coût annuel sur période 2009-2014)	-	57 000	57 000
		<b>TOTAL</b>	<b>102 350</b>	<b>57 000</b>	<b>62 322</b>
En italique : estimations d'après hypothèses de coûts					
Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total					

Tableau 14. Bilan des coûts liés aux structures de gestion de la nappe sur la période 1992-2014

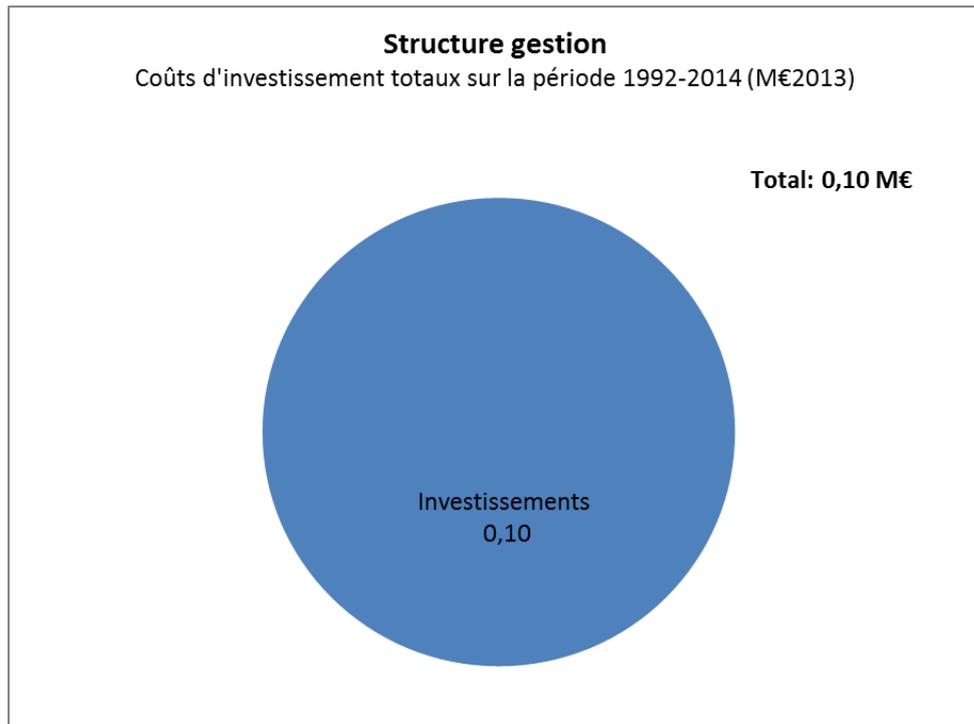


Figure 36. Coûts d'investissement pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014

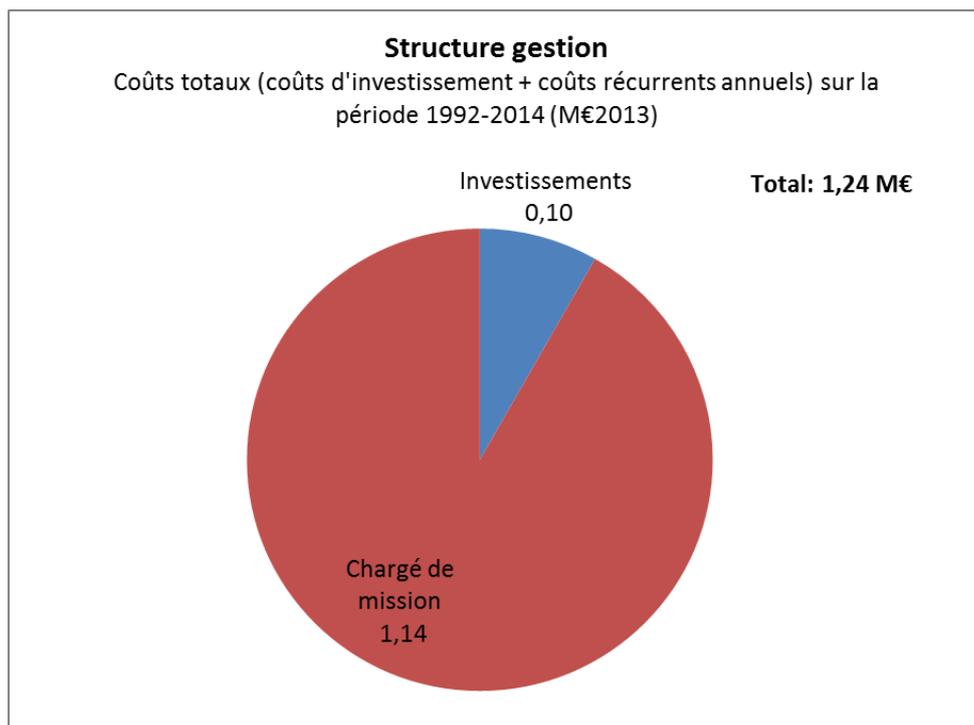


Figure 37. Coûts totaux pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014

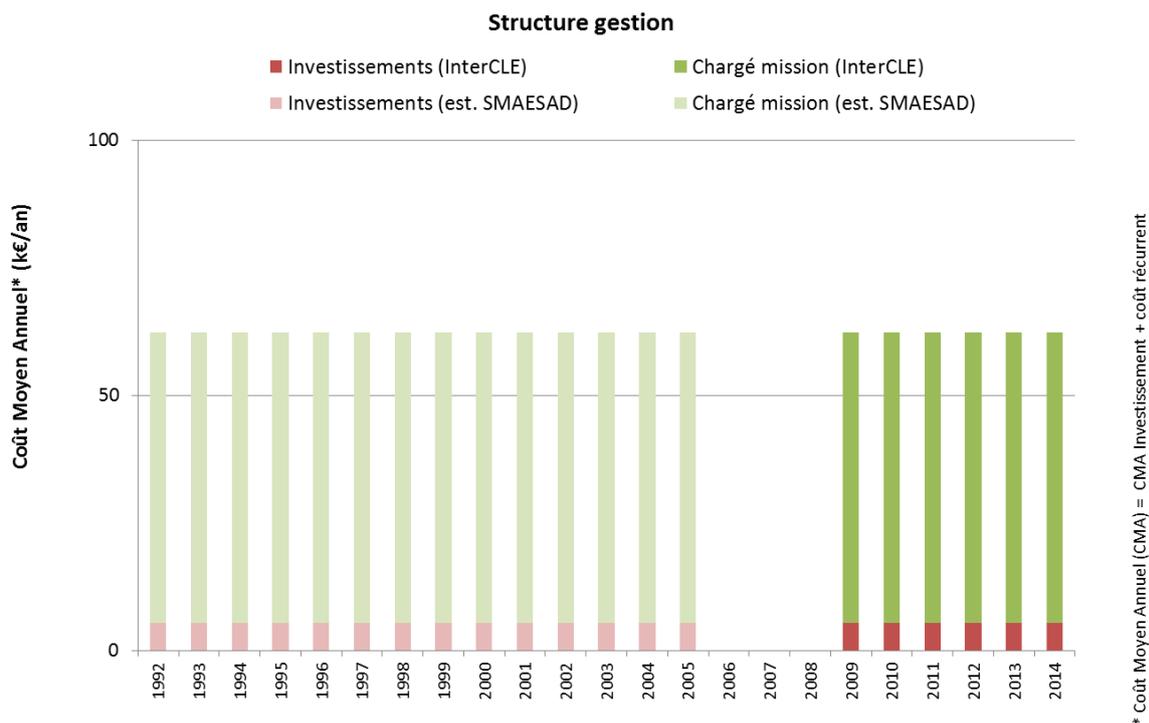


Figure 38. Coûts moyens annuels pour la structure de gestion de la nappe sur la période 1992-2014

Sur la période 2006-2008, une partie de la gestion de la nappe a été assurée ponctuellement par le SMD (ex-Grand Dijon), sur les captages qui le concernaient. Le SMD était également associé au Syndicat du Bassin versant de la Vouge pour le réseau de surveillance de la nappe.

### Actions prévues

Des actions de maintien et de développement des missions de l'InterCLE sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration, pour un coût total sur cinq ans estimé à 247 000 € (Tableau 15).

Thématique contrat de nappe	Fréquence et délai (contrat sur 5 ans)	Action	Coûts estimés (€2013)
Maintenir et développer les missions de l'InterCLE	Durée contrat	Maintenir le poste de chargé de mission	230 000
	Durée contrat	Réaliser l'étude bilan à mi-contrat et de fin de contrat	0
	2 <sup>nd</sup> e moitié	Etude-bilan prospective du contrat	30 000
	1 <sup>ère</sup> moitié	Développer une base de données et le SIG	5 000
	1 <sup>ère</sup> moitié	Développer le site internet	5 000
	1 <sup>ère</sup> moitié	Acquisition d'un statut réglementaire pour l'InterCLE	10 000
	Durée du contrat	Communication ciblée	0
		<b>TOTAL</b>	<b>280 000</b>

Tableau 15. Actions liées à la structure de gestion de la nappe prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE)

**A l'échelle de plusieurs ressources**

Une partie des coûts (inconnue) associés aux structures de gestion des bassins de l'Ouche et de la Vouge est certainement associée à la gestion de la nappe, mais dans une proportion inconnue. Les coûts d'investissement totaux associés à ces structures sur la période 1992-2014 sont de 226 000 €, et le coût moyen annuel est estimé à 184 000 €/an (Tableau 16 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

			Coût d'investissement (€2013)	Coût récurrent (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
SBV Vouge	1998	Investissements	112 003	-	6 715
	1998	Chargé(s) de mission (coût annuel sur période 1998-2014)	-	69 077	69 077
SBV Ouche	2005	Investissements	113 708	-	6 818
	2005	Chargé(s) de mission (coût annuel sur période 2005-2014)	-	101 561	101 561
		<b>TOTAL</b>	<b>225 710</b>	<b>170 638</b>	<b>184 171</b>
En italique : estimations d'après hypothèses de coûts					
Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total					

*Tableau 16. Bilan des coûts liés aux structures de gestion des BV Ouche et Vouge sur la période 1992-2014*

**5.3.4. Synthèse**

Au total, plus de 160 actions ont été menées à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014, pour pallier l'abandon de la nappe comme ressource AEP, puis pour reconquérir l'usage AEP et la qualité de la nappe.

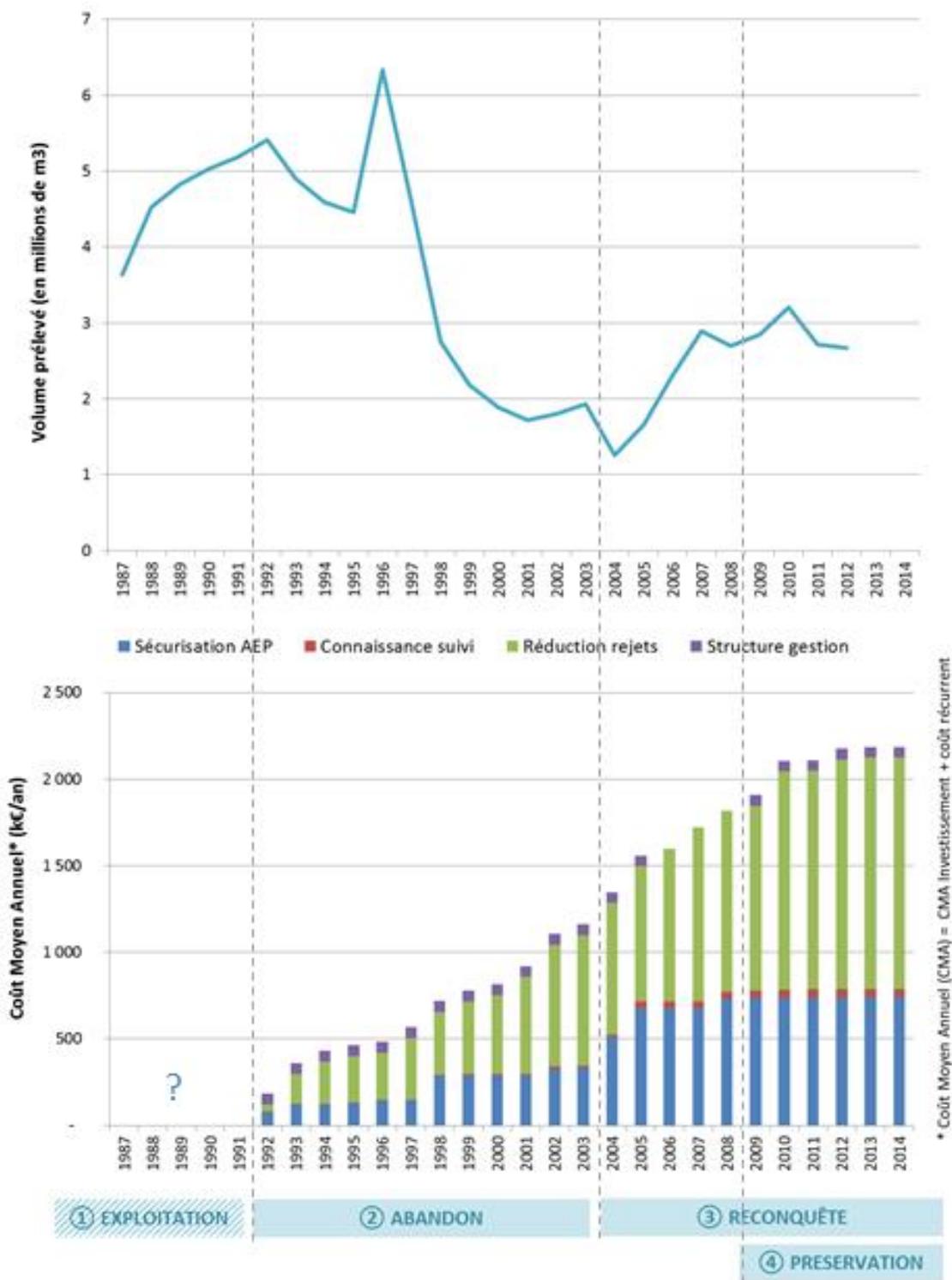


Figure 39. Volumes prélevés et coûts moyens annuels associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

La mise en œuvre de ces actions représente tout d'abord un coût pour le secteur de l'eau potable, qui a dû s'adapter à la dégradation de la qualité de la ressource. Sur la période 1992-2014, et sur la base des données disponibles, près de 9 millions d'€ d'investissements ont été réalisés pour la sécurisation de l'AEP, pour un coût moyen annuel représentant de 0,24 à 0,28 € par m<sup>3</sup> prélevé pour l'AEP dans la nappe (en moyenne 165 €/ha/an à l'échelle de la nappe).

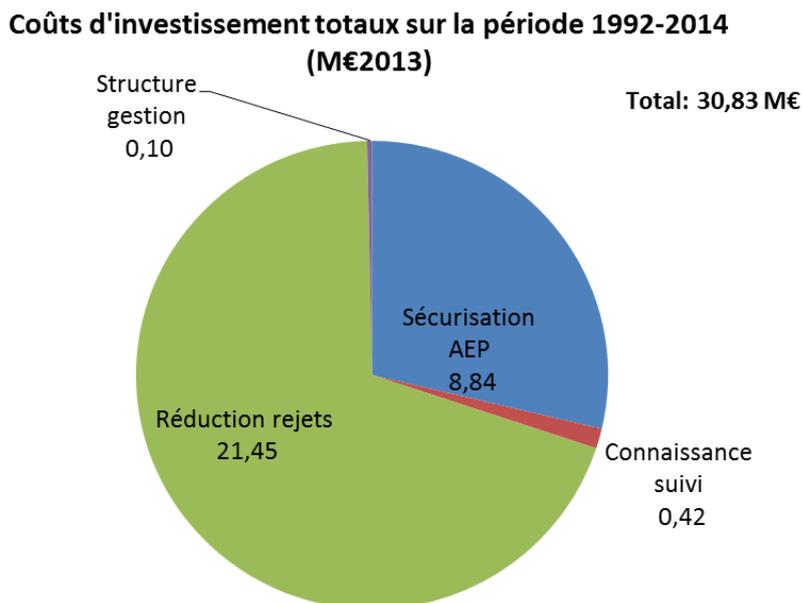


Figure 40. Coûts d'investissement associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

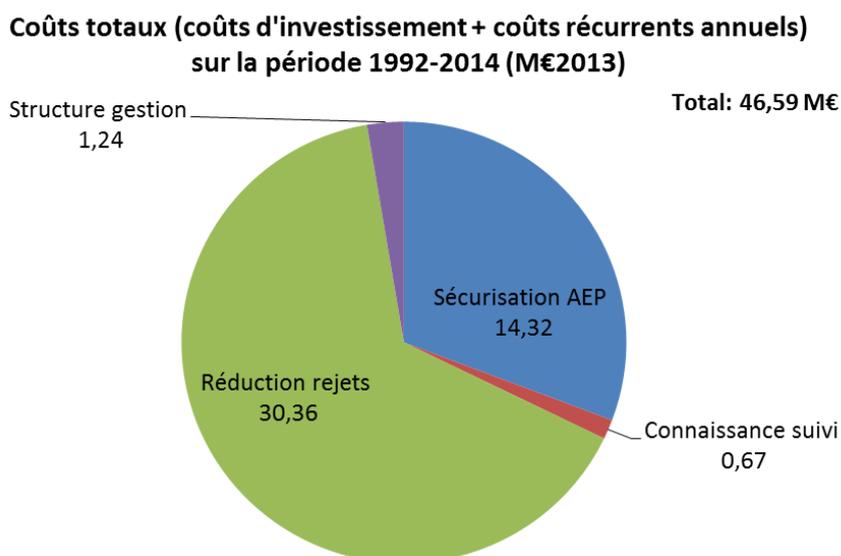


Figure 41. Coûts totaux associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

La dégradation de la ressource en eau souterraine a également entraîné la mise en œuvre d'actions d'amélioration et la mise en place de structures dédiées à la gestion de la nappe. Les coûts d'investissement associés à la mise en œuvre de ces actions sont estimés à plus de 500 000 €, pour un coût moyen annuel représentant environ 0,04 € par m<sup>3</sup> prélevé (en moyenne 25 €/ha/an à l'échelle de la nappe).

Enfin, la reconquête de la qualité de la ressource nécessite la mise en œuvre de nombreuses actions visant à diminuer les rejets polluants issus des activités humaines situées au droit de la nappe. Bien qu'il soit difficile d'isoler la proportion du coût imputable à la reconquête de la qualité de la nappe, ces actions ont nécessité sur la période 1992-2014 un coût d'investissement de plus de 21 millions d'euros, et représentent un coût moyen

annuel de 0,43 à 0,49 €/m<sup>3</sup> prélevé pour l'AEP (en moyenne 297 €/ha/an à l'échelle de la nappe).

Au total, l'ensemble de ces actions a entraîné plus de 30 millions d'€ d'investissements supportés en majorité par la collectivité et représentent un coût moyen annuel de 0,72 à 0,82€ par m<sup>3</sup> prélevé (en moyenne 486 €/ha/an à l'échelle de la nappe).

Catégorie d'action	Coûts estimés (€2013)
Sécurisation AEP	95 000
Connaissance suivi	180 000
Réduction des rejets	6 213 700
Structure gestion	280 000
<b>TOTAL minimum</b>	<b>6 768 700</b>

Tableau 17. Nouvelles actions prévues dans le contrat de nappe en élaboration (données InterCLE)

Plusieurs actions sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration par l'InterCLE. Le coût de mise en œuvre de ces actions sur les cinq prochaines années est estimé 6,7 millions d'€ minimum, la majeure partie de ce coût étant liée à la mise en œuvre d'actions de réduction des rejets polluants.

### 5.3.5. Discussion

Ce bilan économique sur la nappe de Dijon sud illustre les coûts engendrés pour la collectivité sur une période de plus de vingt ans lorsque rien n'a été fait en amont pour préserver la ressource en eau souterraine. Ce cas d'étude, bien que retenu comme zone de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable, ne peut être considéré comme une ressource préservée, et se rapproche de ce fait des situations rencontrées dans les AAC affectées par des pollutions diffuses d'origine agricoles, où la qualité des ressources en eau a été dégradée. Dans ce cas, le fait que la ressource ne soit pas préservée peut engendrer deux types de coûts supportés en grande partie par la collectivité : les coûts liés à l'abandon de la nappe comme ressource en eau potable et les coûts liés à la reconquête de la qualité de la nappe et de son usage pour l'AEP. Ces coûts auraient en effet pu être en partie évités si la ressource en eau avait été préservée.

La zone pilote de la nappe de Dijon sud illustre la démarche pouvant être mobilisée pour mettre en évidence ces coûts historiques, dont la collectivité a parfois peu conscience. Le travail a ici reposé essentiellement sur l'utilisation de la base de données des interventions de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse sur la période 1992-2014, croisée et complétée avec les données économiques issues des contrats de nappe, des bases de données de l'InterCLE, de Véolia et de la Lyonnaise des eaux, ainsi que de la consultation d'une douzaine d'acteurs impliqués dans la gestion de l'AEP et/ou la préservation de la nappe. Cependant, il convient d'être conscient que les données brutes issues de la base de données des interventions nécessitent un traitement assez important pour pouvoir être utilisées dans ce type de démarche :

- extraction des interventions liées à la nappe de Dijon sud : la base de données ne permet pas d'extraire directement les actions pertinentes pour la nappe de Dijon sud ; un tri peut être effectué sur la base des communes et/ou des collectivités titulaires des aides ; cependant l'évolution des noms et de la composition des structures intercommunales sur une période de vingt ans rend l'exercice assez difficile. Toutes les actions mises en œuvre sur la nappe n'ont pas forcément été aidées par l'Agence de l'eau, et ne figurent donc pas nécessairement dans la base de données. Le croisement avec d'autres sources d'information est donc indispensable, et il conviendra de s'assurer de ne pas faire de

double compte si de nouvelles actions sont ajoutées. Enfin, les résultats de l'évaluation économique doivent être considérés comme des ordres de grandeur uniquement, car il reste très difficile d'isoler les actions correspondant uniquement à la nappe de Dijon sud, même après ce travail de tri, et l'incertitude des coûts évalués reste donc assez importante ;

- répartition des interventions par catégorie d'actions : les codes des lignes de financement des programmes d'intervention ne peuvent être utilisés tels quels pour classer les actions, car ces catégories évoluent d'un programme à l'autre. Une nouvelle typologie des actions est donc nécessaire ;
- calcul des coûts : certains coûts représentent des coûts annuels, alors que d'autres sont des coûts d'investissement : ces coûts ne peuvent pas être directement additionnés ; les coûts fournis sont essentiellement des coûts d'investissement, qui nécessitent d'être complétés par l'évaluation des coûts annuels associés (e.g. entretien, main d'œuvre) ; les coûts doivent être exprimés dans la même année de référence pour pouvoir être additionnés.

Enfin, quels bénéfices peut-on attendre de la préservation de cette ressource sur le long terme ? L'évaluation économique menée ne permet pas de répondre directement à cette question. A l'heure actuelle, les actions de reconquête de la qualité de la nappe sont menées de front avec des actions de préservation de la qualité de la nappe, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'eau de manière durable (et d'éviter toute nouvelle dégradation), sans que les bénéfices de ces actions soient directement observables et mesurables. Sur le long terme, l'amélioration de la qualité de la nappe devrait permettre une diminution de certains coûts liés aux actions de sécurisation de l'AEP, mais dans une proportion et dans un délai pour le moment inconnus. Plus largement, les bénéfices générés par la préservation de la nappe sur le long terme sont liés à l'assurance de pouvoir continuer à utiliser cette ressource locale pour l'AEP des communes du sud de l'agglomération dijonnaise. En cas de défaillance (quantitative/ qualitative) des autres ressources, les bénéfices associés à la possibilité de pouvoir utiliser cette ressource pourraient être en effet très importants.

#### **5.4. ETUDE DE CAS APPLIQUEE A L'EVALUATION DES BENEFICES LIES A LA PRESERVATION DE LA ZONE DE SAUVEGARDE DES CONTREFORTS NORDS DE LA SAINTE-BAUME**

##### **5.4.1. Présentation de la zone de sauvegarde des contreforts Nord de la Sainte-Baume**

La zone de sauvegarde des contreforts Nord de la Sainte-Baume se situe au cœur du département du Var (83) dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Elle a été identifiée comme zone de sauvegarde non exploitée actuellement (ZSNEA) à la suite de deux séries d'études réalisées en 2011 par la SAFEGE et Egis Eau pour le compte du Conseil Général du Var avec le soutien de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse.

Les résultats de ces travaux ont montré que la zone recèle d'importants volumes d'eau souterraine potentiellement exploitables et de relativement bonne qualité stockés en grande partie dans les galeries minières résultant d'anciennes exploitations de bauxite. De plus, elle se situe à proximité des territoires du littoral varois (agglomération toulonnaise notamment) qui connaissent une croissance démographique et saisonnière importante. Via le Caramy, elle participe à l'alimentation du réservoir de Carcès qui alimente en eau potable une partie importante de la population Provence Méditerranée. Enfin, la zone est traversée par le Canal de Provence.



Figure 42. Localisation géographique de la zone de sauvegarde des contreforts Nord de la Sainte-Baume (Source : Agence de l'eau RMC)

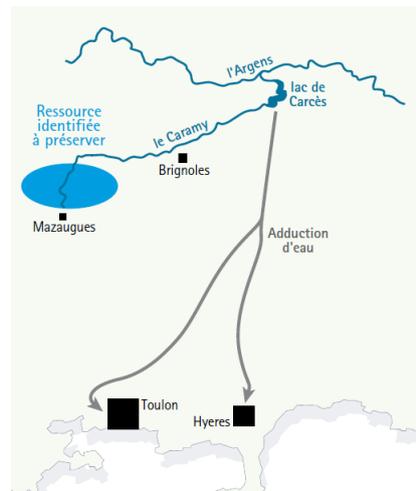


Figure 43. Localisation de la ZSNEA par rapport aux zones de fortes consommation en eau (Source : Agence de l'eau RMC)

L'ensemble de ces éléments confère à la ZSNEA des Contreforts Nord de la Sainte-Baume une position stratégique par rapport aux zones de forte consommation du littoral. La préservation de ce réservoir pour la satisfaction des besoins futurs en eau potable apparaît donc comme un enjeu important pour le département du Var.

A dominante rurale, l'emprise de la ZSNEA est située sur cinq communes (Mazaugues, Rougiers, Tourves, Nans-les-Pins et Plan d'Aups) qui regroupent 12 672 habitants en 2009. Seul le village de Mazaugues (801 habitants en 2009) est contenu dans le périmètre de la zone.

La ZSNEA s'étend sur 7 381 ha dont 7 051 ha de forêts et milieux semi-naturels (96%). Les forêts de feuillus représentent à elles seules 48% de la surface de la zone. L'occupation du sol sur la zone est par ailleurs très peu artificialisée (1%).

Occupation du sol	Surface (ha)	Part dans la surface totale (%)
<b>Territoires agricoles</b>	<b>244</b>	<b>3%</b>
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	241	3%
Prairies	2	0%
Vignobles	1	0%
<b>Territoires artificialisés</b>	<b>86</b>	<b>1%</b>
Extraction de matériaux	86	1%
<b>Forêts et milieux semi-naturels</b>	<b>7 051</b>	<b>96%</b>
Forêt et végétation arbustive en mutation	112	2%
Forêts de conifères	490	7%
Forêts de feuillus	3 562	48%
Forêts mélangées	2 051	28%
Pelouses et pâturages naturels	36	0%
Roches nues	37	1%
Végétation clairsemée	440	6%
Végétation sclérophylle	323	4%
<b>Total</b>	<b>7 381</b>	<b>100%</b>

Tableau 18. Répartition de l'occupation du sol sur la ZSNEA (Source : Corine Land Cover, 2006)

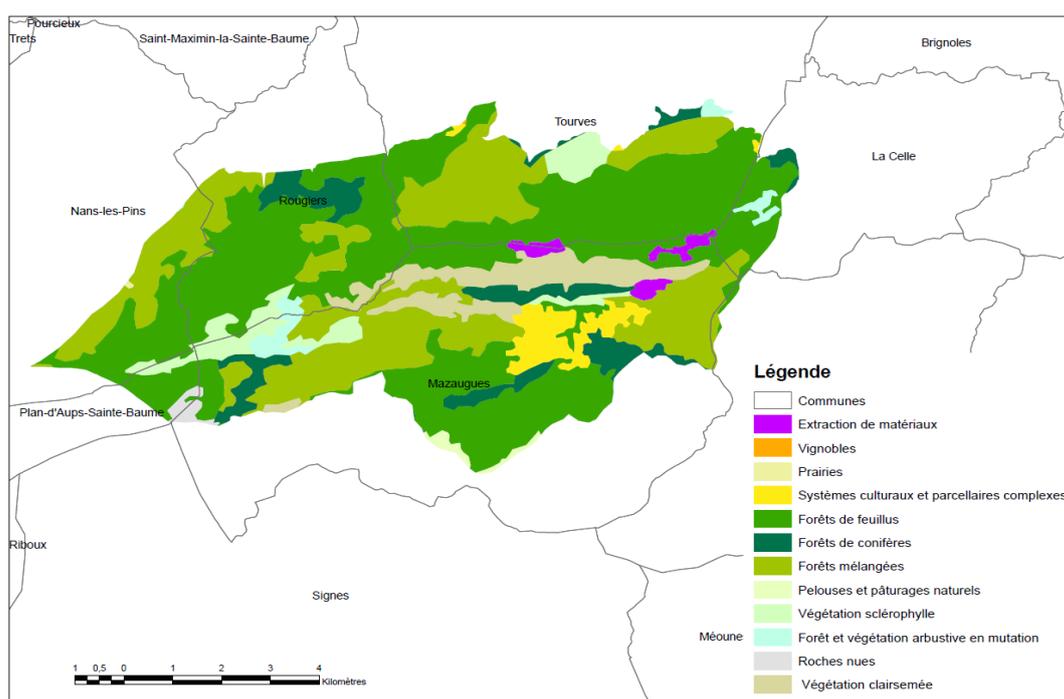


Figure 44. Occupation du sol sur la ZSNEA (Source : CLC, 2006)

#### 5.4.2. Démarche d'évaluation

La démarche d'évaluation des SE associés à la préservation de la zone de sauvegarde s'est composée de trois étapes :

- étape 1 : Pré-identification des services écosystémiques présents sur la zone et des principaux producteurs et bénéficiaires de ces services sur la base d'entretiens

préliminaires réalisés avec des acteurs ayant une connaissance globale du territoire étudié, et la consultation de documents disponibles (ScoT, PLU, etc.).

Cette étape a permis d'identifier 14 services écosystémiques a priori présents sur la zone (Figure 45) ;

	Commune de Mazaugues	Fédération de chasse 83	PNR de la Sainte Baume	ONF	Environnement Méditerranée	CG 83	Comité Départemental de Spéléologie du Var	Association des maires du Var	Syndicat Mixte du Pays de la Provence Verte	Fédération 83 pour la pêche et la protection du MA	Société du Canal de Provence
<b>Services d'approvisionnement</b>											
Production agricole											
Production de bois				•							
Produits de cueillette				•							
<b>Services de régulation</b>											
Régulation du climat: fixation et stockage du carbone				•		•					
Régulation cycle eau: qualité	•							•			•
Régulation cycle eau: quantité	•							•			•
Protection inondations											
Protection érosion											
<b>Services culturels</b>											
Chasse		•									
Pêche										•	
Promenade						•					
Autres (spéléologie)							•				
Aménités paysagères	•								•		
Education et recherche					•		•				

Figure 45. Acteurs consultés et leur lien avec les services écosystémiques identifiés

- **étape 2** : Rencontre et échange avec les acteurs et gestionnaires impliqués dans la préservation de la zone de sauvegarde, lors d'une mission de trois jours réalisée en septembre 2013 dans le département du Var. L'objectif de cette mission était multiple : (i) confronter, et éventuellement adapter l'approche proposée au terrain, (ii) valider une liste de services écosystémiques pertinents à estimer pour la zone d'étude, (iii) recueillir les données nécessaires pour les caractériser, et (iv) évaluer l'importance accordée aux différents services par les acteurs du territoire.

Une vingtaine d'acteurs potentiellement impliqués dans la préservation de la zone, et représentatifs de la diversité des producteurs et bénéficiaires des services écosystémiques présents sur la zone a été rencontrée :

les collectivités locales parmi lesquelles le Conseil Général du Var, les élus de la commune de Mazaugues, le Syndicat de préfiguration du Parc Naturel Régional de la Sainte-Baume, le Syndicat Mixte du Pays Provence Verte et l'Association des Maires du Var ;

les services de l'Etat parmi lesquels l'Office National de la Forêt, la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur et la DDT du Var ;

les représentants des usagers parmi lesquels le Comité Départemental de Spéléologie du Var, la Fédération de Pêche et de Préservation des Milieux Aquatiques du Var, la Fédération de Chasse du Var et l'Association Environnement Méditerranée ;

la Société du Canal de Provence.

Cette seconde étape a notamment permis d'identifier parmi les 14 services écosystémiques préalablement recensés, dix services qu'il est apparu pertinents de caractériser et d'évaluer.

- étape 3 : Evaluation économique des services écosystémiques, sur la base des données collectées localement. Pour chaque service identifié, plusieurs méthodes ont souvent été utilisées pour estimer la fourchette de valeurs du bénéfice. L'annexe 5 présente des exemples de travaux d'évaluation récents de différents services sur lesquels s'est basée notre analyse. Notons que par convention, les services de support ne font pas l'objet de valorisation économique, et ce pour éviter des doubles comptes (ces services étant indispensables à l'existence des autres services).

### 5.4.3. Evaluation économique

#### a) Production de bois (service d'approvisionnement)

##### Description

Les principales essences forestières présentes sur la ZSNEA sont les feuillus et les résineux. Ensemble, ils couvrent 6 103 hectares, soient 83% de la surface de la ZSNEA.

On trouve quatre modalités de propriété sur la ZSNEA :

- les **forêts privées** sont peu nombreuses mais couvrent des superficies importantes (environ 50% de la surface forestière de la ZSNEA). Les propriétaires privés sont regroupés au sein de l'Association Syndicale Libre de l'Est de la Sainte-Baume qui est labellisée PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*). L'usage principal du bois exploité est le bois de chauffage ;
- les **forêts communales** sont gérées en majorité par l'ONF et dans une moindre mesure directement par les communes ;
- les **forêts départementales** classées comme Espaces Naturels Sensibles (ENS) appartiennent au Conseil Général du Var et ne sont pas exploitées. Les ENS sont entretenus en gestion libre ;
- les **forêts domaniales** appartiennent à l'Etat et sont gérées par l'ONF. L'ONF est également en charge de la gestion d'une zone d'importance communautaire classée Natura 2000, dont 462 ha sont inclus dans la ZSNEA (FR9301606 – Massif de la Sainte-Baume). Un projet d'extension de cette zone qui couvre actuellement 2 164 ha est à l'étude, elle couvrirait alors l'intégralité de la ZSNEA.

L'activité économique liée à l'exploitation de la forêt est assez faible car les filières sont peu structurées et la productivité des forêts peu élevée. L'exploitation forestière est principalement tournée vers le bois de chauffage (feuillus) et la trituration pour la préparation de pâte à papier (résineux). Encore minimale en 2013, l'exploitation pour le bois-énergie pourrait connaître une augmentation importante dans les années à venir avec l'ouverture de nouveaux débouchés (projet INOVA - Centrale biomasse à Brignoles).

	Surface (ha)	Surface exploitée (ha)	Part de la surface exploitée dans la surface de la ZSNEA	Usages <sup>(1)</sup>
Forêts de conifères	490	328	5%	Trituration (90%), bois-énergie (9%), palette (1%)
Forêts de feuillus	3562	2387	32%	Bois de chauffage (100%)
Forêts mélangées	2051	1374	19%	
<i>Dont forêts de conifères</i>	1538	1031	14%	Trituration (90%), bois-énergie (9%), palette (1%)
<i>Dont forêts de feuillus</i>	513	344	5%	Bois de chauffage (100%)

<sup>(1)</sup> Estimation à dire d'expert.

Tableau 19. Superficies et usages des forêts par essences

### Evaluation

La valeur économique de la production de bois est estimée par la méthode des prix de marché. Pour évaluer le volume de bois produit annuellement par les forêts de la ZSNEA, on suppose que seules les forêts dont l'exploitation est considérée comme facile ou moyennement facile par l'Office de la Forêt Méditerranéenne sont exploitées (OFME, 2003). Cette hypothèse revient à considérer que 67% des forêts sont exploitées ce qui est cohérent avec l'estimation par les acteurs locaux des surfaces exploitées par communes (en excluant les ENS des surfaces exploitées).

Selon l'ONF, la forêt de la ZSNEA produit entre 1,3 et 1,5 m<sup>3</sup>/an pour les feuillus et 3 m<sup>3</sup>/an pour les résineux. Les prix de vente du bois sur pied (hors coûts d'exploitation) sont quant à eux compris entre 10 et 35 €/m<sup>3</sup> pour le bois de chauffage, entre 10 et 15 €/m<sup>3</sup> pour le bois de trituration et entre 100 et 130 €/m<sup>3</sup> pour le bois utilisé pour la fabrication de palettes. Enfin, il est de 12 €/m<sup>3</sup> pour le bois énergie. La valorisation des feuillus est donc globalement meilleure que celle des résineux dont l'accroissement annuel est toutefois plus élevé.

La valeur de la production annuelle de bois varie selon les hypothèses de prix et de volumes retenues entre 0,1 et 0,3 millions d'€/an.

	Forêts de conifères		Forêts de feuillus		Tous	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bois de chauffage	-	-	52 972	213 924	52 972	213 924
Trituration	54 763	82 144	-	-	54 763	82 144
Bois-énergie	6 572	6 572	-	-	6 572	6 572
Palette	6 085	7 910	-	-	6 085	7 910
<b>Valeur économique (€/an)</b>	67 419	96 626	52 972	213 924	<b>120 391</b>	<b>310 550</b>
<b>Valeur économique (€/ha forêt/an)</b>	33	48	13	53	<b>20</b>	<b>51</b>
<b>Valeur économique (€/ha ZSNEA/an)</b>	9	13	7	29	<b>16</b>	<b>42</b>

Tableau 20. Valeur économique de la production annuelle de bois par usages et par essences (€/an)

b) Production agricole (services d'approvisionnement)**Description**

Du fait d'une occupation du sol essentiellement forestière, l'activité agricole est assez faible sur le territoire. Elle est essentiellement tournée vers la polyculture, le polyélevage et, dans une moindre mesure, le maraîchage.

Les terres cultivées sont situées sur la commune de Mazaugues. Les autres communes de la ZSNEA ont également des terres cultivées mais celles-ci sont situées à l'extérieur de la ZSNEA. Le Tableau 21 présente les informations fournies par le Recensement Général Agricole (RGA) pour la commune de Mazaugues. En 2010, la ZSNEA comprend 12 exploitations agricoles dont le siège est situé à Mazaugues. Ces exploitations représentent une Surface Agricole Utile (SAU) de 426 ha, dont 362 ha de Surface Toujours en Herbe (STH). Ce sont pour la plupart de petites structures (surface moyenne par exploitation : 35,5 ha) bien qu'au moins une structure possède une surface de plus de 100 ha. Elles emploient 10 Unités de Travail Annuel<sup>23</sup> (UTA) pour une Production Brute Standard<sup>24</sup> (PBS) de 163 k€.

L'élevage occupe une place importante, caractérisé par les STH utilisées en grande partie pour le pâturage. Le cheptel à Mazaugues est constitué en 2010 de 99 Unités de Gros Bétail (UGB), contre 53 en 2000. L'apiculture est quant à elle exercée sur 3 exploitations dont les 93 ruches ont produit 2 950 kg de miel en 2010.

<b>Nombre d'exploitations agricoles</b>	<b>12</b>
Dont STH	4
<b>SAU (ha)</b>	<b>426</b>
Dont STH peu productives	353
Dont STH productives	9
Dont Prairies temporaires	39
Dont Cultures permanentes	6
Dont Fruits à noyaux	3
Dont Autres	16
<b>Population active agricole</b>	<b>28</b>
Total population active permanente	24
<i>Dont Salariés permanents</i>	<i>0</i>
Total population active saisonnière	4
<b>Travail (UTA)</b>	<b>10</b>
UTA familiales	9
Dont Salariés permanents	0
Saisonniers - occasionnels	1
<b>Nombre d'UGB</b>	<b>99</b>

Tableau 21. Statistiques agricoles de Mazaugues (Source: RGA, 2010)<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Mesure du travail fourni par la main-d'œuvre. Une UTA correspond au travail d'une personne à plein temps pendant une année entière

<sup>24</sup> La Production Brute Standard est la valeur potentielle qu'une exploitation peut tirer de son activité compte tenu de son cheptel et de ses surfaces.

<sup>25</sup> Le secret statistique implique qu'une valeur n'est pas diffusée si elle ne concerne qu'une ou deux exploitations ou si 85 % de cette valeur est issue d'une seule exploitation. Certaines données résultent donc d'une estimation.

Après une période de déprise agricole, l'activité agricole a eu tendance à augmenter à Mazaugues entre 2000 et 2010. Enfin, il convient de noter que la présence de différents cours d'eau et réseaux d'irrigation (Canal de Provence notamment) sur le territoire de la commune de Mazaugues constitue un atout pour l'activité agricole et notamment pour les activités de maraîchage, de cultures céréalières et d'horticulture (Chambre d'Agriculture du Var, 2013).

### **Evaluation**

Pour estimer la valeur générée par la production agricole sur le territoire, notre démarche a consisté à estimer puis sommer la valeur économique associée (i) à la production apicole, (ii) à la production maraîchère, horticole et arboricole et (iii) aux activités d'élevage.

### **Production apicole**

La production apicole s'élève en 2010 à 2 950 kg de miel par an pour un total de 93 ruches, soit un rendement moyen par ruche de 32 kg. Un audit réalisé en 2005 par l'Union Nationale de l'Apiculture Française sur la filière apicole française établit le rendement moyen par ruche à 24 kg pour les professionnels français (UNAF, 2005). La production apicole à Mazaugues est donc relativement plus performante que la moyenne française. Selon cette même étude, le bénéfice net moyen (hors coût de production et de commercialisation) des professionnels serait de 103 €/ruche. Sur la ZSNEA, on peut donc estimer le revenu apicole à environ 12 700 €/an, en tenant compte du différentiel de rendement entre la ZSNEA et la moyenne française.

### **Production maraîchère, horticole et arboricole**

Selon le Diagnostic Agricole de la commune de Mazaugues réalisé par la Chambre d'Agriculture du Var en 2013, les surfaces agricoles effectivement exploitées par les cultures arboricoles, maraîchères et horticoles représentent environ 25 ha (Chambre d'Agriculture du Var, 2013). En appliquant à ces surfaces les résultats économiques moyens des exploitations agricoles professionnelles de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur disponibles dans le Réseau d'Information Comptable Agricole de 2009 (RICA – Agreste, 2011), on obtient une valeur économique totale de la production maraîchère, horticole et arboricole sur la ZSNEA de 40,5 k€/an. L'indicateur utilisé est l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE). Il correspond à la ressource d'exploitation dégagée au cours d'une période après paiement des charges de personnel.

	<b>Arboriculture</b>	<b>Maraîchage</b>	<b>Horticulture</b>	<b>Total</b>
SAU (ha)	22,3	1,5	1,3	25,1
EBE moyen en PACA - 2009 (€/ha/an)	719	7 985	9 938	
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>16 014</b>	<b>12 000</b>	<b>12 445</b>	<b>40 459</b>

*Tableau 22. Valeur économique de la production maraîchère, horticole et arboricole*

### **Production de l'élevage caprin et bovin**

Deux types d'élevage sont présents sur la zone<sup>26</sup> : l'élevage caprin pour la production de fromages fermiers et de cabris et l'élevage bovin pour la production de lait, de viande et de fromages (Chambre d'Agriculture du Var, 2013). La production L'EBE moyen des élevages en région PACA est compris entre 314 €/UGB pour les élevages caprins (Agreste, 2011) et 654 €/UGB pour les élevages bovins (Institut de l'Élevage, 2012). Sur cette base, on peut

<sup>26</sup> Le nombre exact d'éleveurs n'est pas donné dans le RGA (secret statistique).

estimer la valeur économique de la production des activités d'élevage sur la ZSNEA à 50 k€/an.

	Caprins	Bovins	Total
UGB	24	65	
EBE moyen en PACA - 2011 (€/UGB)	314	654	
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>7 543</b>	<b>42 691</b>	<b>50 234</b>

Tableau 23. Valeur économique de la production de l'élevage caprin et bovin

Deux types de surfaces sont pâturés sur la ZSNEA<sup>27</sup> : les prairies (401 ha) ainsi que des territoires pastoraux (2 567 ha) situés sur des espaces forestiers. Parmi les six éleveurs autorisés à faire pâturer leur bétail, quatre sont situés en dehors de la ZSNEA, dans les communes alentour ainsi que dans les Alpes de Haute-Provence. La valeur de production agricole associée au sylvopastoralisme pour les éleveurs situés en dehors de la ZSNEA n'a toutefois pas été évaluée dans ce document par manque de données chiffrées sur la part de la production des éleveurs directement imputable à la pratique du sylvopastoralisme.

## Bilan

Pour finir, la valeur économique totale des bénéfices fournis par la production agricole sur la ZSNEA est donc la somme des valeurs économiques de la production apicole, de la production maraîchère, horticole et arboricole et de la production de l'élevage caprin et bovins. Elle est d'environ 100 k€/an, soit environ 243 €/ha\_SAU/an.

	Production apicole	Production maraîchère	Elevage	Total
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>12 660</b>	<b>40 459</b>	<b>50 234</b>	<b>103 354</b>
Valeur économique (€/ha_SAU/an)	30	95	118	243
Valeur économique (€/ha_ZSNEA/an)	2	5	7	14

Tableau 24. Valeur économique associée à la production agricole sur la ZSNEA

### c) Fixation et stockage de carbone (service de régulation)

#### Description

Les forêts et les prairies jouent un rôle déterminant dans la régulation du climat planétaire. D'une part, elles absorbent les composés atmosphériques contenant du carbone lors de la photosynthèse. D'autre part, elles libèrent des gaz à effet de serre par respiration, décomposition ou combustion (IFN, 2005).

<sup>27</sup> Les conditions à respecter sur les territoires pastoraux sont définies dans le Règlement du Plan d'Occupation Pastorale (POP) de la Commune de Mazaugues. Le mode de gestion qui y est préconisé est le sylvopastoralisme. Ce mode de gestion concilie production agricole et sylvicole et consiste à faire pâturer des animaux en forêt. Sur la ZSNEA, cette pratique fournit trois grands types de bénéfices :

- L'éleveur bénéficie d'une source d'alimentation pour son bétail ;
- Le gestionnaire d'espaces forestiers bénéficie d'un service de débroussaillage qui concourt à la production de bois ;
- La commune et les habitants bénéficient d'un service de défense contre les incendies via la réduction du volume de biomasse combustible.

Le carbone absorbé par la végétation est stocké dans :

- la **biomasse**, on différencie alors le stockage de biomasse aérienne, c'est-à-dire le carbone stocké au-dessus du sol dans les feuilles et branches des arbres par exemple, et le stockage de biomasse souterraine, dans les racines des plantes notamment ;
- le **sol**, le carbone se trouve alors essentiellement sous forme organique.

Concernant les modalités de séquestration du carbone, on différencie :

- le **flux annuel de fixation (ou absorption)** de carbone qui correspond à la différence entre les quantités de carbone absorbées (en fonction de l'accroissement de la végétation en volume) et rejetées (en fonction des récoltes et de la mortalité des arbres) par la végétation sur une année donnée. Le flux annuel de fixation s'exprime en tonne équivalent CO<sub>2</sub>/an<sup>28</sup> (teqCO<sub>2</sub>/an) ;
- le **stockage de long-terme** qui est la somme des quantités stockées annuellement sur la durée de vie de l'écosystème. Le carbone stocké à long-terme n'est pas stocké à vie : il assure une fonction de protection contre l'effet de serre dont il permet de retarder les impacts (toute matière organique étant à terme minéralisée). La durée de stockage de long-terme est estimée à 30 ans. Ainsi, les quantités stockées peuvent être considérées comme un capital immobilisé sur une longue période dont les bénéfices correspondent non pas à la valeur totale mais à la rémunération annuelle. Le stockage de long-terme s'exprime en teqCO<sub>2</sub> stockées sur la durée de vie de l'écosystème.

Sur la ZSNEA, l'essentiel des quantités de carbone fixées et stockées sur le long-terme proviennent de la capacité de stockage dans le sol et dans la biomasse des forêts qui occupent 83% de la surface de la zone. Les territoires agricoles représentent quant à eux une faible superficie. Ils sont essentiellement constitués de surfaces toujours en herbe dont le stockage aérien de biomasse est considéré comme négligeable (Puydarrieux *et al.*, 2013). Le carbone stocké par ces prairies permanentes provient donc du stockage de long-terme et du flux annuel de carbone dans le sol et dans la biomasse souterraine.

## Evaluation

L'évaluation économique de la fixation et du stockage de carbone par les prairies et les forêts nécessite de différencier pour chacun le stockage de long-terme et la fixation annuelle de carbone.

### **Forêts**

- stockage de long-terme du carbone

La capacité de stockage du carbone des forêts dépend de nombreux facteurs propres aux territoires (climat, type de sol, etc.) et aux peuplements (essences dominantes, production biologique, âge, régime sylvicole, etc.). Des coefficients de stockage de long-terme du carbone par essence ont été estimés pour la France dans le cadre du projet CARBOFOR<sup>29</sup>. Considérés dans la littérature comme des valeurs de références (IFN, 2005), ces coefficients

---

<sup>28</sup> Les émissions de gaz à effet de serre sont généralement exprimées en tonne équivalent CO<sub>2</sub> (teq CO<sub>2</sub>), unité commune pour l'ensemble des gaz à effet de serre qui prend en compte leurs caractéristiques (durée de vie et capacité à réchauffer la planète).

<sup>29</sup> Financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et le Ministère de l'Agriculture, le projet CARBOR a réuni entre 2002 et 2005 quatorze partenaires en vue de quantifier les impacts du changement climatique sur le bilan et le stockage de carbone, la production primaire et l'hydrologie des grands écosystèmes forestiers métropolitains. Lousteau et al. (2004) présente une synthèse des principaux résultats du projet.

(en tC/m<sup>3</sup>) permettent de quantifier la capacité de stockage de différentes essences selon leur morphologie, leur densité et leur taux de carbone.

Le Tableau 25 présente les résultats de l'application de ces coefficients aux essences de la ZSNEA selon la méthode mise au point par le projet CARBOFOR qui est détaillée dans le tableau. La valeur relativement plus élevée du coefficient de stockage des feuillus par rapport à celui des résineux s'explique par le fait que son facteur d'expansion des branches (m<sup>3</sup> aérien/m<sup>3</sup> de tige) et la densité de son bois (tonne/m<sup>3</sup>) sont relativement plus élevés que pour les résineux.

Conformément aux recommandations du CAS (2009), les hypothèses suivantes ont été utilisées :

- répartition du stockage : deux tiers de stockage souterrain (biomasse et sols) et un tiers de stockage aérien (biomasse) (Dupouey et al, 2002)<sup>30</sup> ;
- taux d'immobilisation à long-terme du carbone : 75% pour le stockage souterrain et 25% pour le stockage aérien.

	<b>Feuillus</b>	<b>Résineux</b>	<b>Total</b>
Surface (ha)	4 075	2 028	6 103
Volume de bois sur pied (m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	358 578	178 486	537 064
Coefficient de stockage (tC/m <sup>3</sup> )	0,54	0,36	
Coefficient de stockage (teqCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) <sup>(2)</sup>	1,93	1,30	
<b>Capacité de stockage de CO<sub>2</sub> sur la ZSNEA (teqCO<sub>2</sub>)</b>	<b>690 664</b>	<b>231 932</b>	<b>922 595</b>
Dont stockage souterrain (67%)	462 745	155 394	618 139
Dont stockage aérien (33%)	227 919	76 537	304 456
<b>Stockage de CO<sub>2</sub> de long-terme sur la ZSNEA (teqCO<sub>2</sub>)</b>	<b>404 038</b>	<b>135 680</b>	<b>539 718</b>
Dont stockage souterrain (75%)	347 058	116 546	463 604
Dont stockage aérien (25%)	56 980	19 134	76 114
(1) Volume de bois sur pied moyen en PACA : 88 m <sup>3</sup> /ha (IFN, 2012).			
(2) Ratio de conversion tC/teqCO <sub>2</sub> : 3,6			

Tableau 25. Stockage de carbone de long-terme par les forêts de la ZSNEA

La quantité de carbone stockée dans les forêts de la ZSNEA s'élève à environ 540 kteqCO<sub>2</sub>, dont les trois quarts sont stockées par les feuillus. Ramené à l'hectare de forêt, le stockage de long-terme du carbone est de 88 teqCO<sub>2</sub>/ha, soit environ 25tC/ha. Ces résultats sont cohérents avec les estimations disponibles pour la forêt méditerranéenne (entre 0 et 40 tC/ha) dont la capacité de stockage du carbone est nettement inférieure à celle d'autres régions où les peuplements sont plus matures et le milieu moins contraignant (Nord-Est de la France en particulier) (IFN, 2005).

- fixation annuelle du carbone

Le flux annuel de carbone fixé par les forêts correspond à la quantité de carbone absorbée par la végétation lors de son accroissement auquel sont soustraits les prélèvements annuels et la mortalité.

<sup>30</sup> Selon Dupouey et al. (2002), la répartition est la suivante : sol (51%), bois fort et branches (32%), racines (7%), litière (6%), feuilles (2%) et arbustes (2%).

L'indicateur utilisé par l'IFN pour estimer l'accroissement annuel de matière bois produit par la croissance des arbres est la production biologique annuelle en volume des arbres vifs. Elle s'exprime en m<sup>3</sup>/ha/an.

Le Tableau 26 présente les flux annuels de carbone fixé par les forêts de la ZSNEA pour deux estimations : l'une à partir de données départementales de l'ONF sur le Var et l'autre à partir de données régionales fournies par l'IFN pour la région PACA.

	Feuillus		Résineux		Total	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Surface (ha)	4 075		2 028		6 103	
Production biologique annuelle (m <sup>3</sup> /ha/an)	1,3	1,5	3,0		-	
Production nette (% de la production biologique)	34% (1)	43% (2)	34% (1)	43% (2)	34% (1)	43% (2)
<b>Production nette (m<sup>3</sup>/an)</b>	<b>1 796</b>	<b>2 620</b>	<b>2 062</b>	<b>2 607</b>	<b>3 858</b>	<b>5 227</b>
Coefficient de stockage (teqCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	1,93		1,30			
<b>Flux annuel de carbone fixé (teqCO<sub>2</sub>/an)</b>	<b>3 459</b>	<b>5 045</b>	<b>2 680</b>	<b>3 389</b>	<b>6 139</b>	<b>8 434</b>
(1) Estimation d'après données pour le département du Var (ONF, 2012)						
(2) Estimation d'après données pour la région PACA (IFN, 2012)						

Tableau 26. Fixation annuelle de carbone par les forêts de la ZSNEA

Le flux annuel de carbone fixé par les forêts de la ZSNEA est estimé entre 6,1 et 8,4 kteqCO<sub>2</sub>/an, soient entre 1 et 1,4 teqCO<sub>2</sub>/ha\_forêt/an. Ces valeurs correspondent aux ordres de grandeurs indiqués pour la France par le CAS (2009) (entre -3 et +6 tC/ha/an).

- évaluation économique du stockage de long-terme et de la fixation annuelle de carbone  
La valorisation économique consiste ici à appliquer un prix aux quantités de CO<sub>2</sub> stockées et fixées par les forêts. Les deux méthodes les plus couramment utilisées en France consistent à valoriser le stockage et la fixation du carbone selon (i) le prix de marché du carbone sur le marché européen des quotas d'émissions de CO<sub>2</sub> : 13€/tCO<sub>2</sub> en moyenne en 2010<sup>31</sup> et (ii) la valeur tutélaire du carbone proposée par le rapport Quinet (Quinet, 2008) : 32 €/teqCO<sub>2</sub> en 2008, croissant jusqu'à 100 €/teqCO<sub>2</sub> en 2030. Ces deux méthodes sont donc utilisées pour borner l'estimation.

Selon la méthode choisie, la valeur économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les forêts est comprise entre 79 et 270 k€/an.

	Méthode 1 : Prix de marché		Méthode 2 : Rapport Quinet	
	Min	Max	Min	Max
Prix du CO <sub>2</sub> (€/tCO <sub>2</sub> )	13		32	
Flux annuel de carbone fixé (teqCO <sub>2</sub> /an)	6 139	8 434	6 139	8 434
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/an)</b>	<b>79 810</b>	<b>109 643</b>	<b>196 454</b>	<b>269 889</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_forêt/an)</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>44</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>37</b>

Tableau 27. Evaluation économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les forêts

<sup>31</sup> Le prix du carbone est d'environ 5€/tCO<sub>2</sub> en Janvier 2014 (Prix Spot des quotas d'émissions – EEX) : <http://www.eex.com/en/Market%20Data/Trading%20Data/Emission%20Rights/EU%20Emission%20Allowances%20%7C%20Spot>.

Pour le stockage de carbone à long terme, l'évaluation économique nécessite de procéder à une actualisation de la valeur économique du stockage. L'actualisation est l'opération mathématique qui permet de ramener des valeurs économiques futures à des valeurs présentes. Un taux d'actualisation élevé traduit une préférence de la collectivité pour le présent. En matière de changement climatique, parce que les effets sont attendus sur le long terme, plus le taux d'actualisation est élevé, plus les coûts et bénéfices qui lui sont associés aujourd'hui sont faibles. Nous utilisons ici la valeur de 2,5% qui est la valeur préconisée depuis 2013 dans les travaux d'évaluation socio-économique (CGSP, 2013) bien qu'il convienne de garder en tête que certains auteurs préconisent d'adopter un taux d'actualisation plus faible (Stern, 2007), voire décroissant (DEFRA, 2005) ce qui aurait notamment pour conséquence d'augmenter la valeur accordée au bien-être des générations futures.

En l'absence de destruction des forêts, le carbone stocké sur le long-terme peut être considéré comme du capital immobilisé. Les bénéfices qui lui sont associés dépendent donc du taux de rémunération retenu pour ce capital immobilisé. Considérant qu'il s'agit d'estimer le prix accordé au fait de retarder un dommage donné, et donc d'estimer une préférence pour le présent, le CAS (2009) propose d'appliquer un taux de rémunération annuel à court et moyen terme identique au taux d'actualisation, à savoir 2,5%.

Sur cette base, les bénéfices associés au stockage de long terme des forêts s'élèvent chaque année à 2,5% de la valeur totale du stockage de long terme, autrement dit à 2,5% du produit de (i) la quantité de carbone stockée sur le long-terme (estimée à environ 540 kteqCO<sub>2</sub>) et (ii) du prix du carbone l'année considérée. En 2010, les deux prix de la tonne de CO<sub>2</sub> considérés sont 13€ (prix de marché) et 32€ (valeur tutélaire). Le Tableau 28 présente les résultats de cette méthode.

	Méthode 1 : Prix de marché	Méthode 2 : Rapport Quinet
Stockage de CO <sub>2</sub> de long-terme sur la ZSNEA (teqCO <sub>2</sub> )	539 718	
Prix du CO <sub>2</sub> (€/tCO <sub>2</sub> )	13	32 puis croissant
Taux de rémunération du capital	2,5%	
<b>Rémunération du capital stocké en 2010 (€/an)</b>	<b>175 408</b>	<b>666 735</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_forêt/an)</b>	<b>29</b>	<b>109</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>24</b>	<b>90</b>

Tableau 28. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long terme du carbone par les forêts (Méthodes 1 et 2)

Toutefois, dans la seconde méthode, le rapport Quinet propose d'adopter un prix du CO<sub>2</sub> croissant au taux de 5,8% entre 2010 et 2030 jusqu'à atteindre 100 €/teqCO<sub>2</sub> en 2030, puis un taux croissant au taux d'actualisation après 2030. Ainsi, la valeur totale du stockage de long-terme du carbone devrait augmenter chaque année proportionnellement à l'augmentation du prix du CO<sub>2</sub>. En considérant un taux de rémunération du capital stocké de 2,5% chaque année et un taux d'actualisation de 2,5%, la valeur actualisée en 2010 des bénéfices du stockage de long terme des forêts s'élève chaque année au produit de (i) la quantité de carbone stockée sur le long-terme (estimée à environ 540 kteqCO<sub>2</sub>) et (ii) du prix actualisé du carbone l'année considérée. Le détail de ce calcul est présenté en Annexe. La valeur moyenne sur 30 ans de ces bénéfices actualisés fournit un ordre de grandeur de la valeur du stockage de carbone de long-terme, en tenant compte de la dynamique de croissance dans le temps du prix du carbone. Cette valeur moyenne est de 670 k€/an.

Selon la méthode, la valeur économique du stockage de long-terme par les forêts est donc comprise en 2010 entre 175 et 670 k€/an.

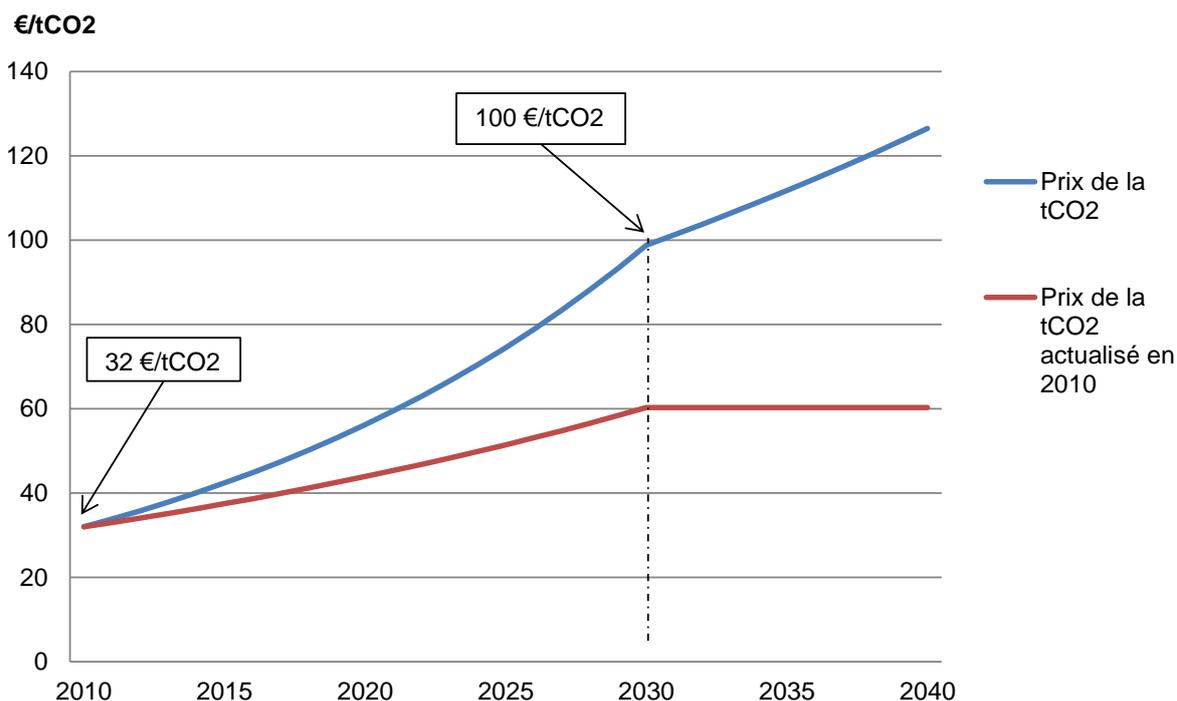


Figure 46. Evolution dans le temps de la valeur tutélaire du carbone

### Prairies permanentes

- stockage de long-terme du carbone

Pour les prairies, le stockage de biomasse aérienne est considéré comme négligeable (Puydarrieux et al., 2013). Evaluer le stockage de long-terme revient donc à évaluer le stock de carbone séquestré dans les sols qui dépend à son tour de la vitesse de décomposition de la matière organique dans les sols. Des coefficients de stockage de carbone par type de sols sont utilisés pour estimer cette valeur.

Selon l'INRA, le carbone stocké dans les sols par les prairies du Sud de la France varie entre 50 et 70 tC/ha (Arrouays et al, 2002). Conformément aux recommandations de Puydarrieux et al. (2013) et du CAS (2009), il a été considéré que 75% du carbone stocké par les prairies dans les sols était stocké sur le long-terme. Il convient de noter, à titre de comparaison, que cela a pour conséquence d'appliquer aux prairies un facteur de stockage de long-terme souterrain à l'hectare (180 tCO2/ha x 100% x 75%) supérieur au facteur de stockage souterrain appliqué aux forêts (151 tCO2/ha x 67% x 75%).

	Min	Max
Surface toujours en herbe sur la ZSNEA (ha)	362	
Facteur de stockage (tC/ha)	50	70
<b>Facteur de stockage (tCO2/ha)</b>	<b>180</b>	<b>252</b>
Dont stockage souterrain	100%	100%
Dont part stockée à long-terme	75%	75%
<b>Stockage de CO2 de long-terme sur la ZSNEA (teqCO2)</b>	<b>48 870</b>	<b>68 418</b>

Tableau 29. Stockage de carbone de long-terme par les prairies permanentes de la ZSNEA

- fixation annuelle du carbone

Dans leur évaluation de la valeur économique des prairies permanentes, Puydarrieux et al. (2013) proposent d'utiliser un facteur de fixation annuelle de carbone par hectare compris entre 0,2 et 0,4 tC/ha/an, soit 0,72 à 1,44 teqCO<sub>2</sub>/ha\_prairies/an. L'application de ce facteur à la STH de la ZSNEA permet d'estimer la quantité de carbone fixée annuellement par les prairies de la ZSNEA entre 261 et 521 teqCO<sub>2</sub>/an.

- évaluation économique du stockage de long-terme et de la fixation annuelle de carbone

Les mêmes hypothèses que pour l'évaluation économique des forêts sont utilisées pour les prairies.

	Méthode 1 : Prix de marché		Méthode 2 : Rapport Quinet	
Prix du CO <sub>2</sub> (€/tCO <sub>2</sub> )	13		32	
	Min	Max	Min	Max
Flux annuel de carbone fixé (teqCO <sub>2</sub> /an)	261	521	261	521
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/an)</b>	<b>3 388</b>	<b>6 777</b>	<b>8 340</b>	<b>16 681</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_prairies/an)</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>46</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>0,46</b>	<b>0,92</b>	<b>1,13</b>	<b>2,26</b>

Tableau 30. Evaluation économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les prairies

Selon la méthode choisie, la valeur économique des bénéfices associés à la fixation annuelle de carbone par les prairies est comprise entre 3 et 17 k€/an.

	Méthode 1 : Prix de marché		Méthode 2 : Rapport Quinet	
Stockage de CO <sub>2</sub> de long-terme sur la ZSNEA (teqCO <sub>2</sub> )	48 870	68 418	48 870	68 418
Prix du CO <sub>2</sub> (€/tCO <sub>2</sub> )	13		32 puis croissant	
Taux de rémunération du capital	2,5%			
<b>Rémunération du capital stocké (€/an)</b>	<b>15 882</b>	<b>22 236</b>	<b>60 371</b>	<b>84 519</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_prairies/an)</b>	<b>44</b>	<b>61</b>	<b>167</b>	<b>233</b>
<b>Valeur économique de la fixation annuelle (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>11</b>

Tableau 31. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long terme du carbone par les forêts

Selon la méthode, la valeur économique du stockage de long-terme par les prairies est comprise en 2010 entre 15 et 85 k€/an.

Pour conclure, le stockage et la fixation annuelle de carbone sur la ZSNEA (forêt et prairies permanentes) sont estimés entre 37 et 141 €/ha\_ZSNEA/an, soit une valeur totale comprise entre 274 et 1 050 k€/an. Selon la méthode de valorisation économique utilisée, la valeur économique de ce bénéfice peut donc varier du simple au triple.

Du fait de leur importance sur la zone, les forêts contribuent nettement plus au stockage et à la fixation du carbone que les prairies (90% pour les forêts contre 10% pour les prairies). Les contributions de chacun sont par ailleurs clairement dominées par le stockage de long-terme.

	Stockage		Fixation		Stockage et fixation	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>FORETS</b>						
Valeur économique (€/an)	175 408	666 735	79 810	269 889	255 218	936 625
Valeur économique (€/ha ZSNEA/an)	24	90	11	37	35	127
<b>PRAIRIES</b>						
Valeur économique (€/an)	15 883	84 519	3 388	16 681	19 271	101 200
Valeur économique (€/ha ZSNEA/an)	2	11	0,5	2	3	14
<b>FORETS + PRAIRIES</b>						
<b>Valeur économique (€/an)</b>	191 291	751 255	83 198	286 570	<b>274 489</b>	<b>1 037 825</b>
<b>Valeur économique (€/ha ZSNEA/an)</b>	26	102	11	39	<b>37</b>	<b>141</b>

Tableau 32. Evaluation économique des bénéfices associés au stockage de long-terme et de la fixation annuelle de carbone par les forêts et les prairies permanentes

#### d) Régulation du cycle de l'eau (service de régulation)

##### Description

Les études hydrogéologiques réalisées pour le compte du Conseil Général du Var en 2011 ont permis de délimiter la zone d'alimentation de la nappe stratégique des contreforts Nord de la Sainte-Baume (Egis Eau, 2011b). Le périmètre de la ZSNEA délimite le contour de cette zone d'alimentation qui comprend deux sous-zones :

- 4 685 ha correspondant à l'impluvium de l'aquifère qui alimente la nappe par infiltration directe ;
- 2 696 ha correspondant à la zone de contribution par ruissellement puis pertes dans les formations calcaires.

L'aménagement de l'espace et l'occupation du sol sur ces zones ont donc un effet (1) sur la capacité du sol à recharger l'aquifère (quantité) et (2) sur la capacité du sol à filtrer et épurer l'eau lors de son transfert vers l'aquifère (qualité).

Un moyen de quantifier les bénéfices associés à ces services de recharge de l'aquifère et de purification de l'eau consiste à estimer les bénéfices générés par les usages effectifs des volumes d'eau concernés par ces phénomènes, autrement dit par les prélèvements effectués dans la nappe (usages directs).

Les eaux souterraines de la ZSNEA sont de bonne qualité (SAFEGE, 2011). Elles sont utilisées pour l'alimentation des populations locales. Les prélèvements proviennent de cinq captages qui servent, conjointement avec d'autres ressources souterraines et superficielles, à alimenter les communes de Rougiers, Tourves, Nans les Pins et Plans d'Aups, ces deux dernières étant regroupées au sein du Syndicat Intercommunal des Eaux de la Sainte-Baume dont le délégataire est Véolia. Rougiers et Tourves sont en régie municipale. La commune de Mazaugues est quant à elle alimentée en eau par la Société du Canal de Provence dont l'eau est prélevée dans le Verdon. En 2009, les prélèvements pour l'AEP dans les eaux souterraines de la ZSNEA s'élevaient à 1,01 millions de m<sup>3</sup>.

Captages	Localisation	Prélèvements (m3/an)	Volumes facturés (m3/an)
Forage du Vallon Lieu-dit Saint Jean	Rougiers	34 400	66176
Source Fontfrèges		110 400	
Source d'Alaman	SIAE Sainte -Baume	277 200	423 058
Forage de la Foux		327 900	
Source des Lecques	Tourves	263 800	198 982
<b>Total</b>		<b>1 013 700</b>	<b>688 216</b>

Tableau 33. Prélèvements dans les eaux souterraines de la ZSNEA en 2009, par point de captage

Toutefois, les travaux engagés par le Conseil Général du Var pour l'identification et la caractérisation de la ressource ont montré que les volumes potentiellement exploitables étaient largement supérieurs aux volumes actuellement exploités. Les volumes annuels exploitables seraient ainsi compris entre :

- 2,5 millions de m<sup>3</sup> à un débit moyen annuel de 350 m<sup>3</sup>/h ;
- 6 millions de m<sup>3</sup> à un débit annuel moyen de 900 m<sup>3</sup>/h bien qu'il existe alors un risque de lessivage des sulfates.

Dans ce contexte, deux types de bénéfices associés à la régulation du cycle de l'eau peuvent être évalués :

- les bénéfices actuels reposant sur les prélèvements effectués actuellement pour l'AEP (1,01 millions de m<sup>3</sup> pour alimenter les communes de la ZSNEA) ;
- les bénéfices potentiels futurs estimés sur la base de scénarios plausibles d'utilisation future des ressources en eau de l'aquifère.

### Evaluation des bénéfices actuels

L'évaluation consiste ici à estimer la valeur associée à la présence d'un volume d'eau stocké dans le sous-sol en quantité non négligeable, et de bonne qualité. On considère ici que les bénéficiaires de ce service sont les usagers actuels de la ressource, c'est-à-dire les usagers domestiques et assimilés alimentés en eau potable à partir de cet aquifère. Les bénéfices associés à ce service peuvent être évalués en comparant (i) une situation avec des ressources en eau souterraine de bonne qualité et en quantité suffisante, avec (ii) soit une situation dans laquelle il faudrait faire appel à une autre ressource en eau pour l'alimentation en eau potable, soit une situation dans laquelle un traitement de l'eau souterraine serait nécessaire. La zone d'étude étant traversée par le Canal de Provence, l'eau fournie par le Canal de Provence constitue une ressource alternative aux eaux souterraines.

Nous avons mobilisé ici trois méthodes différentes pour estimer les bénéfices associés à la présence d'un volume d'eau stocké dans le sous-sol en quantité non négligeable, et de bonne qualité.

La première approche est basée sur le **prix de l'eau**. Elle consiste à estimer le différentiel de coût pour le consommateur d'eau en comparant le prix de l'eau (part eau potable) des communes alimentées par l'aquifère de la Sainte Baume avec le prix de l'eau (part eau potable) qu'elles paieraient si elles s'approvisionnaient auprès de la SCP. Ce prix inclut le coût de potabilisation de l'eau car le Canal de Provence fournit de l'eau brute que les

communes doivent traiter avant distribution<sup>32</sup>. Ce prix peut être approximé par le prix de l'eau observé dans les communes situées à proximité de la ZSNEA qui s'approvisionnent d'ores et déjà auprès de la SCP pour leur AEP (e.g. Le Beausset, Evenos, Trets). Deux cas de figures ont été distingués selon le mode de gestion du service de distribution d'eau potable de la commune : (i) les communes en régie (e.g. Rougiers et Tourves) ; (ii) les communes avec délégataire (e.g. Nans les Pins et Plan d'Aups). Les prix de l'eau (hors taxe et hors part relative aux services d'assainissement) sont issus d'une enquête réalisée en 2007 par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse sur un échantillon de communes représentant 74% de la population municipale du bassin<sup>33</sup>. Les différences de prix de l'eau observées varient entre 0,28 et 0,32 €/m<sup>3</sup>. Selon cette approche, les bénéfices des prélèvements en eau s'élèvent donc à 200 k€/an, soient 28 €/ha\_ZSNEA/an. Il convient toutefois de noter que cette estimation repose sur les prix observés dans un nombre limité de communes.

			Mode de gestion du service de l'eau	
			Régie	Délégation de service public (DSP)
Origine des ressources en eau	Eaux souterraines	Commune	Rougiers	Nans-les-Pins
		Prix	1,24	1,65
	Canal de Provence	Communes	Le Beausset, Evenos	Trets
		Prix	1,52	1,97
<b>Différence de prix (€/m<sup>3</sup>)</b>			<b>0,28</b>	<b>0,32</b>
Source : Agence de l'eau Rhône Méditerranée-Corse (2007)				

Tableau 34. Prix de l'eau (hors assainissement) en 2007 en Provence-Alpes-Côte d'Azur selon le mode de gestion du service de l'eau et l'origine des ressources (en €/m<sup>3</sup>, HT)

	Régie	DSP	Tous
Volumes facturés sur la ZSNEA (m <sup>3</sup> /an)	265 158	423 058	688 216
Différence de prix (€/m <sup>3</sup> )	0,28	0,3198	0,30
<b>Bénéfice marchand (€/an)</b>	<b>73 131</b>	<b>135 294</b>	<b>208 425</b>
<b>Bénéfice marchand (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>28</b>

Tableau 35. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau (approche basée sur les prix de l'eau)

La seconde approche se base sur les **coûts évités de traitement**. En effet, maintenir en bon état chimique les ressources en eau souterraines permet d'éviter de mettre en place une installation de traitement, et donc d'éviter des coûts supplémentaires sur la facture d'eau pour le consommateur. Les coûts de traitement varient en moyenne en France entre 0,2 et 0,6 €/m<sup>3</sup> selon les types de traitement. On remarque que ce différentiel est du même ordre de grandeur que le différentiel de prix observé dans la méthode précédente ce qui peut s'interpréter par le fait que l'essentiel de la différence de prix entre un approvisionnement par les eaux souterraines et par la SCP provient de la nécessité de traiter l'eau de la SCP.

<sup>32</sup> Les canalisations existantes du Canal de Provence traversent aujourd'hui les communes de Tourves, Rougiers et Nans-les-Pins, qui appartiennent au même syndicat que Plan d'Aups. Les calculs ont donc été réalisés en considérant comme négligeables les coûts éventuels de raccordement à ces conduites.

<sup>33</sup> Les résultats de l'enquête sont accessibles ici: <http://sierm.eaurmc.fr/eau-potable/prix/>

Selon l'approche par les coûts évités, les bénéfices associés à la préservation d'une eau de bonne qualité pour les usages actuels sont estimés entre 138 et 413 k€/an, soit entre 19 et 56 €/ha\_ZSNEA/an.

Enfin, la troisième approche se base sur les **résultats d'une évaluation contingente** (cf. section 4.2.2) conduite par Fiquepron et al (2010b) dans le secteur de l'agglomération de Nancy. Leur évaluation a consisté à demander aux usagers de l'eau combien ils seraient prêts à payer pour conserver une eau naturellement de bonne qualité car elle est préservée par un couvert forestier plutôt que de recourir à une ressource de moindre qualité qu'il faudrait traiter avant consommation. Les résultats de l'enquête montrent que les ménages sont prêts à payer en moyenne 50€/an/ménage pour conserver une eau d'origine forestière, naturellement de bonne qualité. L'application de cette valeur aux 3 958 ménages alimentés en eau à partir des eaux souterraines de la ZSNEA donne un ordre de grandeur de la valeur économique des bénéfices marchands et non-marchands fournis par le service de régulation des eaux souterraines aux usagers domestiques, à savoir 194 k€/an ou encore 26 €/ha/an.

	Nb de ménages en 2009	Part des prélèvements issus des ESO	Nb de ménages dont l'AEP provient des ESO
Mazaugues	342	0%	0
Tourves	1 977	70%	1 384
Nans-les-Pins	1 441	96%	1 383
Rougiers	616	100%	616
Plan-d'Aups	517	96%	496
<b>Total</b>			<b>3 880</b>

Tableau 36. Nombre de ménages alimentés par les eaux souterraines sur la ZSNEA (Source : INSEE)

Type d'approche	Approche 1 : Prix de l'eau		Approche 2 : Coûts évités		Approche 3 : Evaluation contingente	
Modalités d'estimation	Différence de prix (€/m <sup>3</sup> )	0,30	Coût évité du traitement de l'eau (€/m <sup>3</sup> )	0,20 – 0,60	CAP des ménages (€/ménage/an)	50
	Volumes facturés pour l'AEP (Mm <sup>3</sup> )	0,7	Volumes facturés pour l'AEP (Mm <sup>3</sup> )	0,7	Nb de ménages sur la ZSNEA	3 880
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>208 425</b>		<b>137 643 – 412 930</b>		<b>193 979</b>	
<b>Valeur économique (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>28</b>		<b>19 - 56</b>		<b>26</b>	

Tableau 37. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau par chacune des méthodes d'évaluation économique

Selon la méthode utilisée, les bénéfices associés aux prélèvements en eau sont compris entre 138 et 413 k€/an, soient entre 19 et 56 €/ha\_ZSNEA/an. Notons que ces estimations ne tiennent compte que des usages AEP actuels de l'aquifère. Enfin, il est également important de noter que ces estimations ne prennent en compte que les prélèvements directs dans la ressource en eau souterraine. Elles ne tiennent pas compte des prélèvements qui sont également effectués dans les cours d'eau ou retenues dont l'alimentation dépend directement de l'aquifère de la Sainte-Baume (Caramy et Issole). Ainsi, les estimations des

bénéfices actuels associés au service de régulation du cycle de l'eau doivent être considérées comme des valeurs basses.

### **Evaluation des bénéfices potentiels futurs**

A l'avenir, si la ressource demeure protégée, il pourrait être envisagé d'utiliser les ressources en eau de l'aquifère de la Sainte-Baume pour alimenter en eau potable des territoires situés en dehors du périmètre de la ZSNEA.

- ressources potentiellement exploitables

Les volumes annuels potentiellement exploitables dans l'aquifère des contreforts nord de la Sainte-Baume sont estimés à environ 4 millions de m<sup>3</sup> par an, pour un débit moyen annuel de 500 m<sup>3</sup>/h, avec des pointes d'exploitation envisageables à 1 000 m<sup>3</sup>/h (Egis Eau, 2011). Sachant que les prélèvements actuels pour alimenter les communes de Rougiers, Tourves, Nans les Pins et Plans d'Aups sont de l'ordre de 1,01 millions de m<sup>3</sup> par an, les volumes potentiellement exploitables pour alimenter en eau potable des territoires situés en dehors du périmètre de la ZSNEA sont estimés à environ 3 millions de m<sup>3</sup> par an.

- besoins en eau de l'agglomération de Toulon

L'étude des volumes prélevables réalisée entre 2011 et 2014 sur le bassin de l'Argens a mis en évidence un déficit quantitatif durant la période estivale sur le bassin versant Caramy-Issole. Une réduction des prélèvements effectués à partir de la retenue de Carcès est donc nécessaire pour satisfaire les débits objectifs d'étiage sur ce bassin versant. Or, la vocation première de la retenue de Carcès est l'alimentation en eau potable de l'agglomération toulonnaise. En pratique, cela signifie donc que la ville de Toulon et le Syndicat Intercommunal d'alimentation en Eau des communes de la Région Est de Toulon (SIAE Est Toulon) doivent réduire leurs prélèvements dans la retenue de Carcès de 2,8 millions de m<sup>3</sup> par an par rapport aux prélèvements effectués en 2009. Selon le Conseil Général du Var et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, les ressources potentiellement exploitables à partir de l'aquifère de la Sainte-Baume pourraient être utilisées pour combler ce déficit et alimenter en eau potable l'agglomération de Toulon Provence Méditerranée.

- scénario de transfert d'eau pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération Toulon Provence Méditerranée

Deux scénarios ont été co-construits avec l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse. Ils consistent tous deux à transférer 2,8 millions de m<sup>3</sup><sup>34</sup> entre juin et octobre à partir de l'aquifère de la Sainte Baume à destination de la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée.

Dans le scénario 1, ce transfert serait réalisé via la galerie SCP qui traverse Mazaugues et qui passe à 1,5 km du potentiel champ captant identifié par Egis Eau (2011). Cette galerie approvisionne d'ores et déjà en eau brute une partie des habitants de la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée. Ce scénario a l'avantage d'utiliser des infrastructures existantes mais nécessite de mélanger l'eau prélevée dans l'aquifère de la Sainte-Baume à l'eau du Verdon, ce qui rendrait son traitement nécessaire pour l'AEP, comme cela est déjà le cas de l'eau du Verdon. L'usine de potabilisation de la SCP d'Hugueneuve est en capacité de traiter ces volumes : elle traite actuellement 25l/s pour l'AEP de Toulon pour une capacité potentielle de 300 l/s.

Dans le scénario 2, le transfert s'effectuerait via le Val d'Issole en interceptant la liaison de l'aqueduc de Carcès à Puget Ville. L'eau fournie à la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée serait alors de bonne qualité.

---

<sup>34</sup> En l'absence d'informations sur le rendement actuel des réseaux de la ville de Toulon (Schéma Directeur AEP en cours), nous ne sommes pas en mesure d'estimer la part des économies d'eau qui pourrait être réalisée via une amélioration des rendements des réseaux.

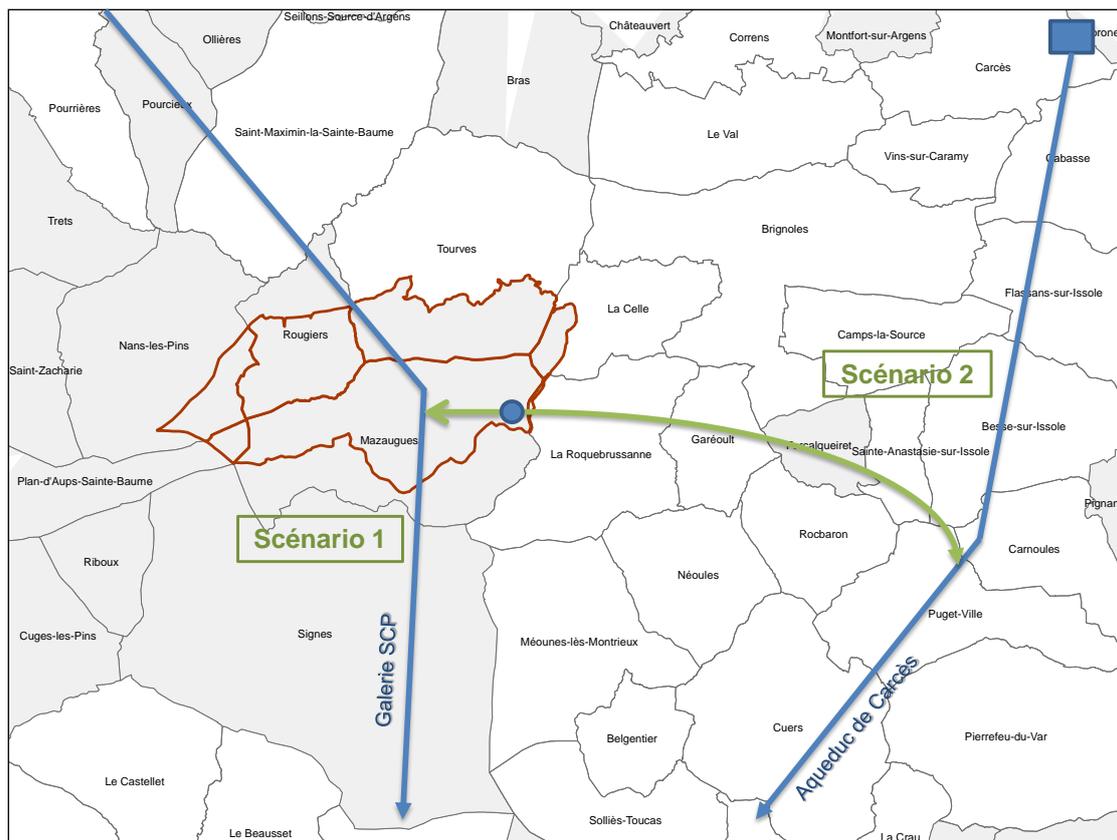


Figure 47. Scénarios d'utilisation de la ressource pour des prélèvements futurs

### **Estimation des bénéfices**

Les trois approches utilisées pour évaluer les bénéfices actuels du service de régulation du cycle de l'eau sont de nouveau mobilisées pour évaluer les bénéfices potentiels futurs :

- pour le scénario 1, l'approche par les prix de l'eau ;
- pour le scénario 2, les approches par les coûts de traitement évités et le transfert de valeurs à partir d'une évaluation contingente.

Dans le scénario 1, les bénéfices fournis par la ZSNEA portent avant tout sur la capacité de recharge de l'aquifère (quantité) dans la mesure où la bonne qualité de la ressource ne génère aucun bénéfice puisque l'eau est mélangée à l'eau du Verdon présente dans les conduites de la SCP qui nécessite d'être traitée<sup>35</sup>. L'approche consiste donc à estimer le différentiel de prix de l'eau entre une situation dans laquelle l'agglomération toulonnaise serait alimentée par l'aquifère de la Sainte Baume via le canal de la SCP et une situation dans laquelle les ressources de l'aquifère de la Sainte-Baume ne seraient pas disponibles. L'alternative consisterait alors à s'approvisionner auprès de la SCP, à partir de l'eau du Verdon, à un prix situé entre 0,5 €/m<sup>3</sup> (prix payé actuellement à la SCP par Toulon) et 1 €/m<sup>3</sup> (prix payé à la SCP par la commune de Fréjus). En supposant que le prix varie selon le linéaire de réseau d'adduction, le différentiel de prix est estimé entre 0,25 €/m<sup>3</sup> et 0,5 €/m<sup>3</sup>. Selon cette approche, les bénéfices des prélèvements en eau futurs s'élèvent donc entre 600 et 1 200 k€/an, soient entre 81 et 161 €/ha\_ZSNEA/an.

<sup>35</sup> En l'absence de données disponibles sur l'impact des prélèvements dans l'aquifère de la Sainte-Baume sur la qualité de l'eau du Verdon transportée par la galerie de la SCP au niveau de la ZSNEA.

Dans le scénario 2, les bénéfices fournis par la ZSNEA portent à la fois sur la capacité de recharge de l'aquifère (quantité) et sur la capacité du sol à filtrer et épurer l'eau (qualité). Les deux approches testées cherchent donc à mettre évidence les bénéfices associés à la fourniture en quantité nécessaire d'une eau de bonne qualité. Les bénéfices associés à la préservation d'une eau de bonne qualité pour les usages futurs sont estimés entre 470 et 1 430 k€/an, soit entre 64 et 193 €/ha\_ZSNEA/an.

Scénarios	Scénario 1		Scénario 2			
<b>Bénéfices futurs pour la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée</b>						
Type d'approche	Prix de l'eau		Coûts évités		Evaluation contingente	
Modalités d'estimation	Différence de prix (€/m3)	0,25 – 0,50	Coût évité du traitement de l'eau (€/m3)	0,20 – 0,60	CAP des ménages (€/ménage/an)	50
	Volumes facturés pour l'AEP (Mm3) <sup>36</sup>	2,38	Volumes facturés pour l'AEP (Mm3)	2,38	Nb de ménages alimentés <sup>37</sup>	19 833
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>595 000 - 1 190 000</b>		<b>476 000 - 1 428 000</b>		<b>991 667</b>	
<b>Valeur économique (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>81 - 161</b>		<b>64 - 193</b>		<b>134</b>	
<b>Bénéfices futurs pour les communes de la ZSNEA</b>						
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>137 643 – 412 930</b>					
<b>Valeur économique (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>19 - 56</b>					
<b>Bénéfices futurs totaux</b>						
<b>Valeur économique (€/an)</b>	<b>613 643 - 1 843 930</b>					
<b>Valeur économique (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>83 - 250</b>					

Tableau 38. Evaluation économique des bénéfices associés aux prélèvements en eau par chacune des méthodes d'évaluation économique

Les estimations obtenues dans chacun des scénarios 1 et 2 sont donc relativement proches, bien que la fourchette de bénéfices soit plus large pour le scénario 2.

Pour finir, les bénéfices potentiels futurs associés au service de régulation du cycle de l'eau incluent également les bénéfices associés aux prélèvements effectués directement par les communes de la ZSNEA. Les bénéfices potentiels futurs s'élèvent donc entre 600 et 1 800 k€ par an, selon les scénarios et selon les approches d'évaluation utilisées.

<sup>36</sup> Les volumes facturés pour l'AEP sont estimés sur la base d'un rendement objectif de 85%.

<sup>37</sup> Sur la base d'une consommation moyenne par ménage de 120 m3/an/ménage.

e) Rétention des crues (service de régulation)**Description**

Caractérisé par un climat et un régime pluviométrique méditerranéen (sécheresses et pluies intenses en été), le département du Var est soumis à un fort risque d'inondation, comme l'illustrent les récentes inondations de grande ampleur de 2010 et 2011 sur le bassin de l'Argens. Sur le territoire de la Provence Verte, le principal risque d'inondation est lié au débordement des cours d'eau, notamment du Caramy (Pays Provence Verte, 2013). Le rôle de la ZSNEA dans l'alimentation du Caramy lui confère donc un rôle important dans la rétention des crues.

**Estimation**

Deux principaux types d'approches peuvent être utilisés pour évaluer les bénéfices associés au service de rétention des crues :

- la méthode des **coûts de substitution**, qui consiste à estimer le volume d'eau stocké par les usages du sol actuels puis à évaluer le coût moyen annuel de fourniture d'un même service par un ouvrage de stockage (réservoir, barrage, retenue collinaire, étang) ;
- la méthode des **dommages évités** liés aux inondations (Ninan and Inoue, 2013), notamment lorsqu'il existe des bases de données recensant les dommages causés par les évènements historiques.

En l'absence de données sur les dommages évités, nous avons utilisé ici la méthode des coûts de substitution. Les sols non imperméabilisés protègent contre les inondations grâce à l'eau stockée en sous-terrain qui réduit les volumes de ruissellement et limite les effets des crues. Le volume moyen stocké à saturation par les sols non artificialisés de la ZSNEA est situé entre 50 à 150 m<sup>3</sup>/ha (estimation à dire d'expert hydrogéologue). Ce volume est nettement inférieur au volume moyen considéré par le CAS (300 m<sup>3</sup>/ha) du fait de la faible capacité de stockage du sol et de l'épikarst sur les terrains calcaires. L'ouvrage de stockage alternatif est supposé être un barrage d'écrêtement des crues sur le Caramy dont les coûts de construction varieraient entre 0,2 et 0,8 €/m<sup>3</sup> et dont les coûts d'exploitation annuels représenteraient 1% des coûts d'investissement totaux (Bouscasse et al., 2012). En considérant une durée de vie de 100 ans et un taux d'actualisation de 2,5%, le montant annuel des bénéfices associés au service de rétention des crues est compris entre 2 et 32 k€/an, soit entre 0,4 et 4,4 €/ha/an.

	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Réserve Utile Maximale (m <sup>3</sup> /ha)	50	150
Capacité de stockage (m <sup>3</sup> )	364 750	1 094 250
Investissement (€/m <sup>3</sup> )	0,2	0,8
Investissement (€)	72 950	875 400
Investissement annualisé (€/an)	1 944	23 326
Coûts d'exploitation (€/an)	730	8 754
<b>Coût total (€/an)</b>	<b>2 673</b>	<b>32 080</b>
<b>Coût total (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>0,4</b>	<b>4,4</b>

Tableau 39. Estimation de la valeur économique des bénéfices associés au service de rétention des crues (coûts de la construction d'un barrage d'écrêtement des crues sur le Caramy)

f) Protection contre l'érosion (service de régulation)**Description**

Certaines couvertures végétales, et en particulier les couvertures permanentes telles que les forêts et les prairies permanentes, jouent un rôle important dans la prévention contre l'érosion et la turbidité en maintenant les sols par les réseaux racinaires et en présentant des obstacles physiques naturels aux forces des précipitations et des ruissellements (UICN, 2011). Les travaux du projet Sylvamed sur le bassin versant de la Siagne (départements du Var et des Alpes-Maritimes) (Couliou et al, 2013) ont montré que la vulnérabilité des sols à l'érosion dépend notamment des caractéristiques des peuplements et de leurs modalités de gestion (structure des forêts, interception pluviométrique, durabilité).

**Evaluation**

Les évaluations économiques utilisent généralement la méthode des coûts de remplacement. Le CAS (2009) évalue les bénéfices associés au service de protection contre l'érosion assuré par les forêts comme le coût privé et local de la perte de terre, en considérant la quantité de terre perdue et le prix de la livraison de terre en vrac. Nahuelhual et al (2007) a basé son évaluation sur l'évaluation de la perte évitée de nutriments permise par le maintien de la forêt, valorisée en utilisant le prix des fertilisants chimiques. L'étude de Xue and Tisdell (2001) a une approche différente en considérant que l'érosion des sols forestiers entraîne une perte de leur productivité. Ils valorisent les bénéfices de ce service en utilisant le coût d'opportunité des forêts utilisées pour la production de bois (profits moyens annuels générés par la production de bois). Néanmoins, à notre connaissance, aucune évaluation économique de ces bénéfices n'a été menée dans un contexte de forêt méditerranéenne.

En première approche, et en l'absence de données précises disponibles sur la zone d'étude, la méthode appliquée par le CAS (2009) est utilisée. En considérant une perte de terre moyenne de 1 mm/an (soit environ 13t/ha/an) (Léonard et al, 2009) et un prix de la terre livrée en vrac de 10 à 15€/t (CAS, 2009), le bénéfice économique de la protection contre l'érosion peut être estimé à environ 1 à 1,4 millions d'€/an, soit 130 à 195 €/ha/an. Notons qu'il s'agit là d'un ordre de grandeur, qui mériterait d'être précisé avec l'utilisation de données locales.

	Min	Max
Perte annuelle de terre par érosion sur la ZSNEA(t/ha/an)	94 835	
Prix de vente de la terre livrée en vrac (€/t)	10	15
<b>Coût de remplacement de la terre (€/an)</b>	<b>948 350</b>	<b>1 422 525</b>
<b>Coût de remplacement de la terre (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>130</b>	<b>195</b>

Tableau 40. Ordre de grandeur de la valeur économique des bénéfices associés au service de protection contre l'érosion

g) Pêche amateur (service culturel et récréatif)**Description**

Les activités de pêche sont exercées à des fins récréatives et non professionnelles. Il s'agit de pêche en rivière pratiquée principalement sur le Caramy et l'Issole, dont l'alimentation dépend des eaux souterraines de la Sainte-Baume. Par leur rôle de soutien d'étiage, les eaux souterraines de la Sainte-Baume contribuent à la pérennité du milieu tout au long de

l'année ce qui favorise le développement des espèces piscicoles et les activités de pêche qui en dépendent.

La Fédération du Var pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FFPMA du Var) a réalisé en 2012 une enquête visant à caractériser les pratiques de pêche dans le département. Cette enquête a notamment mis en évidence l'ancrage de l'activité de pêche dans les traditions régionales. Elle a aussi confirmé son rôle social. Par ailleurs, le Caramy et l'Issole figurent respectivement à la 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> place des rivières sur lesquelles la pêche est la plus pratiquée dans le département. Les espèces les plus pêchées sur la zone sont la truite et le brochet. L'enquête montre également que la pêche est majoritairement pratiquée au printemps et en été (FFPMA du Var, 2012).

Selon la FFPMA, six Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) exercent sur la zone :

- quatre associations exerçant directement (en partie ou en totalité) sur les cours d'eau présents sur la ZSNEA, à savoir l'Issole et le Caramy ;
- deux associations exerçant sur les cours d'eau alentours mais dont il peut être considéré que les adhérents exercent également sur l'Issole et le Caramy du fait des accords de réciprocités entre associations.

Ces associations comptent au total 2 332 adhérents (FFPMA du Var, 2012).

### **Evaluation**

La valeur marchande des bénéfices associés au service récréatif de pêche peut être estimée à hauteur des dépenses consenties par les pêcheurs pour exercer la pêche de loisir.

Les dépenses des pêcheurs incluent d'une part l'achat des cartes de pêche dont il existe plusieurs catégories et dont les tarifs évoluent de 5 €/an pour la carte découverte enfant à 69 €/an pour les hommes majeures. Pour l'achat de leurs cartes de pêche, les dépenses consenties par les adhérents des AAPPMA présentes sur le territoire sont comprises entre 69 et 102 k€/an selon que l'on considère exclusivement les adhérents qui cotisent auprès des associations présentes sur la ZSNEA ou l'ensemble des adhérents exerçant sur l'Issole et le Caramy (Tableau 42).

D'autre part, les dépenses des pêcheurs incluent l'ensemble des dépenses additionnelles des pêcheurs en matériel, vêtement, transport, etc. Ces dépenses s'élèvent en moyenne à 273 €/adhérent/an dans le Var ce qui correspond aux ordres de grandeurs estimés dans d'autres études (Bouscasse et al., 2011). Les adhérents du territoire dépensent donc en moyenne au total entre 0,4 et 0,6 millions €/an en dépenses additionnelles (Tableau 43).

Enfin, la pratique de la pêche génère des bénéfices non-marchands liés au bien-être qu'elle procure aux pêcheurs. Sur la base de l'étude de Brunel (1996) qui s'intéresse à la variation de bien être des pêcheurs suite à l'amélioration de la qualité de l'eau, la valeur de ces bénéfices peut être estimée à hauteur de 20 €/adhérent/an, soient 47 k€/an sur les six AAPPMA.

Au total, la valeur du bénéfice associé à l'activité de pêche est comprise entre 514 et 785 k€/an, soient 70 à 106 €/ha/an sur la ZSNEA (Tableau 41).

	Min	Max
Bénéfices marchands (€/an)	484 031	738 565
Bénéfices non-marchands (€/an)	30 420	46 640
<b>Valeur économique associée à l'activité de pêche (€/an)</b>	<b>514 451</b>	<b>785 205</b>
<b>Valeur économique associée à l'activité de pêche (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>70</b>	<b>106</b>

*Tableau 41. Synthèse des bénéfices économiques associés à l'activité de pêche amateur*

Catégories	Majeurs	Mineurs (12 à 18 ans)	Vacances	Journalier	Découverte enfant (<12 ans)	Découverte femme	Part exerçant sur la ZSNEA	Part exerçant dans la région	Total	
									Min	Max
Validités	Annuelle	Annuelle	Hebdo	Journalière	Annuelle	Annuelle				
Tarif 2012 (€)	69	20	30	12	5	30				
<b>Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques</b>										
L'Argens - Bras	201	43	11	40	51	16	0%	100%	0	362
Le Caramy-Brignoles	608	115	29	62	192	45	100%	100%	1051	1051
Cabasse - Le Luc	75	18	1	12	20	3	50%	100%	65	129
La Carçoise - Carcès	229	38	79	115	66	6	50%	100%	267	533
La Truite - Garéoult	93	18	4	10	7	7	100%	100%	139	139
L'Ecrevisse de l'Huveaune - St Zacharie	38	17	1	10	47	5	0%	100%	0	118
<b>Nombre d'adhérents</b>	<b>1244</b>	<b>249</b>	<b>125</b>	<b>249</b>	<b>383</b>	<b>82</b>			<b>1521</b>	<b>2332</b>
<b>Dépenses des adhérents pour les cartes de pêche</b>										
<b>Achat des Cartes de Pêche (€/an)</b>	<b>85836</b>	<b>4980</b>	<b>3750</b>	<b>2988</b>	<b>1915</b>	<b>2460</b>			<b>68 798</b>	<b>101 929</b>

Tableau 42. Nombre de cartes de pêche par catégories et par AAPPMA et dépenses associées

Budget annuel consacré à la pêche (hors carte)	<100€	100 à 300€	300 à 500€	500 à 1000€	>1000€
Part des personnes interrogées	26%	45%	15%	12%	2%
Dépenses totales moyennes par adhérents (€/adhérents/an)	273				
	Min	Max			
<b>Dépenses totales moyennes (€/an)</b>	<b>415 233</b>	<b>636 636</b>			

Tableau 43. Dépenses additionnelles des pêcheurs (hors carte de pêche)

## h) Chasse (service culturel et récréatif)

### Description

L'activité de chasse est peu intense sur le territoire de la zone de sauvegarde bien qu'elle soit très présente dans le département du Var en règle générale. Cela s'explique par l'absence de petits gibiers (perdrix, lapin, lièvre) et le peu d'oiseaux migrateurs (pigeons) sur le périmètre de la zone. Les chasseurs chassent donc uniquement le gros gibier (sangliers, chevreuils) lors de battues.

La chasse s'exerce à des fins récréatives, avec tout de même une visée sociétale dans la mesure où la prolifération des grands gibiers pose un problème à l'équilibre de la biodiversité et que les activités de chasse (des sangliers notamment) permettent la gestion durable et l'équilibre des populations.

Selon la Fédération de Chasse du Var (FCV), trois Sociétés de Chasse exercent sur le périmètre de la ZSNEA : les Sociétés de Mazaugues, de Tourves et de Nans-les-Pins. Comme le territoire de chasse attenant à ces Sociétés couvre un périmètre plus large que la ZSNEA, la FCV estime qu'environ 400 chasseurs pratiquent chaque année la chasse sur le territoire de la ZSNEA. Il convient de noter que la chasse est interdite entre le 1<sup>er</sup> Avril et le 31 Mai et qu'elle s'exerce sur l'intégralité du territoire sauf le village de Mazaugues et la réserve de chasse (363 ha) située sur la commune de Mazaugues.

	<b>Nombre d'adhérents</b>
Mazaugues	220
Tourves	220
Nans les Pins	150
Total sur les 3 Sociétés de Chasse	590
<b>Total sur la ZSNEA (estimation de la FCV)</b>	<b>400</b>

Tableau 44. Nombre d'adhérents pour chacune des Sociétés de Chasse présentes sur la ZSNEA

### Evaluation

La valeur marchande des bénéfices associés au service récréatif de chasse peut être estimée à hauteur des dépenses consenties par les chasseurs pour exercer la chasse.

Les dépenses des chasseurs relèvent de l'achat de deux types de cartes :

- un permis de chasse national qui est délivré par l'Office National de la Chasse et dont le prix est de 300 €/an ;
- un droit de chasse sur le territoire d'une Société de Chasse (souvent communal) dont le tarif varie de 70 € pour les résidents de la commune à 120 € pour les non-résidents. En moyenne, les chasseurs acquièrent deux ou trois droits de chasse chaque année pour pouvoir chasser sur différents territoires.

De plus, les chasseurs investissent dans un équipement dont le coût annuel inclut l'amortissement et l'entretien du fusil, les cartouches, les protections et le chien. Selon la FCV,

les dépenses d'équipement et les coûts de transport s'élèvent conjointement en moyenne à 1200 €/chasseur/an.

Enfin, les chasseurs dépensent peu sur place lors de leurs journées de chasse car elles se pratiquent à la demi-journée ou éventuellement à la journée avec l'apport d'un pique-nique depuis son domicile.

La pratique de la chasse génère également des bénéfices non-marchands liés au bien-être qu'elle procure aux chasseurs. Dans la région Aquitaine, où s'exerce une pratique comparable de chasse au grand gibier, les bénéfices non-marchands de l'activité de chasse sont estimés via la méthode du transfert de valeur entre 50 et 73 €/chasseur/jour (Rokotoarison, 2009). Une enquête réalisée en 2006 pour le compte de la Fédération Nationale des Chasseurs montre qu'en France, les chasseurs passent en moyenne 23 jours par an à la chasse (CSA, 2006).

Selon ces estimations, la valeur des bénéfices associés au service récréatif de chasse est comprise entre 1,1 et 1,4 M€/an, soit entre 150 et 190 €/ha/an sur la ZSNEA (Tableau 45).

	Dépenses moyennes	
	Min	Max
Permis de chasse - national (€/chasseur/an)	300	300
Droit de chasse - société de chasse (€/chasseur/an)	70	120
Nombre de droit de chasse par chasseur	2	3
Total - Dépenses pour permis et droits de chasse (€/chasseur/an)	440	660
Equipement : transport, chien, fusil, cartouches, protection (€/chasseur/an)	1200	1200
<b>Total – Bénéfices marchands (€/chasseur/an)</b>	<b>1 640</b>	<b>1 860</b>
Bénéfices non-marchands (€/chasseur/j)	50	73
<b>Total – Bénéfices non-marchands (€/chasseur/an)</b>	<b>1 135</b>	<b>1 648</b>
Valeur économique associée à l'activité de chasse (€/chasseur/an)	2775	3508
<b>Valeur économique associée à l'activité de chasse (€/an)</b>	<b>1 109 997</b>	<b>1 403 296</b>
<b>Valeur économique associée à l'activité de chasse (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>150</b>	<b>190</b>

Tableau 45. Synthèse des bénéfices économiques associés à la chasse

i) Spéléologie (service culturel et récréatif)

**Description**

La spéléologie est l'activité qui consiste à repérer, explorer, étudier, cartographier et visiter les cavités souterraines en vue d'en partager la connaissance. Il s'agit d'une activité à la fois contemplative, sportive, technique et scientifique. Elle est pratiquée le plus souvent dans les régions karstiques où les cavités à explorer sont les plus nombreuses. Il existe des liens étroits entre spéléologie et recherche sur le milieu souterrain. Les travaux des spéléologues font ainsi fréquemment l'objet de publications scientifiques. Enfin, du fait de la diversité des obstacles rencontrés, la spéléologie requiert un matériel adapté (descendeurs, bloqueurs, harnais, longues, protections, crampons, vêtements isothermes, scaphandres, câbles, etc.).

Les contreforts Nord de la Sainte-Baume présentent un fort intérêt pour les spéléologues du fait de leurs nombreuses cavités visitables et de la présence de deux sites remarquables : le gouffre du petit Saint Cassien et la grotte de la Castelette. La ZSNEA recèle ainsi un nombre important de cavités dans lesquelles peut s'exercer la spéléologie (25 sur la seule commune de Mazaugues). Selon le Comité Départemental de Spéléologie du Var (CDS du Var), quatre clubs organisent des sorties sur le massif de la Sainte-Baume. Avec en moyenne 13 licenciés par club, on estime à environ 50 le nombre de licenciés pratiquant régulièrement la spéléologie sur le périmètre d'étude (1 à 3 sorties par mois).

Souvent associée à la spéléologie, la pratique du canyonisme reste marginale sur le territoire qui compte seulement quelques canyons secs rarement en eau et peu fréquentés.

### **Evaluation**

La valeur marchande des bénéfices associés au service récréatif de spéléologie peut être estimée à hauteur des dépenses consenties par les spéléologues pour pratiquer la spéléologie. Selon le CDS du Var, les dépenses des spéléologues sont :

- la cotisation annuelle à la Fédération Française de Spéléologie qui comprend l'assurance et l'abonnement à la revue trimestrielle de la FFS (entre 110 et 120 €/licencié/an) ;
- l'adhésion à un club local de spéléologie (entre 5 et 30 €/licencié/an) ;
- l'achat et l'entretien de l'équipement (env. 1 000 €, à renouveler tous les 5 ans en moyenne) ;
- l'alimentation lors des sorties dont la moitié du pique-nique est achetée localement (environ 5 €/sortie).

La pratique de la spéléologie génère également des bénéfices non-marchands liés au bien-être qu'elle procure aux spéléologues, à l'amélioration des connaissances qu'elle permet d'apporter sur le patrimoine naturel et humain des cavités explorées ainsi que sur le fonctionnement hydrogéologique des aquifères karstiques. En l'absence de données sur ces bénéfices, ceux-ci ne sont pas estimés dans notre étude.

Pour avoir un ordre de grandeur de la contribution de la spéléologie à l'amélioration des connaissances sur le milieu souterrain, une recherche d'articles scientifiques sur GoogleScholar en tapant les mots clés « Sainte-Baume ; Spéléologie » permet d'identifier 90 articles publiés en français depuis 1950 et 24 articles publiés en anglais.

Au total, la valeur des bénéfices associés au service récréatif de spéléologie est estimée entre 20 et 28 k€/an (Tableau 46). Cette valeur est toutefois largement sous-estimée dans la mesure où elle ne tient pas compte des bénéfices non-marchands fournis par la spéléologie.

	Min	Max
<b>Nombre de licenciés</b>		
Nb moyen de licenciés/club	13	
Nb de clubs sur la ZSNEA	4	
Nb de licenciés sur la ZSNEA	52	
<b>Dépenses moyennes (€/licencié/an)</b>		
Cotisation à la FFS	110	120
Cotisation à un club	5	30
Equipement	210	210
Alimentation	60	80
Total (€/licencié/an)	385	540
<b>Total – Bénéfices marchands (€/an)</b>	<b>19 839</b>	<b>27 826</b>
<b>Total – Bénéfices marchands (€/ha_ZSNEA/an)</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Tableau 46. Synthèse des bénéfices économiques associés à la spéléologie

j) Promenade et patrimoine culturel (service culturel et récréatif)

**Description**

D'après le ScoT du Pays Provence Verte, le site de la forêt domaniale de la Sainte-Baume (situé à proximité de la ZSNEA) est l'un des quatre sites patrimoniaux phares du Pays de la Provence Verte, avec 360 000 visiteurs/an. La fréquentation touristique sur le territoire de la Provence Verte est évaluée à 522 000 touristes/an (5,8% des touristes du Var) tandis que les retombées économiques de ce tourisme sont estimées à 112,5 millions d'euros, soit environ 20% de la richesse du territoire.

Située au cœur de la Provence Verte, la ZSNEA recèle toutefois peu d'infrastructures susceptibles d'accueillir les visiteurs :

- le musée de la Glace de Mazaugues (6000 visiteurs /an) ;
- une chambre d'accueil et un restaurant ;
- un gîte de France ;
- quatre chambres d'hôtes ; et
- deux bars.

Selon les acteurs locaux, la fréquentation de la ZSNEA provient principalement des populations situées à proximité des espaces naturels et n'ayant pas besoin d'hébergement, ce qui explique le faible nombre d'infrastructures sur la zone.

Un sentier de grande randonnée (GR 9) ainsi que plusieurs sentiers de randonnées labellisés traversent la ZSNEA. Situé au départ de plusieurs de ces sentiers, les Gorges du Caramy constituent également un site d'intérêt pour la baignade du fait notamment de sa ripisylve qui attire de nombreux visiteurs.

Aucun comptage du nombre de visiteurs annuels n'est effectué sur la zone. Les offices du tourisme de Plans d'Aups et Nans-les-Pins recensent toutefois en moyenne environ 10 000 visiteurs par an<sup>38</sup>. De plus, des éco-compteurs sont mis en place dans la forêt domaniale de la Sainte-Baume (Ouest de Plan d'Aups) mais il s'agit d'une forêt relique (religion, croyance, royauté) dont la richesse spécifique la rend peu représentative des forêts varoises. Enfin, à proximité de la ZSNEA, on peut également noter la présence du musée des Gueules Rouges de Tourves qui attire environ 16 000 visiteurs/an.

### **Evaluation**

En l'absence de données précises sur le nombre de visiteurs attirés par les activités de promenade et le patrimoine culturel de la ZSNEA, il convient dans un premier temps d'en estimer la fréquentation.

D'après les entretiens réalisés auprès des acteurs locaux, les promeneurs de la ZSNEA sont essentiellement attirés par les paysages forestiers et pratiquent la promenade en forêt. Le nombre de visiteurs dépend donc en partie de la surface de forêt accessible au public. Les forêts publiques représentent environ 60% des forêts de la ZSNEA. On estime donc la surface accessible au public à environ 3600 ha.

En France, le taux moyen de fréquentation des forêts est de 58 visites par hectare de forêt par an (CAS, 2009).. Les forêts présentes sur la ZSNEA sont sous influence urbaine, et donc susceptibles d'avoir une fréquentation supérieure à la moyenne nationale. Toutefois, les acteurs locaux reconnaissent que le secteur de la ZSNEA est globalement assez peu fréquenté par rapport aux forêts avoisinantes. A défaut de données de fréquentation précise de la ZSNEA, nous proposons deux hypothèses d'évaluation :

- si l'on considère que le taux de fréquentation des forêts publiques de la ZSNEA est de moitié inférieur au taux de fréquentation moyen des forêts françaises, alors le nombre de visiteurs de la ZSNEA est de 106 000 visiteurs/an (soit 30% des 360 000 visiteurs annuels du Site de la Sainte-Baume) ;
- si l'on considère que le taux de fréquentation de la ZSNEA est égal au taux de fréquentation moyen des forêts en France, alors le nombre de visiteurs de la ZSNEA est de 212 000 visiteurs/an (soit 58% des 360 000 visiteurs annuels du Site de la Sainte-Baume).

Deux méthodes relativement proches permettent alors de valoriser en euros les bénéfices générés par la présence de ces visiteurs attirés par la promenade et le patrimoine culturel.

La **méthode des dépenses des visiteurs** consiste à valoriser ces bénéfices en fonction des dépenses effectivement effectuées par les visiteurs lors de leurs promenades. En l'occurrence, l'accès au site est gratuit, les dépenses des visiteurs relèvent donc de leur alimentation, du parking, etc. Une enquête a été menée en 2008 auprès de plus de 350 visiteurs du Grand Site Sainte-Victoire qui est également situé dans le Var et qui partage avec la ZSNEA la particularité d'avoir une forte fréquentation régionale (excursionnistes) (Réseau des Grands Sites de France, 2010). Bien que le Grand Site Sainte-Victoire attire nettement plus de visiteurs que la ZSNEA (927 000 visiteurs/an), on peut supposer que les dépenses par visiteurs des excursionnistes locaux sont relativement similaires sur les deux sites. L'enquête montre que les dépenses journalières des excursionnistes s'élèvent en moyenne à 6,5 €/visiteur (hors frais de

---

<sup>38</sup> Respectivement 7 015 visiteurs à Nans-les-Pins en 2013 et 2 088 visiteurs à Plan d'Aups entre Juin et Novembre 2013.

transport), soit un bénéfice annuel sur la ZSNEA situé entre 700 et 1 380 k€/an selon le nombre de visiteur considéré.

La **méthode des coûts de transport** estime le consentement à payer des agents pour se promener et accéder au patrimoine culturel d'un site par l'ensemble des dépenses de déplacement qu'ils sont prêts à engager pour s'y rendre. Le CAS (2009) utilise cette méthode et obtient une valeur, après actualisation du coût kilométrique, de 7,5€/visite, soit un bénéfice annuel sur la ZSNEA situé entre 800 et 1 600 k€/an selon le nombre de visiteur considéré (109 à 218 €/ha/an).

Les valeurs obtenues par ces deux méthodes sont donc relativement proches. Une dernière approche pourrait consister à utiliser la **valeur de référence** proposée par le CAS (2009) pour les bénéfices fournis par la promenade en forêt en France. Cette valeur est de 200 €/ha en moyenne mais le CAS préconise de lui affecter un coefficient de pondération selon la fréquentation du site. En appliquant les mêmes coefficients de pondération que ceux utilisés pour estimer le nombre de visiteurs sur la ZSNEA (à savoir 0,5 et 1), on obtient un bénéfice annuel total entre 366 et 733 k€/an.

En moyenne, la valeur économique des bénéfices associés à la promenade et au patrimoine culturel est donc comprise entre 617 et 1235 k€/an.

	Min	Max
Nb de visiteurs sur la ZSNEA (visiteurs/an)	106 192	212 384
Moyennes des trois méthodes		
<b>Valeur économique totale (€/an)</b>	<b>617 624</b>	<b>1 235 247</b>
<b>Valeur économique totale (€/ha_forêt/an)</b>	<b>169</b>	<b>337</b>
<b>Valeur économique totale (€/ha ZSNEA/an)</b>	<b>84</b>	<b>167</b>

Tableau 47. Synthèse de la valeur économique des bénéfices associés à la promenade et au patrimoine culturel

#### k) Aménités paysagères (service culturel et récréatif)

La Sainte-Baume est identifiée comme l'un des six types paysagers du territoire de la Provence Verte (Pays Provence Verte, 2013). Elle est la principale chaîne montagneuse du territoire.

La valeur économique des aménités paysagères n'a pas été estimée par manque de données locales sur la valeur accordée par les habitants au paysage rural et forestier qui les entoure. Des valeurs issues d'autres travaux sont disponibles dans la littérature (essentiellement sur les espaces naturels en zone périurbaine) mais aucune ne traite spécifiquement de la valeur de paysages en zone rurale tempérée. Il apparaît donc peu pertinent d'appliquer ces valeurs au cas de la ZSNEA de la Sainte-Baume.

#### 5.4.4. Synthèse et bilan

Le Tableau 48 résume l'ensemble des valeurs économiques des bénéfices estimés dans ce rapport. Il convient de noter que les valeurs présentées sont des ordres de grandeur soumis à de nombreuses incertitudes. A ce titre, le service de protection contre l'érosion n'y est pas reporté du fait des trop grandes incertitudes liées à son évaluation.

**L'addition de ces bénéfices, sans prendre en compte l'importance relative de chacun ni les limites de certaines méthodes ou le risque de double comptage, amène à estimer la valeur économique totale des bénéfices associés aux services écosystémiques fournis par la ZSNEA entre 2,9 et 5,4 millions d'€/an, soit entre 390 et 730 €/ha/an.**

Les plus gros contributeurs sont les services culturels et récréatifs qui représentent en moyenne, environ 69% de la valeur économique totale des services écosystémiques fournis par la ZSNEA et dont la moitié est imputable aux services de chasse dont les dépenses annuelles des adhérents sont élevées. Viennent ensuite les services de régulation qui représentent 23% de la valeur économique totale de ces services et dont plus de la moitié est imputable à la fixation et le stockage de carbone. Enfin, les services d'approvisionnement ne représentent qu'environ 8% de la valeur totale ce qui s'explique par la faible activité de production agricole et sylvicole sur la ZSNEA.

	Valeur économique (€/an)		Valeur économique surfacique moyenne sur la ZSNEA (€/ha_ZSNEA/an)		Contribution moyenne (%)	Bénéficiaires actuels
	Min	Max	Min	Max		
<b>Services d'approvisionnement</b>	<b>223 744</b>	<b>413 904</b>	<b>30</b>	<b>56</b>	<b>8%</b>	
Production de bois	120 391	310 550	16	42	3%	Propriétaires forestiers
Production agricole	103 354	103 354	14	14	5%	> 12 exploitants agricoles
<b>Services de régulation</b>	<b>414 806</b>	<b>1 482 834</b>	<b>56</b>	<b>201</b>	<b>23%</b>	
Fixation et stockage du carbone	274 489	1 037 825	37	141	16%	Tous
Régulation du cycle de l'eau	137 643	412 930	19	56	7%	3 880 ménages
Rétention des crues	2 673	32 080	<1	4	<1%	Population et activités situés en zone inondable (bassin du Caramy)
Protection contre l'érosion	?	?	?	?		
<b>Services culturels et récréatifs</b>	<b>2 261 910</b>	<b>3 451 574</b>	<b>306</b>	<b>468</b>	<b>69%</b>	
Chasse	1 109 997	1 403 296	150	190	30%	400 chasseurs
Pêche	514 451	785 205	70	106	16%	1 500 à 2 300 pêcheurs
Promenade	617 624	1 235 247	84	167	22%	100 000 à 200 000 visiteurs/an
Spéléologie	19 839	27 826	3	4	1%	50 licenciés
<b>Total</b>	<b>2 900 460</b>	<b>5 348 312</b>	<b>393</b>	<b>725</b>	<b>100%</b>	

Tableau 48. Valeur économique estimée pour les différents bénéfices fournis par la ZSNEA

Les entretiens réalisés auprès des acteurs locaux ont permis de préciser la façon dont la valeur économique de ces bénéfices pourrait être amenée à évoluer dans les décennies à venir.

**Production agricole** : De nombreux projets sont actuellement en cours de réflexion pour dynamiser le tissu agricole sur la commune de Mazaugues (Zone Agricole Economique liée à l'eau, ferme de spirulines, conservatoire apicole, etc.). De plus, l'intégration de la ZSNEA dans le PNR de la Sainte-Baume pourrait augmenter la valeur ajoutée des produits du fait de la visibilité offerte par la possibilité de labelliser les produits agricoles. Les bénéfices associés à ce service pourraient donc augmenter à l'avenir.

**Production de bois** : De nouveaux débouchés pour le bois-énergie devraient émaner de la construction et la mise en fonctionnement de centrales à biomasse à Brignoles et Gradanne. Le bois-énergie étant relativement mieux valorisé sur le marché que les usages actuels, la valeur économique de la production de bois pourrait augmenter sur le court à moyen terme.

**Fixation et stockage de carbone** : L'évolution de la valeur de ce bénéfice dépendra de l'équilibre entre deux forces contraires. D'une part, les décisions politiques en faveur d'objectifs de réduction des émissions de CO2 plus contraignants pourraient, si elles étaient effectives, augmenter la valeur de la tonne de CO2 et donc la valeur de la fixation et du stockage de CO2 sur la ZSNEA. D'autre part, les tensions sur le marché du bois pourraient augmenter les volumes de bois exploités et réduire la valeur du stockage de carbone par la biomasse aérienne des forêts.

**Régulation du cycle de l'eau** : A l'avenir, il est envisageable que les eaux souterraines de la Sainte-Baume soient exploitées à hauteur de leur potentiel estimé entre 2,5 et 6 Mm3/an, pour alimenter la communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée. La valeur des bénéfices du service d'approvisionnement en eau potable serait alors largement supérieure à sa valeur actuelle.

**Services récréatifs et culturels** : Peu d'éléments nous permettent d'estimer l'évolution future de ces services. L'observation des tendances passées semblerait indiquer que la pratique de la pêche tend à diminuer. La pratique de la randonnée et de la promenade devrait quant à elle augmenter sur le site (projet de parcours de course d'orientation).

Globalement, la valeur économique totale des bénéfices fournis par les services écosystémiques de la ZSNEA devrait avoir tendance à augmenter à l'avenir.

	Tendances d'évolution
<b>Services d'approvisionnement</b>	
Production agricole	+
Production de bois	+
<b>Services de régulation</b>	
Fixation et stockage du carbone	-/+
Régulation du cycle de l'eau	+
Rétention des crues	nd
Protection contre l'érosion	nd
<b>Services récréatifs et culturels</b>	
Chasse	nd
Pêche	-
Promenade	+
Spéléologie	nd

Tableau 49. Tendances d'évolution future de la valeur des bénéfices

Légende : + : tendance à l'augmentation ; - : tendance à la baisse ; +/- : forces contraires ; nd : non déterminé.

#### 5.4.5. Discussion

Cet exercice d'évaluation confirme l'intérêt de recourir au concept de services écosystémiques pour mettre en évidence la diversité des bénéfices associés à la préservation des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable. Cette démarche est particulièrement adaptée à l'évaluation des bénéfices fournis par le maintien en l'état d'une occupation du sol ou d'activités qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines.

Les résultats présentés ici possèdent toutefois deux grandes limites :

- les **disservices fournis par la ZSNEA**, autrement dit l'ensemble des nuisances et des risques liés aux écosystèmes (Zhang et al, 2007), ne sont pas pris en compte. Or, il s'agit pourtant d'enjeux majeurs dont les dommages potentiels, s'ils étaient valorisés et intégrés à l'analyse, pourraient faire diminuer de façon significative la valeur nette des bénéfices associés aux zones de sauvegarde. Dans notre cas d'étude, le risque d'incendie lié à la présence de forêts est un exemple de *disservice* dont les coûts des dommages peuvent s'avérer importants ;
- les **interactions entre services écosystémiques** ne sont pas clairement explicitées bien qu'elles constituent un élément de réflexion important dans l'optique de favoriser le maintien de certaines activités sur les zones de sauvegarde. En effet, si certains services tendent à se développer de façon concomitante (le maintien d'un couvert forestier favorise à la fois la fixation de carbone et la randonnée en forêt) ; d'autres services sont à l'inverse opposés (le développement d'une agriculture intensive sur une zone de sauvegarde risque de dégrader la qualité de l'eau souterraine) ;
- le **transfert des résultats de cette étude de cas vers d'autres zones de sauvegarde** apparaît difficile dans la mesure où les estimations dépendent grandement des caractéristiques et des spécificités locales de la zone.

## 6. Argumentaire économique en faveur de la préservation des eaux souterraines

Ce chapitre constitue une analyse transversale des principaux enseignements du projet CARAC'O. Il vise à mettre en avant l'intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines afin de faciliter l'adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à leur préservation.

### 6.1. LE CONSTAT : QUELS SONT LES DIFFERENTS TYPES DE ZONES A PRESERVER ?

Les argumentaires à développer pour faciliter l'adhésion des parties prenantes autour des enjeux liés à la préservation des eaux souterraines dépendent des spécificités locales des territoires (contextes socio-économiques, dynamiques d'aménagement sur la zone, etc.). Toutefois, certains territoires possèdent des caractéristiques communes, de telle sorte qu'il est possible de faire émerger différentes familles de territoires sur lesquels développer des argumentaires relativement similaires.

Plusieurs critères de différenciation des zones à préserver apparaissent intéressants à considérer, notamment :

- le **degré d'exploitation actuelle** de la ressource pour l'AEP. On distingue alors :
  - les zones dont les ressources sont **déjà utilisées pour l'AEP**, cette catégorie couvre essentiellement les aires d'alimentation de captages (AAC) et les zones de sauvegarde exploitées (ZSE) ;
  - les zones dont les ressources **ne sont pas ou peu utilisées actuellement pour l'AEP mais à forte potentialité**, cette catégorie couvre essentiellement les ZSNEA ;
- l'**état actuel de la ressource** et le **type d'enjeu** associé à sa préservation. On distingue alors :
  - les territoires sur lesquels les ressources sont **d'ores et déjà dégradées** et où l'enjeu consiste à reconquérir le bon état ;
  - les territoires sur lesquels les ressources sont **relativement préservées** et où l'enjeu consiste à les maintenir en bon état ;
- le **type de pressions** auxquelles sont soumises les ressources à préserver :
  - les pressions **qualitatives** ;
  - les pressions **quantitatives** ;
- le **type d'occupation du sol** qui les caractérise :
  - les territoires à dominante **naturelle** ;
  - les territoires à dominante **agricole** ;
  - les territoires à dominante **urbaine ou à urbaniser** ;
  - les territoires à dominante **industrielle** ;
- la **finalité de la zone à préserver au regard de l'usage AEP** qui différencie :
  - les secteurs d'implantation de captages (avérés ou potentiels) ;

les zones d'infiltration (impluviums ou les portions d'aquifère) sur lesquels des pressions liées aux activités humaines ou à l'occupation du sol pourraient avoir un impact significatif sur la ressource ;

- le contexte hydrogéologique.

Parmi ces critères, deux critères influencent particulièrement les difficultés associées à la préservation des eaux souterraines. Il s'agit du **degré d'exploitation actuelle** de la ressource pour l'AEP et du **type d'enjeu associé à la préservation**. Quatre types de situations hydro-économiques peuvent donc être distingués (Figure 48).

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état
Exploitée pour l'AEP	AAC	AAC et ZSE
Non exploitée actuellement pour l'AEP	AAC potentielle, absence de captage AEP	ZSNEA

Figure 48. Typologie des zones à préserver pour l'alimentation en eau potable

Il convient de noter que, par définition, les zones de sauvegarde recèlent d'importantes quantités d'eau d'une qualité conforme aux normes de qualité établies au niveau communautaire (article 16 de la Directive Cadre sur l'Eau). Par conséquent :

- les pressions sont envisagées sur les ZSE et ZSNEA comme des **pressions potentielles futures** ;
- l'enjeu consiste sur les ZSNEA et la plupart des ZSE à **maintenir les ressources en bon état**.

## 6.2. LA STRATEGIE: QUELS SONT LES TYPES D'OUTILS DE PRESERVATION A MOBILISER SELON LES TYPES DE ZONES A PRESERVER ?

Les actions à favoriser pour préserver les eaux souterraines dépendent avant tout du type d'enjeux associé à la préservation de la zone :

- si l'enjeu consiste à reconquérir le bon état, les actions à mettre en œuvre visent à **faire évoluer les usages des sols et les pratiques** de manière à les rendre compatibles avec le bon état des eaux souterraines pour l'eau potable : il s'agit alors d'inciter les acteurs locaux (exploitants agricoles, industriels, ménages, etc.) à des changements de comportements ;
- si l'enjeu consiste à conserver les eaux souterraines en bon état, les actions à mettre en œuvre visent essentiellement à **maintenir en l'état une occupation des sols et des activités** qui soient compatibles avec le bon état des eaux souterraines. Cela implique pour les décideurs locaux de contraindre dans une certaine mesure le développement urbain et le développement de nouvelles activités économiques sur ces zones.

Les outils mobilisables pour favoriser ou contraindre la mise en œuvre d'actions de reconquête du bon état sont les suivants :

- les **outils de maîtrise foncière** (acquisitions foncières et maîtrise de l'usage des terres tels que les servitudes d'utilité publique ou les baux ruraux environnementaux) qui permettent aux collectivités de s'assurer que l'usage des sols sur les territoires situés à proximité des points de prélèvement préserve au mieux la qualité de l'eau et des écosystèmes ;

- les **subventions** pour l'adoption de pratiques agricoles ou sylvicoles respectueuses de l'environnement (mesures agro-environnementales, systèmes fourragers économes en intrants etc.) qui visent à inciter financièrement à des changements de pratiques allant au-delà des obligations légales ;
- les **outils d'aide à la structuration de filières** qui permettent d'adapter localement les filières de distribution et de commercialisation aux nouveaux produits issus des changements de pratiques. Ce type de démarche vise à concilier la préservation des eaux souterraines avec la mise en œuvre d'actions qui soient économiquement performantes. Dans le secteur agricole, il peut par exemple s'agir de contractualiser avec les collectivités afin d'assurer des débouchés aux produits issus de l'agriculture biologique (via la restauration collective par exemple) ou d'inciter des associations de consommateurs à instaurer des partenariats de proximité durables avec des exploitants agricoles locaux (via des Associations pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne) ;
- les **marchés de crédits** qui sont des instruments de régulation par les quantités consistant à imposer des contraintes quantitatives à un groupe d'agents (par exemple sous la forme de crédits ou de quotas de pollution) et à les autoriser à échanger ces crédits entre eux durant une période donnée à l'issue de laquelle chaque agent doit prouver aux autorités qu'il détient autant de crédits que ce qu'il a effectivement émis ou prélevé durant la période. Ce type d'outil n'est pas utilisé à l'heure actuelle en France dans la gestion de l'eau. Des marchés de crédits existent notamment en Espagne (droits de prélèvements), en Australie (pollutions ponctuelles industrielles), au Canada (pollutions ponctuelles industrielles et municipales et pollutions diffuses par les phosphores), en Nouvelle-Zélande (pollutions diffuses par l'azote) et aux Etats-Unis (pollutions ponctuelles industrielles et municipales et pollutions diffuses par l'azote et les phosphores). Leur mise en œuvre est également envisagée dans certains pays scandinaves (Danemark, Finlande et Suède) pour lutter contre la pollution de la mer Baltique par les fertilisants. Un dispositif d'échanges de quotas d'effluents d'élevages entre éleveurs porcins a également existé aux Pays-Bas entre 1994 et 1998.

Du fait de leur ancrage juridique, de leur coûts de mise en œuvre et des nombreuses contraintes qu'ils imposent au développement de certaines activités incompatibles avec le bon état, les outils précédents sont surtout adaptés aux ressources actuellement exploitées pour l'AEP dont la dégradation a (aurait) un impact significatif sur les populations humaines qui en dépendent. Ils s'avèrent toutefois plus difficiles à appliquer sur les zones non exploitées actuellement pour l'AEP dont le périmètre ne repose pas sur des outils juridiques contraignants et dont l'exploitation future est incertaine.

Sur ces zones (ZSNEA et AAC potentielles) où l'enjeu consiste à maintenir le bon état de ressources non exploitées actuellement, deux outils innovants pourraient être également adaptés :

- les **paiements pour services écosystémiques** (Encadré 5) dans le cadre desquels les propriétaires ou les gestionnaires d'espaces sont rémunérés par les usagers ou les bénéficiaires d'un service rendu par la nature pour la fourniture de ce service ou pour l'application d'une méthode de gestion spécifique assurant la réalisation du service désiré (par exemple, une collectivité qui rémunère les exploitants agricoles pour la mise en œuvre de pratiques agricoles compatibles avec la fourniture d'une eau de qualité). Ces outils sont particulièrement intéressants dans les démarches de prévention dans la mesure où ils permettent de financer la fourniture de services écosystémiques avant que leur qualité ne soit dégradée. Ils peuvent notamment constituer des alternatives à l'acquisition foncière lorsque les modalités d'acquisition sont telles qu'elles ne permettent pas d'assurer que l'action de préservation ait lieu avant l'occurrence des dommages. L'encadré 2 fournit des

exemples de paiements pour services écosystémiques mis en œuvre en France et à l'international ;

- les **marchés de droits d'aménagement transférables (DAT)** qui visent à orienter le développement de l'urbanisation conformément à des objectifs de politiques publiques, et notamment de politiques environnementales. Les DAT peuvent être utilisés pour garantir la protection de certaines zones naturelles ou agricoles présentant un intérêt écologique en reportant la construction de zones urbanisées sur d'autres espaces du territoire. Ils sont particulièrement pertinents sur les territoires où la pression démographique est telle que la qualité de l'eau sur les aires d'alimentation de captages ou les zones de sauvegarde est menacée par l'artificialisation des sols. D'abord apparu aux Etats-Unis pour compenser les propriétaires lésés par les zonages imposés par les politiques d'aménagement du territoire, la mise en œuvre de cet outil est autorisée en France depuis 1976 (loi Galley et article L 123-4 du Code de l'Urbanisme) sous la forme du transfert de coefficient d'occupation des sols (COS). Le transfert de COS permet de transmettre des droits à construire d'une zone A vers une zone B en modulant le COS maximal autorisé entre les deux zones. Il est très peu utilisé par les collectivités locales en France car il est considéré comme incompatible avec le principe de non indemnisation des servitudes d'urbanisme. Quelques expériences ponctuelles répondant à des enjeux ciblés (atténuation des inégalités foncières générées par la construction de stations de ski, mise en œuvre de la loi littoral, etc.) ont toutefois pu être identifiées. En Haute Savoie par exemple, l'implantation d'une station de ski au Praz de Lys au début des années 70 a eu pour conséquence d'intensifier l'urbanisation de la commune de Taninges. Pour contrôler le développement des constructions sur son territoire, la commune a délimité dans son PLU trois zones : (i) une zone non constructible à COS nuls (espaces boisés, tourbières, secteurs présentant des risques d'avalanches) ; (ii) une zone contenant des terrains à la fois constructibles et non constructibles à COS de 0.035 (zone émettrice) ; (iii) une zone constructible à COS de 0.035 mais dont la valeur des COS pouvait être augmentée, par transfert, jusqu'à 0.3 (zone réceptrice). Les COS transférables étaient tous égaux à 0.035. Une fois « vidées » de leurs COS, l'inconstructibilité des parcelles faisait l'objet d'une inscription à la Conservation des Hypothèques ce qui a permis de sauvegarder définitivement quelques espaces verts de la commune.

Enfin, quels que soient les enjeux associés à la préservation (reconquérir ou préserver le bon état), **l'information et la sensibilisation du public** à la nécessité de protéger les eaux souterraines (conférences, débats publics, animations, supports pédagogiques, expositions, visites de sites, labellisation, etc.) est une étape indispensable. L'amélioration des connaissances constitue un levier d'intervention important :

- en soi, parce qu'elle incite les agents à modifier leurs comportements en faveur de la préservation des eaux souterraines ;
- indirectement au regard de son impact sur la mise en œuvre d'autres outils de préservation, parce qu'en améliorant la compréhension de la vulnérabilité des systèmes hydrogéologiques par le grand public et les décideurs, elle augmente la légitimité et l'acceptabilité sociale d'autres outils de préservation plus contraignants (maîtrise foncière, servitudes, etc.).

Pour des exemples concrets et plus d'informations sur les outils de préservation qu'il apparaît pertinent de mettre en œuvre en France pour préserver les eaux souterraines (notamment davantage d'exemples concrets de PSE), le lecteur est invité à se référer au rapport « Grémont M., Hérivaux C. (2013) – Préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable : Une revue d'expériences françaises et internationales. Rapport final. BRGM/RP-62245-FR. » publié dans le cadre du projet CARAC'O.

### **Encadré 5. Quelle est la différence entre une mesure agro-environnementale (MAE) et un paiement pour services écosystémiques (PSE) ?**

S'ils visent tous les deux à rémunérer certains acteurs économiques pour les bénéfices environnementaux générés par leurs actions, les MAE et les PSE reposent sur des mécanismes bien distincts.

Les MAE répondent à des cahiers des charges précis, définis à l'échelle nationale ou territoriale, et incitent à la mise en œuvre de pratiques relativement formalisées (par exemple, se convertir à l'agriculture biologique). Tels qu'ils sont mis en œuvre actuellement, les PSE répondent quant à eux à des enjeux ciblés et spécifiques aux parties prenantes au dispositif et incitent à la mise en œuvre de pratiques hétérogènes, le paiement reposant sur la fourniture du service écosystémique et non sur la mise en œuvre de pratiques prédéterminées comme c'est le cas pour les MAE. Le champ d'application des deux outils varie également : les MAE sont financées par des fonds publics et ne couvrent que les pratiques agricoles tandis que les PSE peuvent potentiellement s'appliquer à tout type de pratiques et être contractualisés par des agents privés (voir le cas de Vittel en France).

Les MAE sont actuellement les outils économiques les plus utilisés en France pour la protection des eaux souterraines. Toutefois, les PSE sont de plus en plus utilisés depuis le début des années 2000 comme outils de préservation de l'environnement et de la biodiversité. En 2007, la FAO recensait plus de 300 systèmes de PSE à travers le monde, tous types de services confondus. Les services fournis par les écosystèmes forestiers (séquestration du carbone, purification de l'eau, etc.) sont les services les plus couverts par ces dispositifs dont les exemples de mise en œuvre couvrent plusieurs échelles (locales, nationales, internationales).

Parmi les PSE les plus connus à l'échelle internationale figurent le Mécanisme de Développement Propre (MDP) mis en place dans le cadre du Protocole de Kyoto pour rémunérer les pays du Sud pour des projets de réduction des émissions de gaz à effet de serre, ou encore le mécanisme REDD (Réduction des Emissions issues de la Déforestation et de la Dégradation des forêts) qui vise à rémunérer le stockage du carbone par les espaces boisés. L'analyse d'autres exemples en Bolivie (déforestation sur un bassin versant), en Australie (Fonds de Conservation des Forêts Tasmanien) où même en France (enchères agro-environnementales de l'Agence de l'Eau Artois Picardie) montre que les PSE pour services hydrologiques sont généralement mis en œuvre à l'échelle locale et que la plupart des transactions ont lieu au sein de bassins versants. Les PSE sont toutefois relativement peu utilisés en Europe, du fait notamment des réglementations européennes et internationales (OMC) qui encadrent fermement le régime des aides d'Etat en matière de protection de l'environnement.

### **6.3. LES OBSTACLES : QUELLES DIFFICULTÉES SONT ASSOCIÉES A QUELS TYPES DE ZONES A PRESERVER ?**

#### **Difficultés associées à la préservation par type de zone à préserver**

Les difficultés rencontrées par les acteurs impliqués dans l'élaboration, la mise en œuvre ou le suivi d'actions de préservation des eaux souterraines diffèrent selon les types de situations hydro-économiques (Figure 49).

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état
Exploitée pour l'AEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conflits liés à l'usage du sol</li> <li>Conflits liés à l'usage de la ressource</li> <li>Caractère peu incitatif des outils existants</li> <li>Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation</li> <li>Faible acceptabilité du principe usager-payeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible acceptabilité du zonage vis-à-vis de projets concurrents</li> <li>Conflits liés à l'usage de la ressource</li> <li>Caractère peu incitatif des outils existants</li> <li>Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation</li> </ul>
Non exploitée actuellement pour l'AEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conflits liés à l'usage du sol</li> <li>Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation</li> <li>Faible acceptabilité du principe usager-payeur</li> <li>Incertitude sur l'utilisation future de la ressource pour l'AEP</li> <li>Etendue des surfaces à préserver et nécessité de mutualiser les intervention à une échelle supra-communale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faible acceptabilité du zonage vis-à-vis de projets concurrents</li> <li>Incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation</li> <li>Incertitude sur l'utilisation future de la ressource pour l'AEP</li> <li>Absence d'outils juridiques adaptés à la protection des ZSNEA</li> <li>Etendue des surfaces à préserver et nécessité de mutualiser les intervention à une échelle supra-communale</li> </ul>

Figure 49. Principales difficultés liées à la préservation des eaux souterraines pour l'AEP

Chacune des difficultés présentées dans la Figure 49 est expliquée ci-dessous.

Les **conflits liés à l'usage des sols et des pratiques** : La reconquête du bon état qualitatif de l'eau implique de faire évoluer les usages des sols et les pratiques existantes de manière à les rendre compatibles avec une bonne qualité des eaux souterraines pour l'eau potable. Or, les acteurs économiques craignent que ces changements se traduisent par une perte de compétitivité et une réduction de leurs marges. C'est par exemple le cas des exploitants agricoles qui peuvent être réticents à modifier leurs pratiques d'utilisation de produits phytosanitaires ou de fertilisation par crainte que cela ne réduise les rendements de leurs cultures et le chiffre d'affaire de leurs exploitations.

Les **conflits liés à l'usage de la ressource** : Le mauvais état quantitatif d'une masse d'eau résulte de sa surexploitation au regard des quantités disponibles. Il est fréquent que plusieurs usagers se partagent la ressource et que la mise en œuvre d'actions de préservation nécessite de modifier ces règles de partage ce qui peut générer d'importantes controverses, notamment lorsque l'usage AEP est privilégié au détriment d'autres usages, notamment agricoles et industriels.

Le **caractère peu incitatif des outils existants** : Les réticences des acteurs économiques, notamment dans le secteur agricole, à modifier leurs pratiques sont renforcées par le caractère trop peu incitatif des dispositifs de soutien financier mis à leur disposition (mesures agro-environnementales notamment). En effet, pour être intéressant financièrement, le montant des aides doit être suffisamment élevé pour que les exploitants aient un intérêt financier à modifier leurs pratiques. Or, les montants accordés sont souvent inférieurs aux coûts des changements de pratiques (régions céréalières notamment).

**Les incertitudes sur l'efficacité des actions de préservation** : Du fait de l'inertie des milieux et, dans certains cas, de l'absence de lien direct explicite entre les activités de surface et la qualité de l'eau dans certains aquifères naturellement bien protégés, il est parfois scientifiquement difficile d'évaluer avec exactitude les bénéfices attendus de la mise en œuvre d'actions de préservation sur la qualité des eaux souterraines.

**La faible acceptabilité du principe usager-payeur** : Certains usagers d'eau potable se demandent pourquoi ce serait à eux de payer pour la restauration de la qualité des nappes (principe usager-payeur) alors que selon le principe pollueur-payeur inscrit dans le Code de l'environnement (article L110-1), c'est aux pollueurs de prendre en charge ces coûts. Ces acteurs argumentent notamment qu'une nappe polluée produit des effets sur les milieux que l'eau soit utilisée pour l'AEP ou non.

**L'absence d'outils juridiques adaptés à la protection des zones encore non-exploitées** : Il apparaît difficile de mettre en œuvre des actions de préservation sur les zones de sauvegarde en l'absence d'instrument juridique qui donne un caractère contraignant à ces zones, en vue notamment de leur conférer un statut qui permette de réguler l'implantation d'activités et les usages du sol sur ces zones (via par exemple leur intégration aux documents d'urbanisme). A l'heure actuelle, malgré les recommandations du SDAGE, la protection d'une zone en vue d'un usage futur (c'est-à-dire, à titre préventif) n'existe pas juridiquement. Il faut que l'usage futur soit immédiat et justifié pour qu'une déclaration d'utilité publique (DUP) soit autorisée autour d'un captage. A ce titre, il convient de noter qu'une proposition de loi relative à la protection des aquifères stratégiques destinés à la consommation humaine a été enregistrée à l'Assemblée nationale le 17 septembre 2014. Les dispositions qui y sont présentées visent notamment à donner un statut juridique aux aquifères dont le potentiel qualitatif et quantitatif est reconnu et qui constituent des ressources stratégiques pour l'AEP de la population. En particulier, le texte stipule que pour ces aquifères, y compris ceux encore non-exploités, des arrêtés préfectoraux ou inter-préfectoraux fixent par DUP l'emprise et les servitudes de protection opposables aux tiers (Proposition de loi N°2204<sup>39</sup>).

**Les incertitudes sur l'utilisation future de la ressource en eau pour l'AEP** : Il est d'autant plus difficile de préserver une ressource que le motif pour lequel sa préservation est nécessaire est incertain.

**La faible acceptabilité du zonage (zones de sauvegarde) vis-à-vis de projets concurrents** : La préservation des zones de sauvegarde implique de contraindre dans une certaine mesure le développement urbain et le développement de nouvelles activités économiques susceptibles de dégrader l'état de la ressource. Or, il est difficile de convaincre les élus locaux de renoncer à des projets qui permettraient un développement économique local et les créations d'emplois associées au seul motif que le maintien en l'état de l'occupation des sols permettra d'assurer le maintien du bon état des ressources en eau dont l'usage pour l'AEP futur reste largement incertain. Ces conflits risquent d'être d'autant plus forts que par définition, les zones de sauvegarde sont localisées à proximité des zones de fortes consommations actuelles et futures, sur des territoires péri-urbains sur lesquels l'implantation d'activités économiques est d'autant plus opportune.

Enfin, quel que soit le type de situation hydro-économique rencontré, le **faible niveau de conscience des usagers et des décideurs de l'intérêt de préserver les eaux souterraines** constitue un frein majeur à leur préservation. En effet, les eaux souterraines sont par essence cachées et leur mode de gisement et d'écoulement complexe rend difficile la perception des risques de contamination et des enjeux liés à leur préservation. Cela explique en partie la faible

---

<sup>39</sup> Lien vers la proposition de loi : <http://www.assemblee-nationale.fr/14/propositions/pion2204.asp>

mobilisation des usagers autour des enjeux liés à la préservation de ces zones. Or, la faible mobilisation des usagers n'incite pas les décideurs locaux à mettre en œuvre des actions de préservation.

De plus, l'**étendue des surfaces à préserver** freine souvent les collectivités qui souhaiteraient davantage voir se construire une **action concertée à l'échelle intercommunale** ou départementale, surtout lorsque les territoires concernés par la ressource dépassent la seule collectivité sur laquelle le captage est (serait) implanté. A ce titre, l'**absence de solidarité intercommunale entre communes rurales péri-urbaines et grandes agglomérations** est également un problème récurrent lorsque l'aire d'alimentation d'une ressource à préserver est localisée sur une ou plusieurs communes dont l'AEP ne dépend pas directement de cette ressource ou lorsque la disponibilité de la ressource est telle qu'elle pourrait également servir à l'AEP de populations éloignées (souvent des grands centres urbains). Les communes dont les activités sont contraintes par des actions de préservation de ressources qui servent à alimenter en eau potable des communes voisines acceptent parfois difficilement de ne pas être indemnisées pour les contraintes qu'elles subissent et dont les conséquences bénéficient à autrui. Cette réticence est exacerbée dans le cas où la priorité donnée à l'usage AEP n'autorise pas les communes dont les activités sont contraintes par des actions de préservation à utiliser ces ressources pour d'autres projets qu'elles pourraient avoir (zones d'activité économique, développement de l'irrigation, etc.).

#### Leviers associés à la préservation des eaux souterraines

Pour dépasser ces difficultés et faciliter l'adhésion des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à la préservation des eaux souterraines, plusieurs leviers peuvent être activés. Les acteurs interrogés dans le cadre du projet CARAC'O ont notamment exprimé le besoin de :

- Démontrer que la préservation des eaux souterraines permet d'éviter des coûts et des risques pour l'AEP des générations présentes et futures. Les solutions alternatives permettant d'alimenter en eau potable les populations génèrent en effet des coûts significatifs que la préservation des eaux souterraines permet d'éviter.
- Démontrer que la préservation des eaux souterraines peut être à l'origine de tout un éventail de bénéfices à l'échelle d'un territoire. Il s'agit de mettre en évidence l'existence des nombreux « co-bénéfices » de la préservation des eaux souterraines qui ne se limitent pas aux seuls bénéfices liés à l'utilisation des eaux souterraines.
- **Communiquer sur l'existence de ces bénéfices.** Le fait d'identifier les nombreux bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines et de communiquer auprès de l'ensemble des acteurs locaux, y compris le grand public, sur leur existence apparaît comme un élément déterminant dans l'adhésion des parties prenantes à la mise en œuvre d'actions de préservation.

La section suivante vise à expliquer comment les résultats d'évaluations économiques peuvent répondre à ces besoins.

#### **6.4. L'ARGUMENTATION : QUELS SONT LES ARGUMENTS ECONOMIQUES PERTINENTS A METTRE EN AVANT SELON LE TYPE DE ZONE A PRESERVER ?**

Pour construire un argumentaire économique en faveur de la préservation des eaux souterraines, les deux finalités principales des arguments à mettre en avant sont les suivantes :

- mettre en évidence, évaluer et communiquer sur l'étendue des bénéfices économiques que génère la préservation ;
- démontrer que les bénéfices sont supérieurs aux coûts de la préservation.

#### 6.4.1. Mettre en évidence, évaluer et communiquer sur l'étendue des bénéfices de la préservation

La préservation des eaux souterraines génère des bénéfices liés :

- au bon état de la **ressource en eau** qui bénéficie aux usagers et non-usagers de la ressource. Ces bénéfices incluent :

les bénéfices associés aux coûts évités pour le secteur AEP (argument 1) ;

les bénéfices associés à la valeur économique totale des eaux souterraines (argument 2) (Encadré 3) ;

- aux usages du sol sur la **zone à préserver** qui génèrent des bénéfices pour l'ensemble du territoire (argument 3).

La Figure 50 explique comment ces trois arguments se déclinent selon l'échelle à laquelle sont générés les bénéfices (eaux souterraines, zone à préserver) et selon le type de bénéficiaires considérés (usagers, non usagers, acteurs du territoire).

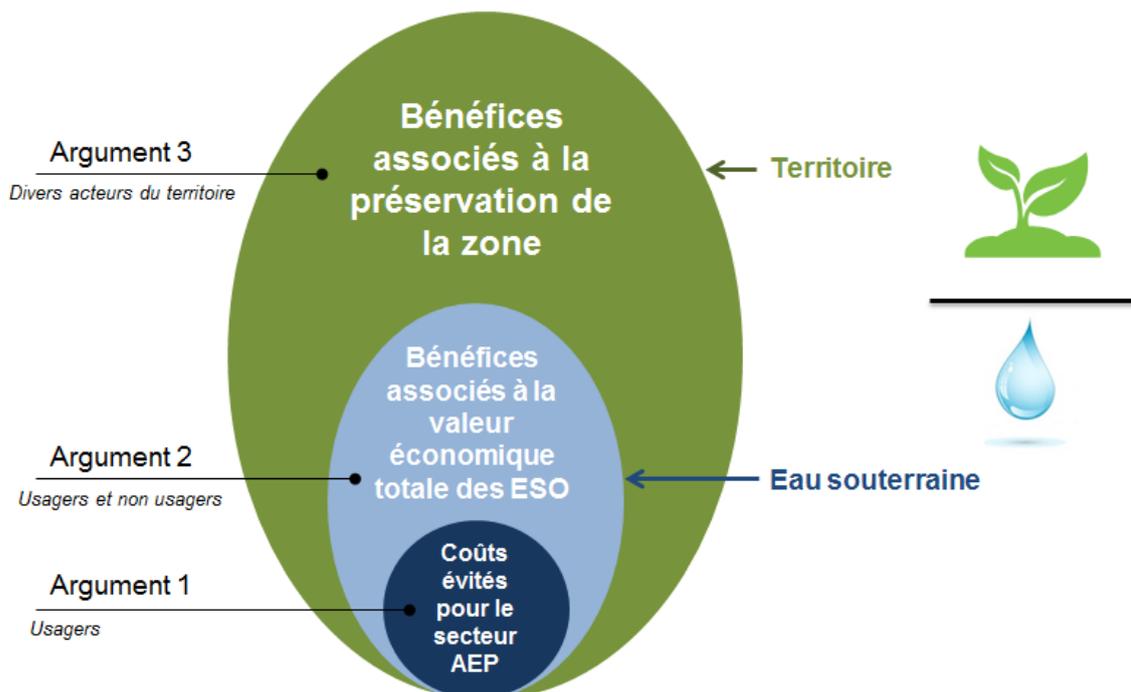


Figure 50. Trois catégories de bénéfices liés à la préservation des eaux souterraines à mettre en évidence et à évaluer selon le type de zone à préserver

**Encadré 6. De quoi se compose la valeur des eaux souterraines ?**

La présence d’eaux souterraines sur un territoire contribue au bien-être des êtres-humains en délivrant différents types de services (eau potable, irrigation, loisir, etc.). Les économistes appellent l’amélioration de ce bien-être un bénéfice. Ainsi, comme tous les biens environnementaux, les eaux souterraines ont une valeur pour la société. Or, parce qu’elles n’ont pas de prix de marché, les eaux souterraines ont une valeur difficile à mesurer. Pour la mesurer, les économistes séparent cette valeur en **plusieurs composantes** qui, une fois quantifiées et agrégées, forme ce que l’on appelle la **valeur économique totale des eaux souterraines**. Cette décomposition facilite la prise en compte des divers mécanismes à travers lesquels l’eau génère des bénéfices pour l’homme. Les bénéfices associés à la préservation des eaux souterraines sont évalués comme la différence de valeurs des eaux souterraines entre une situation avec actions de préservation et une situation sans actions de préservation.

La valeur économique totale des eaux souterraines est donc la somme des différentes composantes suivantes :

- la **valeur d’usage** de l’eau qui résulte du fait que l’eau est utilisée par l’homme pour satisfaire ses besoins. On distingue :

la **valeur d’usage direct** qui repose sur l’interaction directe de l’usager avec les eaux souterraines (eau potable, irrigation) ;

la **valeur d’usage indirect** qui ne nécessite pas d’interaction directe entre l’usager et les eaux souterraines (usages récréatifs sur les cours d’eau dont l’alimentation dépend des eaux souterraines) ;

- la **valeur d’option**, qui résulte du fait que l’homme accorde une valeur à la possibilité de pouvoir lui-même utiliser les eaux souterraines à l’avenir.

- la **valeur de non-usage**, qui résulte du fait que l’homme accorde une valeur aux eaux souterraines, sans pour autant les utiliser. On distingue :

la **valeur d’altruisme** qui est la valeur accordée par l’homme au fait que d’autres individus de la génération présente puissent utiliser des eaux souterraines ;

la **valeur de legs** qui est la valeur accordée par l’homme au fait de léguer aux générations futures la possibilité d’utiliser les eaux souterraines ;

la **valeur d’existence** qui est la valeur accordée intrinsèquement aux eaux souterraines, indépendamment de leur usage présent ou futur (comme la valeur qu’accorderait par principe un individu à la préservation d’une espèce en voie de disparition).

Valeur économique totale					
Valeur d’usage		Valeur d’option	Valeur de non-usage		
Valeur d’usage direct	Valeur d’usage indirect		Valeur d’altruisme	Valeur de legs	Valeur d’existence
(eau potable, irrigation)	(pêche sur les cours d’eau)	(eau potable future pour soi)	(eau potable présente pour les autres)	(eau potable pour les générations futures)	(existence en dehors de tout usage)

Figure 51. Les différentes composantes de la valeur économique totale des eaux souterraines.

a. Argument 1 : Mettre en évidence les bénéfices associés aux coûts évités pour l’AEP

**Principe**

Il s’agit de mettre en évidence les coûts qui pourraient être « évités » si la ressource n’était pas dégradée.

**Méthode**

La méthode des « coûts évités » consiste à considérer comme des bénéfices, les coûts des solutions alternatives qui devraient être utilisées pour alimenter en eau potable les populations si la ressource était dégradée. Selon cette méthode, les coûts de traitement des eaux brutes sont par exemple considérés comme des bénéfices potentiels de la préservation des eaux souterraines.

Les bénéfices estimés avec cette méthode reposent sur un *usage direct* de la ressource par l’usager. Ils sous-estiment ainsi la *valeur économique totale* de préservation des eaux souterraines qui englobe la valeur d’usage, la valeur d’option et la valeur de non-usage de la ressource. Les coûts évités sont donc classiquement considérés comme des valeurs minimales des bénéfices de la préservation. En cas de pollution, on dira par exemple que les bénéfices de la préservation sont « au moins » équivalents aux coûts de traitement de l’eau pour l’AEP.

**Contexte d’utilisation**

Cet argument est pertinent sur les deux types de zones où les ressources en eau souterraine sont d’ores et déjà exploitées pour l’AEP parce que l’on peut chiffrer le surcoût réel lié à l’utilisation d’une ressource dégradée. Pour autant, cet argument reste aussi valable pour apprécier l’intérêt de maintenir en l’état une ressource non exploitée, il conviendra alors d’établir des scénarios en vue d’estimer le surcoût potentiel associé à sa possible exploitation si la ressource venait à se dégrader.

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état	
Exploitée pour l’AEP	AAC	AAC et ZSE	Argument 1
Non exploitée actuellement pour l’AEP	AAC potentielle, absence de captage AEP	ZSNEA	

Figure 52. Pertinence de l’argument 1 selon le type de zone à préserver

**Exemples chiffrés de bénéfices**

Les bénéfices de la préservation évalués à partir de la méthode des coûts évités incluent :

- les **surcoûts liés à la stratégie choisie par le service d’eau potable pour pallier la dégradation de la ressource** (exprimés en €/m<sup>3</sup>). Selon le type de problématique, la durée de la contamination, l’ampleur de la surexploitation ou encore la proximité de ressources alternatives, plusieurs types de stratégies peuvent être adoptés par le gestionnaire, par exemple :

- l’abandon et la substitution du captage par une autre ressource ou par la création d’un nouveau captage sur la même ressource ;
- le mélange de l’eau d’un captage pollué avec une eau de meilleure qualité (interconnexions) ;
- le remplacement des équipements du fait de certains polluants corrosifs (canalisation, réservoirs) ;

l'installation d'une unité de traitement.

Les coûts associés à ces actions varient localement. Pour les calculer, il faut donc recueillir les données directement auprès des gestionnaires. Pour avoir un ordre de grandeur, selon les contextes et les types de stratégies retenues, les coûts liés à la stratégie choisie par le service d'eau potable varient en moyenne en **France entre 0,02 et 1,02 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup>** produit.

En première estimation (à défaut de consulter les services d'eau potable pour connaître leur stratégie), les coûts de traitement sont les valeurs les plus communément utilisées pour estimer les coûts évités. Ils varient en France entre **0,05 et 0,71 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup> pour le traitement des pesticides** et entre **0,17 et 0,77 €<sub>2013</sub>/m<sup>3</sup> pour le traitement des nitrates.** ;

- les surcoûts relatifs aux **comportements d'évitement des consommateurs** d'eau qui ont perdu confiance dans la qualité de l'eau du robinet. Plusieurs types de comportements d'évitement peuvent être adoptés par les usagers d'eau potable pour se protéger face à une dégradation de la qualité des ressources en eau. Les comportements les plus fréquemment adoptés sont l'achat d'eau en bouteille (de 12 à 30% des ménages concernés par un problème de pollution selon les études) et l'investissement dans des systèmes de traitement, des filtres ou des carafes (de 0,5 à 33% des ménages selon les études). La dépense annuelle liée à ces comportements varie de **151 à 366 €<sub>2013</sub> par ménage concerné par l'achat d'eau en bouteille** et de **61 à 257 €<sub>2013</sub> par ménage concerné par l'investissement dans des systèmes de traitement, filtres ou carafes** ;
- les autres coûts évités pour les usagers incluent par exemple les pertes de productivité de certaines productions agricoles du fait de la baisse de l'eau disponible pour l'irrigation dont la valeur dépend nécessairement des spécificités locales.

De nombreux exemples de valeurs de bénéfices liés au bon état des eaux souterraines estimées par la méthode des coûts évités sont présentés dans le chapitre 4 de ce rapport. Ces bénéfices s'appliquent à différents contextes et sont issus de travaux réalisés en France et à l'international. Ils incluent par exemple les coûts de substitution de captages pollués, les surcoûts liés aux mélanges des eaux souterraines avec d'autres ressources, les surcoûts liés aux traitements des nitrates et des pesticides, les surcoûts liés à l'achat d'eau en bouteille, etc. Ces valeurs peuvent être utilisées au sein d'argumentaires pour illustrer les bénéfices de la reconquête dans des contextes et face à des problématiques particulières. Pour les mettre en relation avec des ordres de grandeurs, les dépenses annuelles moyennes des ménages ont été estimées par l'INSEE lors de sa dernière Enquête sur le Budget des Familles dont les résultats sont accessibles ici : [http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/irweb/irsocbdf11/dd/excel/irsocbdf11\\_TM105.xls](http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/irweb/irsocbdf11/dd/excel/irsocbdf11_TM105.xls).

- b. Argument 2 : Mettre en évidence les bénéfices associés à la valeur économique totale des eaux souterraines

### **Principe**

Il s'agit de montrer que les ménages accordent de la valeur à la préservation des eaux souterraines, qu'ils l'utilisent ou non pour leur AEP.

### **Méthode**

La méthode des « **préférences déclarées** » consiste à demander aux individus d'évaluer, à l'aide d'un questionnaire, la valeur qu'ils accordent à la préservation ou l'amélioration de l'état des eaux souterraines. On appelle cette valeur leur « consentement à payer » (exprimé en €/ménage/an). Le bénéfice est alors estimé comme la valeur agrégée des consentements à payer de l'ensemble des ménages qui bénéficient de l'existence de la ressource. La plus répandue de ces méthodes est l'*évaluation contingente*.

Les valeurs ainsi obtenues ont l'avantage de prendre en compte toutes les composantes de la *valeur économique totale* des eaux souterraines, et notamment la valeur de leur préservation pour les générations futures. Cependant, il faut savoir qu'elles font aussi l'objet de nombreuses critiques (faible niveau de connaissance des eaux souterraines par les personnes interrogées, caractère chronophage et coûteux de l'enquête, etc.). De plus, la compréhension et l'appropriation de ces valeurs par les gestionnaires peut être difficile.

### **Contexte d'utilisation**

Cet argument peut être utilisé pour les quatre types de zones à préserver.

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état	Argument 2
Exploitée pour l'AEP	AAC	AAC et ZSE	
Non exploitée actuellement pour l'AEP	AAC potentielle, absence de captage AEP	ZSNEA	

Figure 53. Pertinence de l'argument 2 selon le type de zone à préserver

### **Exemples chiffrés de bénéfices**

Les enquêtes réalisées en vue d'estimer les **consentements à payer** des individus pour l'amélioration de l'état de la ressource génèrent de larges fourchettes de valeurs moyennes, en particulier dans la littérature nord-américaine, avec des bénéfices variant de 57 à 1 904 €<sub>2013</sub>/ménage/an, et une médiane de 203 €<sub>2013</sub>/ménage/an. En Europe, la variabilité des valeurs observées est plus faible, avec **une fourchette de valeurs de 27 à 264 €<sub>2013</sub>/ménage/an et une médiane de 65 €<sub>2013</sub>/ménage/an**. De nombreux facteurs peuvent être à l'origine de ces différences de valeurs : les caractéristiques sociales, économiques, hydrogéologiques sont très dépendantes du contexte local. De plus, les objets d'étude et les objectifs peuvent être relativement différents d'un questionnaire d'évaluation à l'autre.

De nombreux exemples de valeurs de bénéfices liés au bon état estimées par la méthode des préférences déclarées sont présentés dans le chapitre 4 de ce rapport. Ces valeurs peuvent être utilisées au sein d'argumentaires pour illustrer les bénéfices de la reconquête dans des contextes et face à des problématiques particulières. Pour les mettre en relation avec des ordres de grandeurs, les dépenses annuelles des ménages ont été estimées par l'INSEE lors de sa dernière Enquête sur le Budget des Familles dont les résultats sont accessibles ici : [http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/irweb/irsocbdf11/dd/excel/irsocbdf11\\_TM105.xls](http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnees/irweb/irsocbdf11/dd/excel/irsocbdf11_TM105.xls).

- c. Argument 3 : Mettre en évidence la diversité des bénéfices associés aux zones à préserver

### **Principe**

Il s'agit de montrer que sur une zone à préserver, maintenir un usage du sol compatible avec le bon état des eaux souterraines peut délivrer toute une diversité de bénéfices qui dépassent le seul bénéfice associé au bon état des eaux souterraines.

### **Méthode**

Cette démarche d'évaluation a la particularité de ne pas s'intéresser uniquement aux bénéfices liés à la ressource en eau souterraine en tant que telle, mais de considérer comme des bénéfices l'ensemble des services délivrés par les écosystèmes présents sur la zone à préserver, et compatibles avec un bon état de la ressource en eau souterraine (tourisme, agriculture, stockage de carbone, etc.). Par exemple, il s'agit de montrer que maintenir ou mettre en place une forêt ou une prairie permanente peut délivrer toute une diversité de bénéfices qui dépassent le seul bénéfice associé à une bonne qualité des eaux souterraines. Elle est également intéressante car elle démontre la diversité des bénéficiaires de la préservation, qui s'étend au-delà des usagers directs de la ressource et couvre divers acteurs du territoire (industrie touristique, commerces locaux, etc.).

Basée sur le concept de services écosystémiques, la Figure 54 présente les différents bénéfices que sont susceptibles de fournir les zones à préserver. La nature exacte et la valeur de ces bénéfices dépend toutefois des types d'occupation des sols qui caractérisent ces zones. Ainsi, le service de stockage et de fixation du carbone est plus enclin à générer des bénéfices sur les territoires à dominante naturelle avec une forte densité de forêts. A l'inverse, la préservation de territoires à dominante péri-urbaine est susceptible de générer d'importantes aménités paysagères pour les populations avoisinantes dont la valeur des biens immobiliers s'appréciera en conséquence.

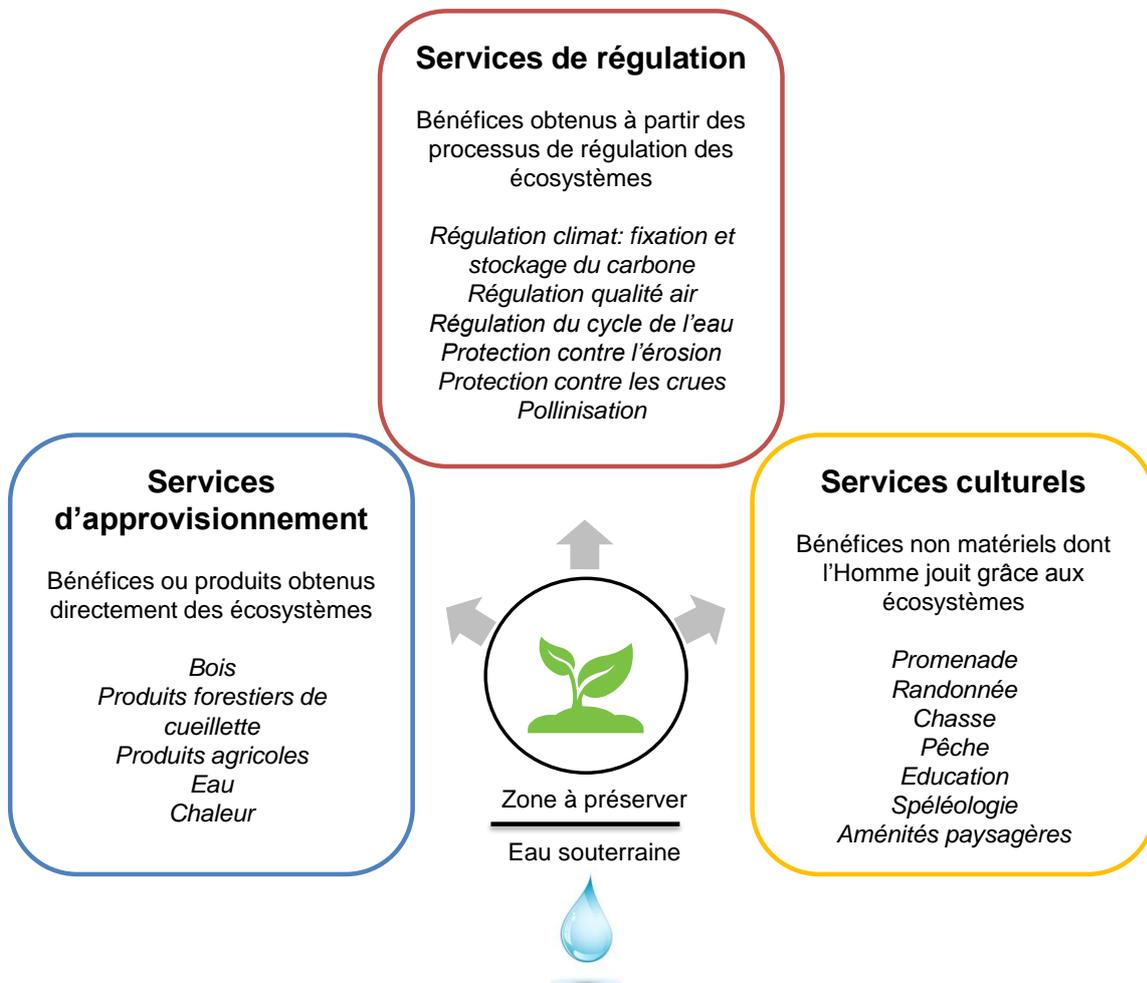


Figure 54. Exemple de services écosystémiques fournis par les zones à préserver

**Contexte d'utilisation**

Cet argument peut être utilisé pour les quatre types de zones à préserver mais il est particulièrement pertinent pour évaluer les bénéfices associés à la préservation des ressources non exploitées actuellement qu'il convient de maintenir en bon état (ZSNEA).

	Reconquête du bon état	Maintien du bon état	
Exploitée pour l'AEP	AAC	AAC et ZSE	
Non exploitée actuellement pour l'AEP	AAC potentielle, absence de captage AEP	ZSNEA	Argument 3

Figure 55. Pertinence de l'argument 3 selon le type de zone à préserver

### **Exemples chiffrés de bénéfices**

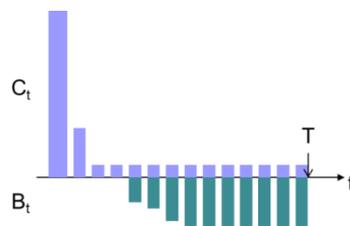
Les bénéfices économiques associés aux services écosystémiques fournis par les zones à préserver dépendent du type de services considérés qui dépendent eux même du type d'occupation du sol sur la zone. L'annexe 5 fournit plus d'une centaine d'exemples concrets et chiffrés de bénéfices économiques associés à ces différents services écosystémiques.

## 6.4.2. Comparaison des coûts et des bénéfices

### Point de vigilance sur la comparaison des coûts et des bénéfices de la préservation des eaux souterraines

Une fois les bénéfices de la préservation mis en évidence, ceux-ci sont fréquemment comparés aux coûts des actions à mettre en œuvre, afin d'évaluer s'ils sont suffisants pour justifier la préservation sur le long terme. La comparaison entre les coûts et les bénéfices de programmes d'actions repose sur l'analyse coûts-bénéfices (ACB). Une ACB consiste à comparer l'ensemble des bénéfices issus d'un projet à l'ensemble de ses coûts, une décision étant considérée comme justifiée économiquement si le flux de bénéfices actualisés qui en découle est supérieur au flux des coûts actualisés associés. On entend par coûts et bénéfices « actualisés », les coûts et bénéfices susceptibles de survenir suite à la mise en œuvre du programme d'actions, l'ensemble des valeurs futures étant ramené à une valeur présente (en €<sub>2013</sub> par exemple).

$$\text{Bénéfice Net} = \sum_t \frac{B_t - C_t}{(1+a)^t}$$



Son application à des programmes de gestion des ressources en eau souterraine nécessite de prendre en compte le long terme dans la réflexion, les bénéfices de la préservation pouvant parfois se manifester seulement plusieurs années après la mise en œuvre d'actions.

Cette évaluation nécessite:

- de fixer un horizon temporel (T) à l'analyse, fonction du délai nécessaire pour que les bénéfices soient observables, donc fonction du contexte hydrogéologique entre autre ;
- de connaître la distribution des coûts (C<sub>t</sub>) et des bénéfices (B<sub>t</sub>) dans le temps ;
- d'utiliser le taux d'actualisation (a), permettant d'exprimer toutes les valeurs futures à une valeur présente<sup>40</sup>.

Si en apparence l'exercice semble relativement facile, la prise en compte du long terme complexifie l'analyse, car il convient alors de faire des hypothèses sur le temps nécessaire à l'apparition des bénéfices (souvent lié à l'inertie de la nappe), sur l'évolution des coûts et des bénéfices dans le temps (liée aux évolutions socio-économiques, technologiques, etc.), et sur le poids accordé par la société à des valeurs futures (choix du taux d'actualisation).

<sup>40</sup> L'actualisation est l'opération mathématique qui permet de ramener des valeurs économiques futures à des valeurs présentes. Le taux d'actualisation retenu peut avoir des conséquences importantes sur l'équilibre entre les coûts et les bénéfices. Par exemple, avec un taux d'actualisation de 4 %, un bénéfice (ou un coût) supporté dans 50 ans ne représenterait que 14 % de la valeur qui serait la sienne s'il intervenait actuellement. Le taux d'actualisation préconisé depuis 2013 dans les travaux d'évaluation socio-économique est de 2,5% (CGSP, 2013). La formule à appliquer est la suivante : Valeur présente = Valeur future / (1 + 2,5%)<sup>(nombre d'années du programme)</sup>. Pour plus d'informations sur la méthode à appliquer, voir Actéon (2013), Guide pratique pour la mise en œuvre d'analyses socio-économiques en appui à l'élaboration de sage et de contrats de rivière.

a. Coûts associés aux actions de préservation

**Reconquête du bon état**

Les coûts des actions de reconquête du bon état des eaux souterraines varient largement selon les contextes, les objectifs visés, la nature des actions ou encore leurs modalités de mise en œuvre. Ils doivent être évalués au cas par cas à partir de données primaires recueillies localement. A titre d'illustration, l'Annexe 1 présente vingt exemples concrets de coûts d'actions de préservation des eaux souterraines mises en œuvre en France et à l'international.

Il convient de noter que le coût d'une même action peut varier selon les acteurs considérés (commune, agence de l'eau, exploitant agricole, etc.). Une étude basée sur des cas théoriques a par exemple montré que sur un territoire à dominante agricole, pour une zone à préserver d'environ 20 ha, le coût des MAE sur 5 ans est en moyenne équivalent au montant des indemnisations des servitudes imposées par les périmètres de protection des captages (PPC). Toutefois, lorsque les programmes sont étendus à 10 ans, les MAE apparaissent alors nettement plus coûteuses que les servitudes dont le paiement s'effectue en une fois lors de l'instauration des PPC (Créveaux, 2011). Mais cet argument n'est pas valable pour tous les acteurs. Ainsi, si le coût public des MAE sur 5 ans est en moyenne similaire au coût des servitudes, le coût pour les communes est quant à lui nettement inférieur puisque celles-ci ne participent pas au financement des MAE lors du premier programme pluriannuel tandis qu'elles concourent au moins à 20% du financement des servitudes.

**Maintien du bon état**

Comme les coûts des actions de reconquête du bon état, les coûts des actions de maintien en bon état des eaux souterraines varient fortement selon les spécificités et les contextes locaux. Ils doivent être évalués au cas par cas à partir de données primaires recueillies localement.

Ils relèvent de deux catégories :

- les coûts des actions et pratiques actuellement mises en œuvre sur la zone ;
- les *coûts d'opportunité* liés aux bénéfices économiques que pourraient générer les projets d'aménagement concurrents, c'est-à-dire les revenus potentiels futurs auxquels les acteurs locaux sont contraints de renoncer du fait du maintien en l'état d'activités compatibles avec le bon état plutôt que d'autoriser l'implantation d'autres activités rémunératrices (urbanisation, zones d'activité économique, etc.).

b. Argument 4 : Montrer que les bénéfices attendus sont supérieurs aux coûts de la préservation

En première approximation, si on ne prend pas en compte la dimension temporelle de l'ACB (c'est-à-dire qu'on ne prend pas en compte le délai de réponse de l'aquifère, la distribution des coûts et bénéfices dans le temps, le choix d'un horizon temporel, le taux d'actualisation), la comparaison simplifiée des coûts et des bénéfices annuels attendus peut apporter des premiers éléments de réflexion sur l'intérêt, d'un point de vue économique, de préserver la ressource en eau souterraine.

Une première analyse très simplifiée à partir de ratios tels que « le volume d'eau potable produit par unité de surface à préserver (m<sup>3</sup>/ha/an) » ou le « nombre de ménages bénéficiaires par unité de surface à préserver (ménages/ha/an) » permet de déceler rapidement les bassins pour lesquels un argumentaire économique basé sur des bénéfices obtenus par la méthode des coûts évités ou la méthode de l'évaluation contingente peut être construit (Encadré 4).

Toutefois, les bénéfices issus de ces méthodes risquent de ne pas suffire, notamment si :

- les pressions potentielles futures sur le bon état ne sont pas clairement identifiées ;
- la ressource est peu utilisée aujourd'hui ;
- la ressource est située sur une zone de faible densité de population ;
- le temps de réponse du milieu naturel est élevé.

C'est typiquement le cas des ressources non exploitées actuellement. Dans le cas où ce type d'argumentaire est insuffisant, un argumentaire plus large, basé sur les bénéfices associés à la zone de préservation (argument 3) pourra être utilisé.

**Encadré 7. Comment savoir rapidement si un argumentaire basé sur les coûts évités ou les consentements à payer peut suffire à justifier la préservation ?**

**Point de vigilance :** Cette analyse très simplifiée permet un premier « dégrossissage » et ne saurait se substituer à une analyse économique rigoureuse basée sur des données recueillies localement.

Pour déterminer si une approche par les coûts évités est pertinente, on peut :

1. Calculer le volume d'eau produit par unité de surface à préserver (par exemple, une ZSE qui produirait en moyenne 3000 m<sup>3</sup>/ha/an) ;
2. Calculer la fourchette de coûts évités à considérer dans l'argumentaire (par exemple entre 0,2 et 0,3 €/m<sup>3</sup> pour les coûts de traitement d'une pollution par les nitrates) ;
3. Déterminer la fourchette de bénéfices de préservation maximale au-delà de laquelle l'argument des coûts évités n'est plus suffisant pour justifier la préservation (ici, les coûts évités permettent de justifier des actions d'un montant situé entre 600 et 900 €/ha/an).

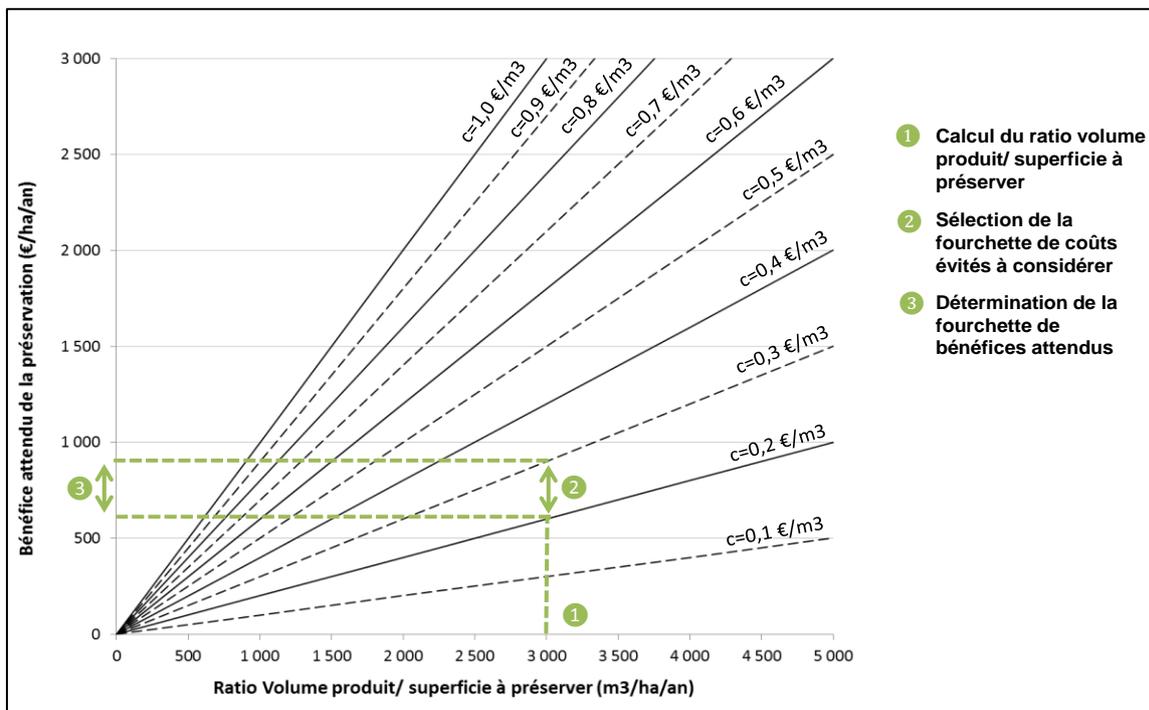


Figure 56. Influence du ratio volume produit par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines

Pour déterminer si une approche par les consentements à payer est pertinente, on peut :

1. Calculer le nombre de ménages bénéficiaires par unité de surface à préserver (par exemple 20 ménages/ha de ZSE à préserver) ;
2. Calculer la fourchette de consentements à payer (CAP) à considérer dans l'argumentaire (par exemple entre 20 et 40 €/ménage/an pour la préservation de la Nappe de la craie de l'Artois et de la vallée de la Lys) ;
3. Déterminer la fourchette de bénéfices de préservation maximale au-delà de laquelle l'argument des consentements à payer n'est plus suffisant pour justifier la préservation (ici, les CAP permettent de justifier des actions d'un montant entre 400 et 800 €/ha/an).

La méthode d'évaluation du nombre de ménages bénéficiaire est alors déterminante : selon que l'on considère les ménages bénéficiaires comme les ménages situés sur la masse d'eau ou également les ménages alimentés en eau potable par la masse d'eau, le ratio peut être très différent.

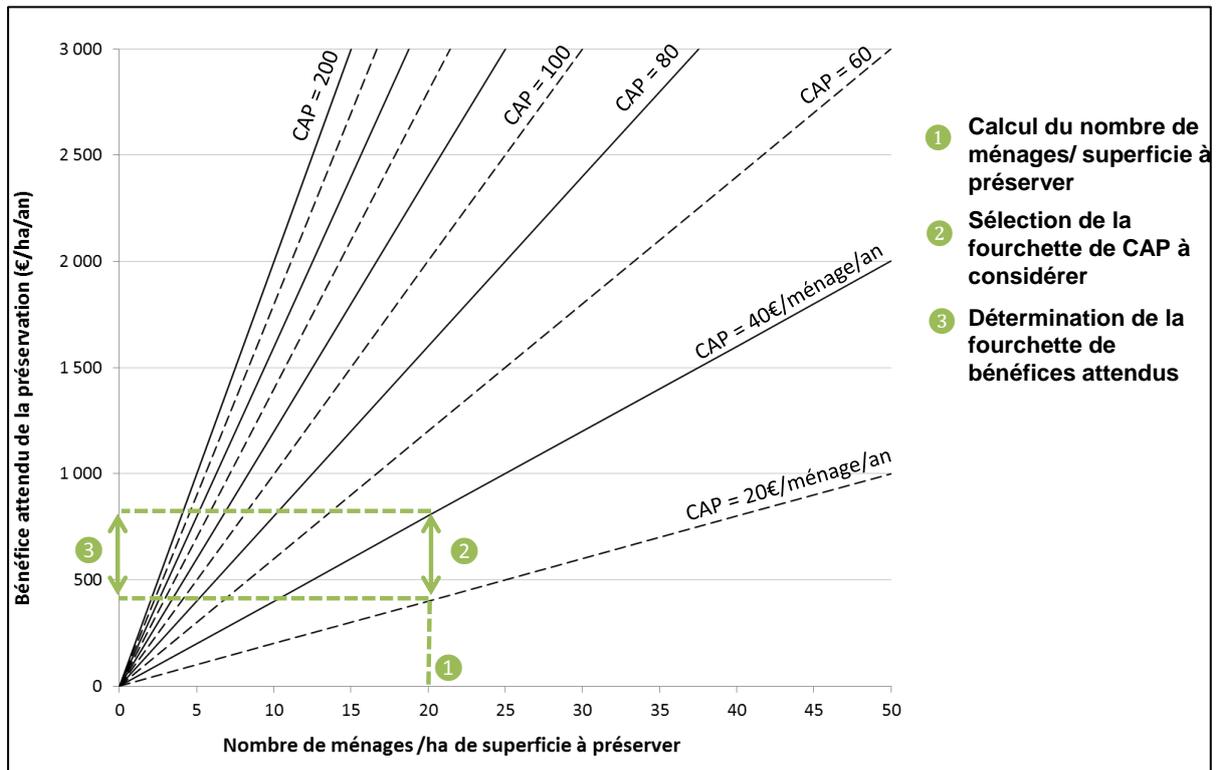


Figure 57. Influence du ratio nombre de ménage par unité de superficie à préserver sur les bénéfices attendus de la préservation des eaux souterraines

Une méthode similaire basée sur le temps de réponse du milieu naturel, c'est-à-dire le délai nécessaire pour que les actions soient efficaces (délai entre les coûts et les bénéfices des actions) est présenté dans le rapport final du projet CARAC 'O (Hérivaux et Grémont, 2015).

## 6.5. ELEMENTS DE CONCLUSION SUR L'ARGUMENTAIRE

Les arguments à mettre en avant pour démontrer l'intérêt économique de préserver les eaux souterraines pour les territoires dépendent finalement beaucoup des spécificités locales. Ainsi, il serait vain d'essayer de construire un argumentaire générique qui soit à la fois adapté et pertinent sur l'ensemble des zones à préserver en France. Néanmoins, certains arguments apparaissent plus adaptés à certains enjeux. Inversement, d'autres arguments sont par nature insuffisants face à certaines caractéristiques des ressources à préserver.

Selon les situations, il peut être opportun de se concentrer plutôt sur les bénéfices fournis directement par les eaux souterraines ou à l'inverse d'élargir l'analyse à l'ensemble des services écosystémiques fournis par les territoires. Un bon argumentaire devra donc nécessairement commencer par prendre en compte les spécificités locales des zones à préserver et identifier les enjeux liés à leur préservation. Les bénéfices à mettre en avant en priorité dépendront directement de ces premiers éléments. La précision et la technicité de l'argumentaire dépendront ensuite des données disponibles et du temps alloué à l'évaluation. Les acteurs désireux de bâtir ce type d'argumentaire pourront s'inspirer des nombreux éléments chiffrés fournis dans cette note pour alimenter leur réflexion.

La Figure 58 propose une synthèse du type d'argumentaire vers lequel s'orienter selon le type de situation et le type d'enjeux rencontrés sur les zones à préserver.

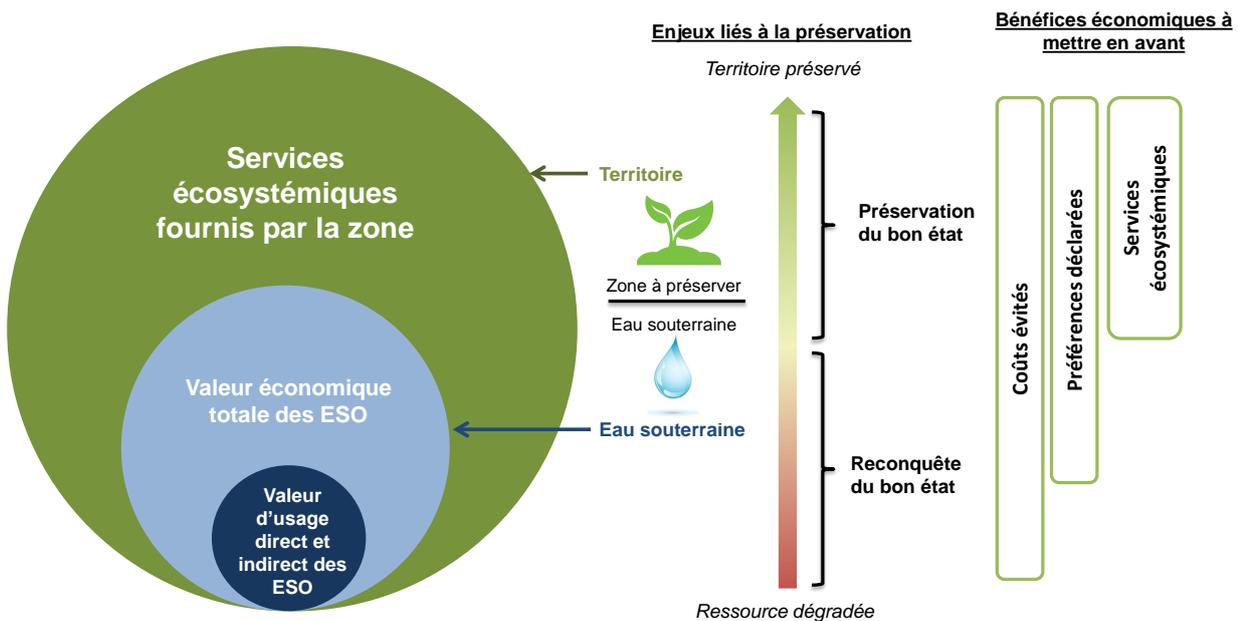


Figure 58. Synthèse de la déclinaison des arguments économiques en faveur de la préservation des eaux souterraines

## 7. Conclusion

Ce document présente les principaux résultats du projet CARAC'O. Il identifie les grandes questions économiques auxquelles les acteurs impliqués dans la préservation de ressources en eau souterraine se heurtent lorsqu'ils cherchent à mobiliser les élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à la préservation de ces ressources. Il met en évidence la nécessité de mieux caractériser les bénéfices que génèrent les actions de préservation pour les territoires et montre que les méthodes d'évaluation existantes ne sont pas systématiquement adaptées aux spécificités locales des zones à préserver. Deux situations dans lesquelles il apparaît opportun de développer un argumentaire économique qui mette en avant l'intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines sont donc distinguées :

- les AAC et certaines ZSE pour lesquelles un argumentaire basé sur les « coûts évités » de la préservation peut suffire à justifier l'intérêt de mettre en œuvre des actions de préservation ;
- les zones de sauvegarde (ZSE et ZSNEA) pour lesquelles il apparaît non seulement pertinent de développer un argumentaire basé sur les « coûts évités » mais également de développer un argumentaire basé sur les « services écosystémiques » de façon à inscrire la démarche de préservation dans une vision globale du territoire et mettre ainsi en avant la diversité des bénéfices associés aux services rendus par les zones de sauvegarde (tourisme, agriculture, stockage de carbone, etc.).

Les deux études de cas développées illustrent la façon dont l'évaluation économique des bénéfices peut servir à argumenter en faveur de la préservation des eaux souterraines.

La première étude de cas réalisée sur la zone de sauvegarde des contreforts Nord de la Sainte-Baume s'appuie sur la quantification de neuf services écosystémiques fournis par la zone. Les bénéfices associés à la préservation de ces services sont estimés entre 2,9 et 5,4 M€/an, soit entre 390 et 730 €/ha/an, selon les méthodes d'évaluation et les hypothèses utilisées (Figure 59).

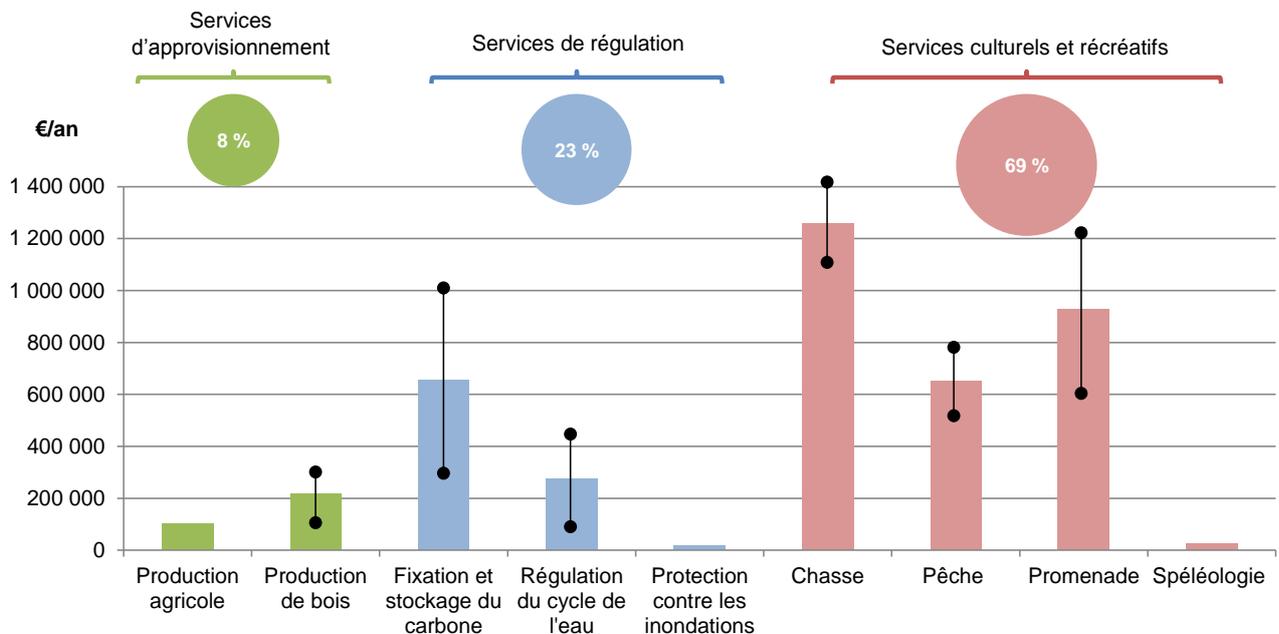


Figure 59. Valeur économique des bénéfices associés aux services écosystémiques fournis par la ZSNEA des contreforts Nord de la Sainte-Baume

Il convient de noter qu'un argumentaire basé sur les seuls bénéfices associés à la préservation des ressources en eau pour l'AEP (prélèvements pour l'usage AEP) aurait amené à estimer les bénéfices de la préservation à hauteur de 130 à 410 k€/an, soient seulement 7% des bénéfices totaux mis en évidence par une démarche globale basée sur les services écosystémiques à l'échelle d'un territoire.

Ce type d'approche a permis d'identifier et de caractériser la diversité des services rendus par les eaux souterraines, et de mettre en évidence la pluralité des acteurs concernés par leur préservation en identifiant les producteurs et les bénéficiaires de services écosystémiques à l'échelle d'un territoire. La mise en avant de ces éléments pourra permettre de faciliter l'adhésion des différents acteurs du territoire, par exemple en adoptant un discours ciblé, correspondant aux véritables enjeux rencontrés par chaque type d'acteur à l'échelle locale ou en mettant en évidence que certains producteurs de services écosystémiques sont aussi des bénéficiaires directs. Une approche par les services écosystémiques devrait également permettre de réfléchir à des nouveaux outils économiques, tels que les Paiements pour Services Environnementaux, qui pourraient être mis en place à l'échelle des territoires. Enfin, les entretiens réalisés dans le cadre du projet CARAC'O ont montré que le recours à ce concept comme outil de communication est particulièrement bien accepté et compris par les acteurs du territoire. Il pourrait donc contribuer à faire prendre conscience au grand public de l'intérêt de préserver les eaux souterraines.

La seconde étude de cas réalisée sur la nappe de Dijon Sud estime les bénéfices de la préservation à hauteur des coûts supportés par la collectivité qui auraient pu être évités si la ressource n'avait pas été dégradée (approche par les coûts évités). La mise en œuvre de plus de 160 actions de reconquête de la qualité de l'eau a entraîné plus de 46 M€ d'investissements et de coûts récurrents supportés en majorité par la collectivité. Ils représentent un coût moyen annuel de 0,72 à 0,82€ par m<sup>3</sup> prélevé (en moyenne 486 €/ha/an à l'échelle de la nappe). Plusieurs actions sont également prévues dans le contrat de nappe en cours d'élaboration par l'InterCLE pour un montant estimé sur cinq ans entre 2,9 et 12,8 M€.

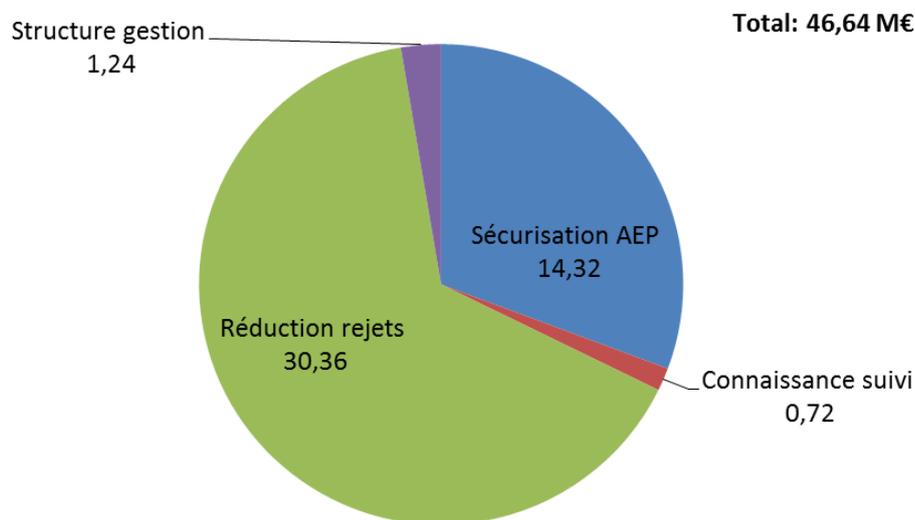


Figure 60. Coûts totaux (coûts d'investissement + coûts récurrents cumulés) associés aux actions mises en œuvre à l'échelle de la nappe de Dijon sud sur la période 1992-2014

Ce cas d'étude, bien que retenu comme zone de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable, ne peut être considéré comme une ressource préservée, et se rapproche de ce fait des

situations rencontrées dans les AAC affectées par les pollutions diffuses agricoles, où la qualité des ressources en eau a été dégradée.

Pour finir, l'analyse transversale des enseignements du projet CARAC'O a permis de construire un argumentaire économique en faveur de la préservation des ressources en eau souterraines pour l'alimentation en eau potable. Cet argumentaire a fait l'objet d'une note destinée aux chargés d'études et aux chargés d'intervention de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. L'argumentaire identifie les arguments économiques les plus pertinents à mettre en avant pour démontrer l'intérêt de préserver les territoires sur lesquels sont localisées ou se constituent les ressources en eaux souterraines présentant un enjeu pour l'alimentation en eau potable des générations présentes et futures. Les arguments économiques qui y sont présentés visent à faciliter l'adhésion et la mobilisation des élus, équipes techniques et collectivités autour des enjeux liés à leur préservation.



## 8. Bibliographie

**Abdalla C.W.** (1990) - Measuring Economic Losses from ground water contamination: An Investigation of Household Avoidance Costs, *Journal of the American Water Resources Association* 26, 451-463. doi: 10.1111/j.1752-1688.1990.tb01384.

**Actéon** (2013) - Guide pratique pour la mise en œuvre d'analyses socio-économiques en appui à l'élaboration de sage et de contrats de rivière.

**AEAG** (2003) - Surcoûts supportés par les usagers domestiques du fait des pollutions par les nitrates et les pesticides. Synthèse des données disponibles version 3.

**AELB** (2011) - Amélioration des connaissances sur les fonctions et usages des zones humides : évaluation économique sur des sites tests, avril 2011.

**AESN** (2011) - Le préventif coûte-t-il plus cher que le curatif ? Argumentaire économique en faveur de la protection des captages. 74p.

**Agence de l'Eau Seine Normandie** (2007) - Le captage des Monts à Mesnil-Rainfray, Site 4.14.

**Agreste** (2011) - Résultats économiques 2009 des exploitations agricoles professionnelles du RICA, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Etude n°57 – Janvier 2011.

**Arrouays D., J. Balesdent, J.C. Germon, P.A. Jayet, J.F. Soussana, P. Stengel** (2002) - Stocker du carbone dans les sols agricoles de France? Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

**Bann C., Wood S.** (2012) - Valuing groundwater: a practical approach for integrating groundwater economic values into decision making - A case study in Namibia, Southern Africa. In : *International Conference on Groundwater: Our Source of Security in an Uncertain Future 2011*, Pretoria, South Africa. Valuing groundwater: a practical approach for integrating groundwater economic values into decision making - A case study in Namibia, Southern Africa.

**Barraqué B., Viavattene C.** (2009) - Eau des Villes et Eau des Champs, Vers des accords coopératifs entre services publics et agriculteurs, *Economie rurale*, N°310, Mars-Avril 2009.

**Bauer C., Pierre G., Le Caro Y., Lenoir J.** (2008) - Ville de Rennes, agriculteurs, élus et habitants du Coglais, Les agriculteurs et le dialogue territorial : une étude de cas, Programme DIALOG.

**Belloumi M., Matoussi M.S.** (2002) - Evaluation de la valeur de préservation de la qualité de la nappe d'Oued Kheirate, *New Medit* 4.

**Ben Maïd A., Devaux J., Thao Khamsing W.** (2014) - Ressources en eau: perception et consommation des Français: résultats d'enquête. N°106 de la collection Etudes et documents du Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD).

**Bergkamp G., Cross K.** (2006) - Groundwater and Ecosystem Services: towards their sustainable use. In : *International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)*, 2006, Alicante, Spain. Groundwater and Ecosystem Services: towards their sustainable use.

**Bergstrom J.C., Dorfman J.H.** (1994) - Commodity information and willingness to pay for groundwater quality protection, *Review of Agricultural Economics* 16, 413-425.

**Birol E., Koundouri P., Kountouris Y.** (2010) - Assessing the economic viability of alternative water resources in water-scarce regions: Combining economic valuation, cost-benefit analysis and discounting. *Ecol. Econ.*, 69, p. 839-847.

**Bommelaer O., Devaux J.** (2011) - Coûts des principales pollutions agricoles de l'eau, Etudes et documents n°52, 34.

**Bonardet P., Bossard J., Cordier S.** (2005) - Application de la Directive Cadre à l'échelle locale et rôle des services de l'eau et de l'assainissement. Exemple de l'agglomération dijonnaise. TSM 12, 51-65.

**Bouscasse H., Defrance P., Strosser P.** (2009) - Evaluation des bénéfices attendus de l'amélioration de l'état des eaux souterraines en Région wallonne. Rapport final, Acteon/ Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement - Région Wallonne.

**Bouscasse H., Defrance P., Duprez C., Strosser P., Beley Y., Morardet S.** (2012) - Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Le cas de la moyenne vallée de l'Oise, Etudes et documents n°76, 80.

**Bouscasse H., Defrance P., Duprez C., Strosser P., Beley Y., Morardet S.** (2012) - Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Le cas de la plaine alluviale de la Bassée, Etudes et documents n°77, 102.

**Bouscasse H., Defrance P., Duprez C., Strosser P., Beley Y., Morardet S.** (2011) - Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Enseignements méthodologiques de monétarisation, Etudes et documents n°49, 220.

**BRLi** (2011) – Etude des volumes prélevables et identification des ressources stratégiques sur la nappe de Dijon sud.

**Brouwer R., Hess S., Bevaart M. et al.** (2006) - The socio-economic costs and benefits of environmental groundwater threshold values in the Scheldt basin in the Netherlands, November 2006. Deliverable D26 of the BRIDGE EU funded research project.

**Brunel** (1996) - Évaluation des bénéfices environnementaux. Présentation théorique. Méthode d'évaluation contingente. Méthode des coûts de transports. *Agence de l'eau Loire Bretagne, Mémoire de DEA, 74 p.*

**Bureau** (2009), Les « PSE »: des rémunérations pour les services environnementaux, Conseil Economique pour le Développement Durable, n°17, 2010.

**CAS** (2009) - Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. 399 p.

**Caudill J. D.** (1992) - The valuation of groundwater pollution : the differential impacts of prevention and remediation. PhD Thesis, Department of Agricultural Economics, Michigan State University.

**Caylet** (2010) - Les conventions entre les autorités locales et les agriculteurs, pour la qualité des eaux locales, Colloque Sylvamed « Des forêts pour l'eau potable ».

**Caylet** (2009) - Conventions conclues entre collectivités publiques et agriculteurs en vue du développement par soutiens publics incitatifs, de pratiques favorisant une meilleure qualité des eaux, Place de l'Agence de l'eau dans ces dispositifs contractuels, Etude réalisée pour le compte de l'Agence de l'eau Seine Normandie, Juillet/Août 2009.

**CEDD** (2010), Droits d'aménagement transférables : Un instrument de marché pour les politiques de planification foncière, Conseil Economique pour le Développement Durable, n°11, 2010.

**CES Bourgogne** (2003) – Autosaisine « L'eau potable en Bourgogne ». Avis présenté par André Fourcade et Jean-Claude Sobole, 122p.

**CGSP** (2013) - L'évaluation socioéconomique des investissements publics. Commissariat général à la stratégie et à la prospective. Rapport de la mission présidée par Emile Quinet. , 352p.

**Chambre d'Agriculture du Var** (2013) - Diagnostic Agricole de la commune de Mazaugues, Janvier 2013.

**Chegrani P.** (2009) - Restaurer les eaux souterraines: quels coûts ? quels avantages ? Cas de la nappe de la craie de l'Artois et de la vallée de la Lys. Etudes et documents CGDD n°2, Mars 2009

**Chichilnisky G., Heal G.** (1998) - Economic returns from the biosphere, Nature, Vol. 391, February 12, 1998 Issue.

**Corisco-Perez C.** (2006) - Potabilisation: les coûts réels de production de l'eau potable. Synthèse technique.

**Couliou E., Garcia J., Povéda K.** (2013) - Amélioration d'un modèle prédisant l'effet d'un couvert forestier sur l'érosion hydrique, Cas du bassin versant de la Siagne.

**Creveaux** (2011), Périmètres de protection réglementaires et aires d'alimentation : deux outils de protection des captages, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse.

**Croitoru L.** (2007) - How much are Mediterranean forests worth? Forest Policy and Economics 9, 536-545.

**CSA** (2006) - Enquête sur les pratiques de chasse en France, pour le compte de la Fédération Nationale des Chasseurs.

**DDT Indre** (2010) - Notice d'information – Territoire « Bassin d'alimentation de captages de Montet et Chambon » - Mesures Agro-environnementales territorialisées (MAEt) – Campagne 2010.

**DEFRA** (2005) - The Social Costs of Carbon Review – Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment, AEA Technology Environment, London, December 2005.

**Devaux J.** (2008) - Atteinte du bon état des eaux en Seine-Normandie. Analyses coûts-bénéfices à différentes échelles. Mémoire destage à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. 106 p.

**De Zoysa A.D.N.** (1995) - A benefit evaluation of programs to enhance groundwater quality, surface water quality and wetland habitat in Northwest Ohio. Dissertation, The Ohio State University.

**Dupouey J.L., Pignard G., Badeau V. et al.** (2002) - « Stocks et flux de carbone dans les forêts françaises », Forêt Wallone, 57, 6-19.

**Eau de Paris** (2011), Agriculture et protection de la ressource.

**Eau de Paris** (2012), « La protection de la ressource, le préventif pour ligne de force ! », Atelier Presse n°2, 20 Janvier 2012.

**Edwards S. F.** (1988) - Option prices for groundwater protection. *J. Environ. Econ. Manage.*, 15, p. 475-487.

**Egis Eau** (2011) - Ressources en eau des contreforts Nord de la Sainte-Baume : Identification et caractérisation de la ressource majeure à préserver pour l'alimentation en eau potable, LOT 2 - Rapport Phase 1, Décembre 2011.

**Egis Eau** (2011b) - Ressources en eau des contreforts Nord de la Sainte-Baume : Identification et caractérisation de la ressource majeure à préserver pour l'alimentation en eau potable, LOT 2 - Rapport Phases 2 et 3, Décembre 2011.

**El Chami D., El Moujabber M., Scardigno A.** (2008) - The Contingent Valuation Method for the economic assessment of Groundwater: A Lebanese case study. *New Medit*, 7, p. 19-24.

**Fankhauser S.** (1994) - The Social Costs of Greenhouse Gas Emissions: An Expected Value Approach, *The Energy Journal*, 157-184.

**FFPMA Var** (2012) - Enquête sur les pratiques des pêcheurs dans le département du Var.

**Fiquepron J.** (2012) - Etude technico-économique sur le site de Moises-Forchat. Evaluation du service rendu par la forêt pour la production d'eau potable, 79p.

**Fiquepron J., Garcia S., Stenger A.** (2010) - Des forêts pour l'eau potable : quelle valeur donner aux services rendus ? Valeur d'une eau du robinet "naturelle" d'origine forestière. Présentation réalisée lors de la journée du transfert IDF et colloque SYLVAMED - Marseille - 17 novembre 2010.

**FNAB** (2012), Agriculture biologique et qualité de l'eau, Une question d'intérêt général. 10 propositions du réseau FNAB pour une nouvelle politique de l'eau (2013-2018). [http://www.biopaysdelaloire.fr/documents\\_blocs/351.pdf](http://www.biopaysdelaloire.fr/documents_blocs/351.pdf)

**Grappey, C.** (1999) - Fiabilité des résultats de la méthode d'évaluation contingente et modes d'interrogation, Une application à la ressource en eau souterraine, *Economie rurale* 254, 45-53.

**Greiber** (2009) - Payment for Ecosystem Services, Legal and Institutional Frameworks, IUCN.

**Grémont M., Hérivaux C.** (2013) – Préservation de la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable : Une revue d'expériences françaises et internationales. Rapport final. BRGM/RP-62245-FR, 73 p., 3 ill., 1 ann..

**Grolleau G., McCann L.M.-J.** (2012) - Designing watershed programs to pay farmers for water quality services: Case studies of Munich and New York City, *Ecological Economics* 76(2012) 87-94.

**Gronvald P., Delfs Mortensen L., Folmand Knudsen C. et al.** (2008) - Watercost, Elements of cost-effectiveness analysis, Method and case studies. 107 p.

**Hasler B., Lundhede T., Martinsen L. et al.** (2005) - Valuation of groundwater protection versus water treatment in Denmark by Choice Experiments and Contingent Valuation. NERI technical report n°543.

**Hérivaux C.** (2011) - Economic analysis applied to groundwater degradation due to contaminated sites, Public perception and willingness to pay for the RWM073 groundwater quality improvement. Deliverable 5.5 of the FRAC-WEEO project. BRGM-RP-59800-FR.

**Hérivaux C., Orban P., Brouyère S.** (2013) - Is it worth protecting groundwater from diffuse pollution with agri-environmental schemes? A hydro-economic modeling approach. *J. Environ. Manage.*, 128, p. 62-74.

**Hérivaux, C., Rinaudo, J. (sous presse)** - Assessing the benefits of groundwater improvement and protection: why contingent valuation does not work ?

**Hérivaux C., Rinaudo JD., Grémont M. (à paraître)** –Evaluer les bénéfices du bon état des eaux souterraines : enjeux, méthodes, résultats et perspectives. Comprendre pour Agir. ONEMA.

**IFEN** (2005) - Les multiples valeurs de la forêt française, Les données de l'environnement, numéro 105, 4p.

**IFN** (2005) - La forêt française : Un puits de carbone ?, n°7, mars 2007, ISSN : 1769 – 6755.

**IFN** (2012) - La forêt en chiffres et en cartes, 2012.

**Institut de l'Élevage** (2012) - Résultats Technico-économiques 2012, Systèmes bovins en PACA et Rhône-Alpes, actualisation 2011.

**InterCLE** (2012) - Nappe de Dijon sud. Etat des lieux, Situation initiale, Diagnostic. Version octobre 2012.

**Johnson, K.A., Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D.,** (2012) - Uncertainty in ecosystem services valuation and implications for assessing land use trade-offs : An agricultural case study in the Minnesota River Basin, *Ecol. Econ.* 79, 71-79. doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.04.020.

**Johnson L.T, Hope C.** (2012) - The social cost of carbon in US regulatory impact analyses — an introduction and critique, *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 2 (3) (2012), pp. 205–221

**Jordan J. L., Elnagheeb A. H.** (1993) - Willingness to pay for improvements in drinking water quality. *Water Resour. Res.*, 29, p. 237-245.

**Krimmer I.** (2010), La protection de l'eau potable grâce à l'agriculture biologique : l'exemple de la Ville de Munich, *Les Cahiers de droit*, vol. 51, n° 3-4, 2010, p. 705-728.

**Kuhfuss L., Préget R., Thoyer S.** (2011) - Séminaire « Les mesures Agro-environnementales et l'enjeu eau », Bilan de la journée et pistes de réflexion pour le programme de développement rural français de la programmation 2014-2020.

**Larroque M.** (2010) - Rémunération des services environnementaux rendus par l'agriculture biologique. Mémoire de stage au Conseil Régional d'Ile-de-France. 118 p.

**Laurans Y., Aoubid S.** (2012), L'économie au secours de la biodiversité? La légende des Catskills revisitée, Working Paper, IDDRI.

**Laurans Y., Leménager T., Aoubid, S.** (2007) - Les paiements pour services environnementaux, De la théorie à la mise en œuvre, quelles perspectives dans les pays en développement ?, Agence Française de Développement. [http://www.sylvamed.eu/docs/07-A-Savoir\\_FR.pdf](http://www.sylvamed.eu/docs/07-A-Savoir_FR.pdf)

**Lazo J. K., Schulze W. D., McClelland G. H. et al.** (1992) - Can Contingent Valuation Measure Nonuse Values? *American Journal of Agricultural Economics* p. 1126-1132.

**Lebègue** (2005) - Révision du taux d'actualisation des investissements publics, Commissariat Général du Plan.

**Ledoux B., Larrouy-Castera X.** (2010), Eau et Foncier : Guide Juridique et Pratique pour les interventions publiques sur terrains privés, Gestion équilibrée de l'eau et gestion de l'espace, DREAL Languedoc-Roussillon, Mars 2010.

**Lousteau** (2004) - Séquestration du Carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles. Rapport Final du Projet CARBOFOR, Juin 2004.

**Martin, M., Marceau, R.,** (2001) - The Economic Value of Groundwater. Document de travail. Accès aux résultats via la base de données EVRI.

**Martinez-Paz J. M., Perni A.** (2011) - Environmental Cost of Groundwater: A contingent Valuation Approach. *Int. J. Environ. Res.*, 5, p. 603-612.

**Maton L., Rinaudo J.** (2013) - La valeur des eaux souterraines et les bénéfices liés à leur préservation, développement d'un cadre d'évaluation multicritère. 97 p. (BRGM/RP-15754-FR).

**McClelland G. H., Schulze W. D., Lazo J. K. et al.** (1992) - Methods for measuring non-use values: A contingent valuation study of ground water cleanup. Final Report, Office of Policy, Planning and Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency, Cooperative Agreement #CR-815183, 1992.

**MEA** (2005) - *Millenium Ecological Assessment*. Millennium Ecosystem and Human Well-being: A framework for Assessment.

**MEEDDAT** (2008) - La valeur économique de la forêt méditerranéenne en France. n°17 de la collection Evaluation de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale, 4p.

**Meignien P., Lemaître-Curri E.** (2010) - Conservation et utilisation durable de la biodiversité et des services écosystémiques : analyse des outils économiques, Rapport de la Commission des Comptes et de l'Economie de l'Environnement, Commissariat Général au Développement Durable.

**Miraldo Ordens C., Bertin S., Brouwer R. et al.** (2006) - Assessing the costs and benefits of groundwater quality improvements in the Aveiro Quaternary Aquifer in Portugal, December 2006. Deliverable D28 of the BRIDGE EU funded research project.

**Mitchell R. C., Carson R. T.** (1989) - Existence values for groundwater protection. Draft Final Report to US Environmental Protection Agency (Washington, DC: Resources for the Future).

**Mountain Forum** (2010) - Payments for Environmental Services in Mountain Areas, Mountain Forum Bulletin, Januray 2010. ICIMOD, IUCN, The World Bank, ICRAF.

**Muñoz-Piña, C. et al.** (2007) - Paying for the hydrological services of Mexico's forests: Analysis, negotiations and results. *Ecological Economics*. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.031.

**Nahuelhual L., Donoso P., Lara A., Nunez D., Oyarzun C., Neira E.** (2007) - Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests, *Environment, Development and Sustainability*, 9 (2007), pp. 481–499.

**Ninan, K.N., Inoue, M.**, (2013) - Valuing forest ecosystem services: What we know and what we don't, *Ecological Economics*. 93, 137-149.

**Nordhaus** (2007) - A review of the 'stern review on the economics of climate change, *Journal of Economic Literature*, vol. 45, n° 3, p. 686-702.

**OCDE** (2011) -Payer pour la biodiversité: Améliorer l'efficacité-coût des paiements pour services écosystémiques, Éditions OCDE. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264090293-fr>

**OFME** (2003) - Les espaces forestiers en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Observatoire de la Forêt Méditerranéenne, Fiche n°27.

**ONF** (2012), Etude de la ressource forestière des forêts publiques du Var, Service Bois, Avril 2012.

**Pagnard** (2012) - Actions combinées pour la protection des captages Montet-Chambon (36), Fiche bonne pratique Référence 36 E\_01, Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre, Juillet 2012.

**Pakalniete K., Bouscasse H., Strosser P.** (2006) - Assessing socio-economic impacts of different groundwater protection regimes, Latvian case study report, November 2006. Deliverable D29 of the BRIDGE EU funded research project.

**Pays Provence Verte** (2013) - Schéma de Cohérence Territoriale Provence Verte, Syndicat Mixte du Pays de la Provence Verte.

**Pearce D., Atkinson G., Mourato S.** (2006) - Analyse coûts-bénéfices et environnement. Développements récents. 351 p. (Rapport de l'OCDE).

**Poe G. L., Boyle K. J., Bergstrom J. C.** (2000) - A meta analysis of contingent values for groundwater quality in the United States. In : 2000 Annual meeting, July 30-August 2, Tampa, FL, A meta analysis of contingent values for groundwater quality in the United States. American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association)

**Poe, G.L., Bishop, R.C.** (1993) - Information, risk perceptions and contingent values for groundwater protection, in: Bergstrom, J.C. (Ed.), Benefits and Costs Transfer in Natural Resource Planning, pp. 27-53.

**Pointereau** (1999) - L'approvisionnement en eau potable de la ville de Munich, Notes techniques, Solagro.

**Powell J. R., Allee D. J., McClintock C.** (1994) - Groundwater Protection Benefits and Local Community Planning: Impact of Contingent Valuation Information. *American Journal of Agricultural Economics*, 76, p. 1068-1075.

**Puydarrieux, P., Devaux, J.** (2013) - Quelle évaluation économique pour les services écosystémiques rendus par les prairies en France métropolitaine ? n°89 de la collection "Etudes et documents" du SEEIDD du CGDD. , 40p.

**Quinet** (2008) - La valeur tutélaire du carbone, Centre d'analyse stratégique, La documentation française, Avril 2009 – 424p.

**Réseau des Grands Sites de France** (2010) - Evaluation des avantages économiques liés au Grand Site Sainte-Victoire.

**Rinaudo J.** (2008) - Assessing the benefits of groundwater protection. A case study in the Rhine district, France. deliverable of the EU funded AQUAMONEY project.

**Rinaudo, J., Arnal, C., Blanchin, R., Elsass, P., Meilhac, A., Loubier, S.** (2005) - Assessing the cost of groundwater pollution: the case of diffuse agricultural pollution in the Upper Rhine valley aquifer. *Water Science and Technology*, 52, p. 153-162.

**Rinaudo, J.** (2005) - Evaluation de l'impact socio-économique de la pollution de la nappe d'Alsace par les nitrates et les pesticides. Volume 1: Coût de la pollution pour le secteur eau potable entre 1988 et 2002. BRGM/RP-52316-FR. Juin 2005, 56p.

**Rinaudo, J., Aulong, S.** (2014) - Defining Groundwater Remediation Objectives with Cost-benefit Analysis: Does It Work? *Water Resour. Manage.* 28, 261-278. doi: 10.1007/s11269-013-0483-0.

**Rokotoarison** (2009) - Analyse et modélisation de la gestion du grand gibier : Cas de la région aquitaine, Thèse de l'Université Montesquieu

**Rozan A., Stenger A., Willinger M.** (1997) - Valeur de préservation de la qualité de l'eau souterraine : une comparaison entre usagers et non-usagers. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, p. 61-92.

**SAFEGE** (2011) - Ressources en eau des contreforts Nord de la Sainte-Baume : Identification et caractérisation de la ressource majeure à préserver pour l'alimentation en eau potable, Synthèse et mise à jour des connaissances actuelles, Octobre 2011.

**Salzman J.**, (2005) - *Creating Markets for Ecosystem Services: Notes from the Field*, New York University Law Review, Vol. 80, No. 6, 2005; Duke Science, Technology & Innovation Paper No. 2

**Sandhu, H.S., Wratten, S.D., Cullen, R., Case, B.** (2008) - The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach, *Ecol. Econ.* 64, 835-848. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.05.007.

**Shultz S. D., Lindsay B. E.** (1990) - The willingness to pay for groundwater protection. *Water Resour. Res.*, 26, p. 1869-1875.

**SIAEP du Houlme** (2012) - Protection des captages de la Rouvre, Réunion des Présidents d'opérations territoriales du bassin Seine Normandie.

**Smith V. K., Desvouges W. H.** (1986) - Averting behavior: Does it exist? *Economics Letters*, 20, p. 291-296.

**Stenger A., Willinger M.** (1998) - Preservation value for groundwater quality in a large aquifer: a contingent-valuation study of the Alsatian aquifer. *J. Environ. Manage.*, 53, p. 177-193.

**Stern** (2007) - *The Stern Review: The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, 2007.

**Stevens T. H., Barrett C., Willis C. E.** (1997) - Conjoint analysis of groundwater protection programs. *Agric. Resour. Econ. Rev.*, 26, p. 229-235.

**Strosser P., Bouscasse H.** (2006) - Assessing socio-economic impacts of different groundwater protection regimes, Slovenian case study report, November 2006. Deliverable D42 of the BRIDGE EU funded research project.

**Sun H., Bergstrom J. C., Dorfman J. H.** (1992) - Estimating the benefits of groundwater contamination control. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 24, p. 63-63.

**Tentes G., Damigos D.** (2012) - The Lost Value of Groundwater: The Case of Asopos River Basin in Central Greece. *Water Resour. Manage.*, 26, p. 147-164.

**Traoré N., Amara N., Landry R.** (1999) - Households' response to groundwater quality degradation: Results from a household survey in Quebec. *Cahiers d'économie et sociologie rurales* 5-22.

**UICN** (2011) - Services écologiques fournis par les forêts françaises, Travaux réalisés par le groupe Forêt du Comité français de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature.

**UK NEA** (2011) - UK National Ecosystem Assessment. Understanding nature's value to society.

**UNAF** (2005) - Audit de la filière miel, GEM – ONIFLHOR – Août 2005.

**Vittel** (2002), Les 20 ans d'Agrivair : L'expérience DU faire ensemble autour de la source Vittel et projets d'Avenir, Vittel – Une marque qui fait corps avec son écosystème.

**Wattage, P.M.** (1993) - Measuring the benefits of water resource protection from agricultural contamination: results from a contingent valuation study. Dissertation, Iowa State University.

**Wei Y., Davidson B., Chen D. et al.** (2007) - Can Contingent Valuation be Used to Measure the in Situ Value of Groundwater on the North China Plain? *Water Resources Management*, 21, p. 1735-1749.

**White P. A., Sharp B. M., Kerr G. N.** (2001) - Economic valuation of the Waimea Plains groundwater system. *Journal of Hydrology(New Zealand)*, 40, p. 59-76.

**Willis, K.G., Garrod, G., Scarpa, R., Powe, N., Lovett, A., Bateman, I.J., Hanley, N., Macmillan, D.C.** (2003) - The social and environmental benefits of forests in Great Britain. Report to Forestry Commission, Centre for Research in Environmental Appraisal & Management, University of Newcastle, 36p.

**Wright, C.** (1988) - An economic assessment of groundwater pollution. Master Thesis, Central Michigan University .

**WWF** (2012) - Evaluation économique des écosystèmes d'eau douce: L'eau potable - Paris et Lons le Saunier. 46 p.

**WWF** (2010), Oui au BIO dans ma cantine, dossier de presse 2010.

**Xue D., Tisdell C.** (2001) - Valuing ecological functions of biodiversity in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve in Northeast China, *Biodiversity and Conservation*, 10 (2001), pp. 467–481.

**Zakeossian M., Berranger J., Gueron F.** (2011) Actions engagées par Eau de Paris pour reconquérir la qualité des eaux souterraines des sources de la vallée de la Vanne.

**Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., Swinton, S.M.** (2007) - Ecosystem services and dis-services to agriculture, *Ecol. Econ.* 64, 253-260. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024.



## **Annexe 1**

# **Caractéristiques des outils de préservation des eaux souterraines pour l'AEP**



Cas d'étude	Type d'outil de protection	Superficie	Coût (en € <sub>2013</sub> )	Période	Références
Captages de Montet et Chambon (Chateauroux, France)	<b>Acquisition foncière</b> à l'amiable et par droit de préemption (AAC)	67,6 ha	<b>8 060 €/ha *</b>	2003-2012	Pagnard, 2012
	<b>MAEt</b> (PPE)	n.d.	Entre <b>123€/ha/an</b> et <b>540€/ha/an</b>	2010-2015	DDT Indre, 2010
Captage des Monts (Mesnil-Rainfray, France)	<b>Acquisitions foncières</b> (PPI et PPR)	50 ha	<b>8 496 €/ha *</b>	1995-2004	Agence de l'Eau Seine Normandie, 2007
Captage de Lons-Villeveux (Lons-le-Saunier, France)	<b>Convention de gestion</b> pour assurer un couvert végétal sans engrais ni pesticides (PPI)	4 ha	<b>614 €/ha/an</b>	1990-2012	WWF, 2012
	<b>Convention de gestion</b> pour une mise en herbe totale (PPR)	70 ha	<b>123 €/ha/an</b>		
	<b>Convention de gestion</b> pour une agriculture raisonnée (PPR)	150 ha	<b>170 €/ha/an</b> si propriété de la ville <b>262 €/ha/an</b> si propriété de l'exploitant agricole		
	<b>MAE</b> (PPE)	500 ha	<b>300 €/ha/an</b>		
Paiements pour Services Hydrologiques (Mexique)	<b>PSE</b> pour réduction de la déforestation	600 000 ha	<b>31 €/ha/an **</b> <b>41 €/ha/an **</b> (forêts humides)	2003-2006	Muñoz-Piña et al., 2007
Santa Rosa (Bolivie)	<b>PSE</b> pour boisements	2 774 ha	<b>3,3 €/ha/an **</b> (paiements en nature)	2003-2007	Laurens et al., 2007
Churo Negro (Bolivie)	<b>PSE</b> pour protection des forêts	1 976 ha	<b>17,5 €/ha/an**</b>	2007	Greiber, 2009
Fonds de Conservation des Forêts Tasmanien (Australie)	<b>PSE</b> pour protection des forêts	29 000 ha	<b>413 €/ha/an</b> (en moyenne avec une durée des contrats variant de 12 ans à perpétuité)	2005 - 2008	OCDE, 2011
Bassin Artois Picardie (France)	<b>PSE</b> avec enchères agro-environnementales	n.d.	<b>450 €/ha/an</b> (limite supérieure)	Depuis 2010	Kuhfuss et al., 2011
Bassin de la Rouvre (Normandie, France)	<b>MAEt</b>	351 ha	n.d.	2008-2010	SIAEP du Houlme, 2012
	<b>SFEI</b>	4 810 ha	<b>130 €/ha/an</b>	2008-2010	

Cas d'étude	Type d'outil de protection	Superficie	Coût (en € <sub>2013</sub> )	Période	Références
Région Poitou Charente (France)	<b>Subventions</b> pour boisement de terres agricoles	n.d.	<b>768 €/ha/an*</b> (limite supérieure)	2007-2013	Région Poitou Charentes
Vienne (Autriche)	<b>Subventions</b> pour gestion durable des forêts	33 000 ha	n.d. 6% du prix de l'eau	2008-2013	Projet ALPEAU
Saint-Germain-en-Cogles (Rennes, France)	<b>Acquisition par le biais de l'AFAF</b> (PPR)	110 ha	n.d.	1998	Bauer et al., 2008
Vallée de la Vanne (Eau de Paris, France)	<b>Acquisition foncière</b> (PPI et AAC)	178 ha	n.d.	2008-2011	Zakeossian et al., 2011
	<b>MAE et MAEt</b> pour agriculture biologique (AAC)	261 ha	n.d.	2008-2011	Zakeossian et al., 2011
Vittel (Vosges, France)	<b>Acquisition foncière</b>	1 800 ha	<b>1200 €/ha *</b>	1987-1990	Gest'Eau et Vittel, 2002
	<b>PSE</b> pour adaptation à de nouvelles pratiques	3 500 ha	<b>216 €/ha/an</b>	Depuis 1990	
	Coût total de l'ensemble du programme (toutes mesures confondues)			<b>1 176 €/ha/an*</b>	
Munich (Allemagne)	<b>Subventions</b> pour des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement	2 500 ha	<b>390 €/ha/an</b> (6 ans) puis <b>290 €/ha/an</b> ou <b>180 €/ha/an</b> (12 ans)	1992-2012	Pointereau, 1999 ; Krimmer, 2010 et Grolleau et al., 2012
	<b>MAE</b>	2 500 ha	<b>250 €/ha/an</b>	n.d.	
	Coût total du programme pour la ville de Munich (toutes mesures confondues)			<b>315 €/ha/an*</b>	
New York (Etats-Unis)	<b>Acquisitions foncières</b> à l'amiable	36 800 ha	<b>6 000 €/ha</b> sur 11 ans* et <b>10 500 €/ha</b> en 2009	1997-2008	Barraqué, 2009 et Chichilnisky et al., 1998
	<b>Servitudes easements</b>	116 196 ha	n.d.	1997-2008	
	Coût total du programme de restauration (toutes mesures confondues)			<b>850 €/ha/an*</b>	

*Illustration 1 : Caractéristiques des outils de préservation des eaux souterraines pour l'AEP*

**Légende** : n.d. : Non disponible. \* : Calculs des auteurs. \*\* : En 2013, le revenu national brut par habitant est 17 fois moins élevé en Bolivie qu'en France et 4 fois moins élevé au Mexique qu'en France (2 270 €<sub>2013</sub> en Bolivie, 8 843€<sub>2013</sub> au Mexique et 38 665 €<sub>2013</sub> en France). - Les valeurs primaires issues des études consultées ont été exprimées en euros 2013 en utilisant (i) les indices de Parité de Pouvoir d'Achat (PPA) produits par la Banque Mondiale et par l'OCDE, et (ii) les indices de prix à la consommation de l'INSEE.

Se référer aux études de cas présentées dans le corps du rapport Grémont et al, (2013) pour évaluer l'efficacité environnementale de chacune des actions de préservation.

## **Annexe 2**

### **Liste personnes interrogées durant la phase d'entretiens**



Nom, Prénom	Structure
BILLET, Christelle	Conseil Général du Var, Direction de l'Environnement - Service Eau et Assainissement
DANNEVILLE, Laurent	Parc Naturel Régional des Grands Causses, Responsable pôle eau et assainissement
DIDIER, Vincent	Agence Régionale de la Santé Rhône-Alpes, Mission de coordination des bassins hydrographiques Rhône-Méditerranée Corse
DUZAN, Alexandre	Lyonnaise des Eaux, Responsable Technique Ressource en Eau
FRANCILLARD, Pierre	Société d'Équipement du Département de la Haute-Savoie, Responsable d'activités Environnement
GOUILLOUD, Laurent	Syndicat Intercommunal de Gestion de l'eau et de l'assainissement de Roussillon – Péage de Roussillon et environs (SIGEARPE) - Directeur des Services Techniques
GRISEZ, Claire	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Sous-directrice de la protection et de la gestion des ressources en eau et minérales
HERVE, Matthieu	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, Chargé de mission Protection des ressources pour l'AEP
JEUDI De GRISSAC, Bruno	Syndicat mixte d'études pour la gestion de la ressource en eau du département de la Gironde (SMEGREG) - Directeur et président de l'association des hydrogéologues des services publics
LACHASSAGNE, Patrick	Danone Eaux France, Responsable Environnement et Ressources en Eau Evian Volvic World Sources
LACOMBE, Evelyne	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation régionale de Montpellier
LARROQUE, Marie-Marguerite	Eau de Paris, Service Protection de la Ressource, Direction de la Ressource en Eau et de la Production
MARGUET, Thierry	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation régionale de Besançon
MARJOLET, Gilles	Conseil Général des Côtes d'Armor (Retraité), Direction de l'Agriculture et de l'Environnement
MAYEN, Vincent	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation régionale de Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse
MORAND, Claire	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation régionale Rhône-Alpes
NEGRE, Frédérique	Parc Naturel Régional des Grands Causses, Directrice
OPPENEAU, Emmanuelle	Lyonnaise des Eaux, Chef de projet ressources en eau et milieu naturel
RAMPNOUX, Nicolas	Veolia Environnement Recherche et Innovation - Direction du Développement et de la Valorisation
SCHMIDT, Jean-Claude	Conseil Général d'Eure-et-Loir, Chef du Service Eau
WILHELM, Nicolas	Syndicat Intercommunal des Eaux des Moises, Directeur du service Technique

Tableau 50. Liste des personnes interrogées pendant la phase d'entretiens de l'étape 3 (chapitre 2)



## **Annexe 3**

### **Guide d'entretien**



Cette trame de questionnaire a été utilisée pour guider les entretiens. Les questions ont été abordées de manière très ouverte (pas ou peu de questions fermées), de façon à guider l'entretien téléphonique.

Les questions ont été réparties en quatre volets :

- **volet ressources en eaux souterraines** : l'objectif est ici d'évaluer le niveau de connaissance des eaux souterraines du territoire par la personne interviewée, en termes de fonctionnement, d'état (et d'évolution de l'état), de pressions. Une première question est également posée sur l'importance de préserver cette ressource ;
- **volet services rendus par les eaux souterraines** : l'objectif est ici d'évaluer le niveau de connaissance des services écosystémiques associés aux eaux souterraines, et d'évaluer l'importance accordée à la préservation de chacun de ces services ;
- **volet actions de préservation des eaux souterraines** : l'objectif est ici d'analyser les principales actions de préservation ayant été déclinées sur le territoire, en termes d'acteurs impliqués, d'instruments mobilisés, de difficultés de mise en œuvre, de facteurs de réussite, de pré-conditions à réunir, et de bénéfices obtenus ;
- **volet place de l'analyse économique dans la prise de décision** : l'objectif est ici de comprendre si des réflexions économiques ont été menées en amont de la prise de décision, comprendre de quelle manière elles ont influencé la démarche, et les besoins éventuels d'argumentaires économiques à développer dans le futur.

N°	Questions principales	Éléments de complément/ de relance
<b>Introduction</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présentation du partenariat AERMC-BRGM et de ses objectifs (notamment identifier les bénéfices attendus de la préservation de la ressource et les difficultés éventuelles à la préservation des ZSE/ ZSNEA) ;</li> <li>- importance d'avoir des retours sur les expériences de préservation des ESO et de les prendre en compte pour la préservation des ZSE/ZSNEA ;</li> <li>- entretiens seront menés également sur trois cas pilotes (dire lesquels et expliquer comment). Sur chacun de ces cas d'étude, même démarche mise en œuvre ;</li> <li>- traitement anonyme des réponses ;</li> <li>- préciser qu'il s'agit d'un projet de recherche, travail exploratoire, pas de préconisation de ce qu'il faut mettre en place sur le territoire, mais plutôt identification des difficultés et des freins potentiels selon les situations ainsi que des pistes à explorer ;</li> <li>- format et condition de restitution des résultats du projet</li> </ul>	
<b>Les ressources en eaux souterraines du territoire</b>		
1	Pouvez-vous me décrire les <b>ressources en eaux souterraines</b> présentes sur votre territoire ?	Connaissez-vous leur nom ? En quoi ces ressources sont-elles importantes ? Comment vous les représentez-vous ?
2	Dans <b>quel état</b> se trouvent ces ressources ?	Sur le plan de la qualité : Plutôt bonne/ plutôt mauvaise Sur le plan de la quantité

3	Comment ont évolué ces ressources ces dix dernières années ?	Sur le plan de la qualité : Plutôt améliorée/ n'a pas évolué/ plutôt dégradée Sur le plan de la quantité
4	Quelles sont les principales pressions exercées sur ces eaux souterraines ?	Pressions polluantes : quels polluants ? quels secteurs d'activité concernés ? Pressions liées aux prélèvements ? quels secteurs d'activité concernés ?
5	Avant de mettre en place vos actions, quelles étaient les tendances d'évolution de ces pressions ?	
<p><i>Selon niveau de connaissance de la personne, compléter éventuellement avec des éléments de description des eaux souterraines du territoire, leur état, leur évolution dans le temps, les pressions exercées, le projet de délimitation ZSE/ ZSNEA.</i></p>		
<p><b>Les services rendus par les eaux souterraines</b></p>		
7	Quels sont les principaux usages de la ressource en eau souterraine sur votre territoire ?	<i>(lien avec service d'approvisionnement)</i> . Exemples d'usages : AEP, irrigation, industrie, thermalisme... . Quels acteurs concernés ? . Acteurs situés sur le territoire ou en dehors (exemple du transport de l'eau pour l'AEP) ? . Connaissez-vous l'importance de chacun de ces usages ? . Comment ces usages vont-ils évoluer à l'avenir ?
8	Existe-t-il d'autres ressources en eau (de surface ou souterraine) actuellement disponibles ou utilisées sur votre territoire ?	
9	Existe-t-il une relation entre les eaux souterraines et les milieux aquatiques de surface ?	<i>(lien avec les services de régulation)</i> . Quels acteurs concernés sur votre territoire (ONEMA, Fédération de pêche, structure préservation zones humides...)? . Quels milieux aquatiques concernés ? . Quelle relation entre eaux souterraines et milieux aquatiques ? . Quelle importance de la nappe pour le fonctionnement des milieux aquatiques ? . Comment cette relation va-t-elle évoluer avec le temps ?
10	Selon vous, les eaux souterraines ont-elles un rôle d'assurance contre les risques (pollution, sécheresse, pénurie) ?	. Si oui, comment caractériseriez-vous ce rôle ? . Comment ce rôle va-t-il évoluer à l'avenir ?
11	Parmi les services proposés ci-contre, quels sont ceux qui vous semblent les plus importants à préserver ? ou note de 0 à 3 sur l'importance.	<i>Préparer une liste des services associés aux eaux souterraines adaptée à chaque cas d'étude</i>

Les actions de préservation des eaux souterraines		
	<i>NB : Attention à bien faire la distinction entre une action (par exemple implantation de surfaces en prairies) et l'instrument de mise en œuvre de l'action (par exemple acquisition + maîtrise foncière versus MAE).</i>	
12	Dans quel <b>contexte</b> avez-vous été amené à contribuer à la mise en œuvre d'actions de préservation des eaux souterraines ?	
13	Pouvez-vous nous raconter <b>comment cela s'est passé</b> ? Quelles ont été les <b>principales étapes</b> ?	
14	Quelles <b>actions de préservation</b> ont été mises en œuvre ?	
15	Qu'est-ce qui vous a <b>motivé</b> à vous engager/ <b>les leviers</b> ?	
<i>Pour chaque grand type d'action (si cela est pertinent, sinon, pour la démarche dans son ensemble):</i>		
16	Quels <b>acteurs impliqués</b> ? ( <i>porteurs de projet + mise en œuvre de l'action</i> )	
17	Quel <b>instrument</b> pour la mise en œuvre ?	Par exemple acquisition et maîtrise foncière, MAE, ...
18	Quels ont été les <b>éléments facilitateurs/facteurs de succès</b> de la démarche ?	
19	Quels ont été les freins/ réticences/ <b>difficultés/ obstacles</b> pour la mise en œuvre ?	Par exemple : . Manque de connaissance . Coûts des actions à mettre en œuvre trop élevé . Bénéfices escomptés faibles . Obstacle au développement économique (d'une commune, d'un secteur économique...) . Problème de solidarité entre ceux qui doivent mettre en place des actions et les bénéficiaires (exemple entre communes amont et communes aval, entre secteur agricole et eau potable...) . Actions peu efficaces sur le long terme car instruments de mise en œuvre non adapté (exemple des MAE) . Manque de structure pour porter le projet . Absence d'outil réglementaire
20	Quelles ont été les <b>pré-conditions/ précautions à prendre/ conditions indispensables</b> pour vous lancer dans le projet ?	Par exemple : mettre en place de la concertation, s'assurer de montants suffisamment incitatifs/ de montants d'aides suffisants, importance du réseau d'acteurs/ du soutien partenarial
21	Quelles étaient vos attentes ? Quels <b>bénéfices attendus</b> ? Quels acteurs concernés par ces bénéfices ?	Bénéfice en lien avec la ressource en eau souterraine, mais pas que : <i>Faire le lien avec les services écosystémiques associés à la mise en place des actions.</i>
22	Quel <b>bilan</b> faites-vous du projet aujourd'hui, après x années ?	. Etat d'avancement ? Avez-vous atteint vos objectifs ?

		<ul style="list-style-type: none"> <li>. Impact environnemental ?</li> <li>. Quels sont les autres effets (positifs/ négatifs) ? Effets économiques, effets sociaux, effets sur la dynamique du territoire, effets sur votre image ?</li> </ul>
<b>La place de l'économie dans la prise de décision</b>		
23	Avez-vous mené des <b>études/réflexions préalables</b> avant de vous engager dans le projet ?	Si oui lesquelles ?
24	Sur quels <b>critères économiques</b> vous êtes-vous basé pour prendre votre décision ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Quels indicateurs économiques mobilisez-vous ?</li> <li>. Avez-vous fait une estimation du coût du projet ? de ce que vous alliez gagner ou perdre ?</li> <li>. La réflexion économique a été menée sur quel pas de temps ? 1 an ? 10 ans ?</li> <li>. A quoi avez-vous comparé le coût du projet pour décider ?</li> <li>. Quel est l'ordre de grandeur qui fait basculer la décision ?</li> </ul>
25	Cherchez-vous à identifier puis à <b>évaluer les bénéfices</b> générés par ces actions de préservation ? Si oui, pouvez-vous décrire la démarche adoptée ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Quels types d'effets/de bénéfices cherchez-vous à évaluer ? <i>Exemples : Variation du chiffre d'affaire, création d'emplois, impact sur l'attractivité du territoire, etc.</i></li> <li>. Quel type de méthode d'évaluation mobilisez-vous ?</li> <li>. Quelles sont les incertitudes et les limites de cette démarche ? Quels en sont les principaux atouts ?</li> <li>. L'évaluation s'effectue-t-elle ex-ante ou ex-post ?</li> </ul>
26	Les <b>aides de l'Agence</b> ou d'autres financeurs ont-elles été incitatives ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Si oui dans quelle mesure ?</li> <li>. A partir de quel moment on juge qu'elles sont incitatives ?</li> <li>. A partir de quel % c'est intéressant ?</li> </ul>
27	Quels sont selon-vous les <b>arguments économiques</b> qui mériteraient d'être davantage développés/ explorés pour faciliter la mise en œuvre d'actions de préservation des eaux souterraines ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Quelle utilité auriez-vous de ce type d'argumentaire ?</li> <li>. Dans quel contexte pourriez-vous envisager d'y avoir recours ?</li> <li>. De quel type d'arguments économiques souhaiteriez-vous bénéficier ?</li> </ul>

## **Annexe 4**

### **Liste des personnes consultées pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume**



Nom, Prénom	Structure
APLINCOURT, Philippe	Association des Maires du Var
BANTWELL, Laëtitia	Conseil Général du Var
BILLET, Christelle	Conseil Général du Var
BONNAL, Claire	Société du Canal de Provence
BONNEFOUS, Olivier	Fédération du Var pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
CANAL, Sylvie	Direction Départementale des Territoires du Var
CLOAREC, Jean-François	Société du Canal de Provence
DARMUZET, Alain	Commune de Mazaugues
DARMUZET, Thierry	Syndicat mixte de préfiguration du Parc Naturel de la Sainte-Baume
DEPIERRE, Bruno	Société du Canal de Provence
DURAND, Robert	Environnement Méditerranée
DURAND, Robert	Environnement Méditerranée
ESPINASSE, Michel	Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de PACA
FERRAINA, François	Office National des Forêts
FESSARD, Eric	Comité Départemental de Spéléologie du Var
GIAMINARDI, Bruno	Commune de Mazaugues
LASSE, Emmanuelle	Syndicat Mixte du Pays de la Provence Verte
LAVIGOGNE, Denis	Commune de Mazaugues
MARGARIA, Yves	Environnement Méditerranée
MONIERE, Cécile	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
PEQUIGNOT, Patrick	Conseil Général du Var
PREVOST, Franck	Comité Départemental de Spéléologie du Var
TAINTON, Hervé	Comité Départemental de Spéléologie du Var

Tableau 51. Liste des personnes rencontrées pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume



## **Annexe 5**

### **Quelques exemples d'évaluation économique de services écosystémiques**



Cette annexe présente les résultats de différents travaux (liste non exhaustive) d'évaluation de services écosystémiques associés à différents usages des sols, en mentionnant les méthodes généralement utilisées pour les évaluer. Ces éléments ont servi de base à la caractérisation et à l'évaluation des services écosystémiques conduite dans le chapitre 5.

Nous proposons ci-dessous une classification en 11 services. Cependant, il est important de souligner qu'il n'existe pas une classification partagée par tous les scientifiques travaillant sur l'évaluation des services écosystémiques. Ainsi par exemple, les services de régulation liés au cycle de l'eau peuvent être rassemblés en un seul service dans certaines évaluations, alors qu'ils font l'objet d'évaluations séparées dans d'autres. Il en est de même pour les services récréatifs, qui pour certains auteurs regroupent la chasse, la pêche et la promenade, alors que nous les présentons séparément ici. De même, on peut considérer que les valeurs esthétiques du paysage et les valeurs récréatives d'un site sont très liées. Enfin, la prise en compte des services d'approvisionnement en tant que services écosystémiques fait également l'objet de vifs débats dans la communauté scientifique, certains considérant que la production agricole ne doit pas être considérée comme un service. Ces débats dépassent le présent travail qui vise à faire un état des lieux des principaux types de services associés à quelques types d'usages des sols ainsi que des types de méthodes utilisées pour les évaluer. Nous avons choisi ici de présenter une classification assez exhaustive, en fonction de références récentes issues d'une revue de littérature, et des types de méthodes utilisées. Il conviendra d'adapter cette classification à chaque territoire étudié.

## A - LES SERVICES D'APPROVISIONNEMENT

- **A1 - La production de bois**

La méthode des prix du marché est généralement utilisée. La valeur de la production de bois est alors estimée en fonction du volume annuel récolté multiplié par le prix du bois sur pied (prix de vente – coûts d'exploitation). Le volume annuel récolté est très variable en fonction des contextes régionaux. Le CAS (2009) considère un volume récolté moyen en France de 4 m<sup>3</sup>/ha/an, mais rappelle que la fourchette est très large (10 m<sup>3</sup>/ha/an pour la forêt des Landes par exemple). Le prix de vente varie en fonction des types d'utilisation (56 €/m<sup>3</sup> pour le bois d'œuvre, 21 €/m<sup>3</sup> pour le bois d'industrie, 32 €/m<sup>3</sup> pour le bois de feu<sup>41</sup>), du diamètre, de la qualité et de l'essence de l'arbre (jusqu'à 400 €/m<sup>3</sup> pour les chênes de très bonne qualité, jusqu'à 30 €/m<sup>3</sup> pour les pins sylvestres<sup>42</sup>). Les coûts moyens d'exploitation sont de l'ordre de 20-25 €/m<sup>3</sup> (CAS, 2009).

---

<sup>41</sup> Données MAP (2006) citées par CAS (2009)

<sup>42</sup> <http://www.foret-de-bourgogne.fr/index/action/page/id/480/title/Le-prix-du-bois-sur-pied>

Pays/ territoire	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
?	-71	€/ha/an	Forêt	Rente économique moyenne d'un ha boisé	Grønvald et al (2008)
Belgique	28,5	€/ha/an	Forêt	Non précisé	Grønvald et al (2008)
France	75-160	€/ha/an	Forêt	Prix du marché	CAS (2009)
France – plaine alluviale Bassée et moyenne vallée de l'Oise	74-270	€/ha/an	Forêt (peupleraie)	Prix du marché	Bouscasse et al. (2012a, 2012b)
Pays méditerranéens	5-130	€ <sub>2001</sub> /ha/an	Forêt (Méditerranée)	Valeur du bois d'œuvre (méthode non spécifiée)	Croitoru (2007)
Pays méditerranéens	6-50	€ <sub>2001</sub> /ha/an	Forêt (Méditerranée)	Valeur du bois de chauffage (méthode non spécifiée)	Croitoru (2007)

Tableau 52. Exemples d'estimation de la valeur du service production de bois

- **A2 - La production agricole : le cas des prairies**

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour valoriser le service de production de fourrages: les prix du marché (production x prix de l'herbe sur pied), l'utilisation des valeurs de marges brutes à l'hectare de prairie, l'évaluation des bénéfices pour les filières.

La méthode basée sur les prix du marché consiste à estimer la valeur de la production de fourrage en fonction de la quantité de matière sèche produite à l'hectare et du prix de l'herbe sur pied. Le rendement est fonction du type de conduite de la prairie (de 1-5 tonnes de matière sèche pour des prairies semi-naturelles à 10-12 tonnes de matières sèches pour les prairies avec fertilisation minérale au Royaume Unis<sup>43</sup>), du type de végétation, de l'altitude, de la température. A titre d'illustration, les évaluations de la production de fourrage sur les zones humides de la moyenne vallée de l'Oise et de la plaine alluviale de la Bassée se sont basées sur une production de 4 à 8 tonnes de matière sèche en prairies alluviales et un prix de vente de l'herbe sur pied de 45-55 €/tonne de matière sèche.

<sup>43</sup> UK NEA (2011)

Pays/ territoire	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
?	-122	€/ha/an	Prairie	Rente économique (intègre les productions et les coûts de l'atelier d'élevage)	Grønvald et al (2008)
France – moyenne vallée de l'Oise	225-393	€/ha/an	Prairie	Prix du marché (herbe sur pied)	Bouscasse et al. (2012a)
France – plaine alluviale Bassée	225-440	€/ha/an	Prairie	Prix du marché (herbe sur pied)	Bouscasse et al. (2012b)
France – PNR Cotentin Bessin	220-878	€/ha/an	Prairie	Prix du marché (herbe sur pied)	Bouscasse et al. (2011)
France	285-305	€/ha/an	Prairie	Marges brutes moyennes	Bouscasse et al. (2011, 2012a, 2012b)
France – moyenne vallée de l'Oise	470 – 800	€/ha/an	Prairie humide	Marges brutes moyennes	Puydarrieux et al. (2013)
France – marais de la Souche	260 – 820	€/ha/an	Prairie humide	Marges brutes moyennes	Puydarrieux et al. (2013)
France – 4 sites bassin Artois-Picardie	1400 – 1800	€/ha/an	Prairie humide	Marges brutes moyennes	Puydarrieux et al. (2013)
France – marais breton	310 - 630	€/ha/an	Prairie humide	Prix du marché	Puydarrieux et al. (2013)
France – marais breton	290	€/ha/an	Prairie humide	Excédent Brut d'Exploitation	Puydarrieux et al. (2013)
France – marais breton	280 - 300	€ <sub>2010</sub> /ha/an	Prairie humide	Marges brutes moyennes	Puydarrieux et al. (2013)
France – PNR Cotentin Bessin	631-1262	€/ha/an	Prairie	Bénéfice filière coopérative	Bouscasse et al. (2011)

Tableau 53. Exemples d'estimation de la valeur du service production de fourrage

## B - LES SERVICES DE REGULATION

- **B1 - Régulation du climat : fixation et stockage du carbone**

. *Quantité de carbone fixée/ stockée*

L'évaluation de ce service repose sur l'évaluation de la quantité de carbone fixée (par l'action chlorophyllienne) et stockée sur le long terme<sup>44</sup>(carbone séquestré dans le sol et les parties aériennes de la végétation) par la végétation (certains évaluent également les émissions d'oxygène, mais cette approche est assez controversée). Le carbone peut être fixé par la

<sup>44</sup> Le CAS (2009) propose de valoriser ce capital stocké en considérant qu'il s'agit d'une fonction de protection qui contribue à retarder l'effet de serre. Il est difficile d'estimer précisément la fraction de ce capital stocké à très long terme (au moins 30 ans).

biomasse aérienne, mais également dans le sol. La quantité de carbone fixée annuellement et/ou stockée sur le long terme est très variable en fonction des usages du sol, ainsi que des modes de gestion. Le modèle InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) développé par Tallis et al (2010) permet d'estimer la quantité de carbone stocké par type d'usage des sols. Cet outil a été utilisé dans plusieurs évaluations, sur la partie quantification physique du service (voir par exemple Johnson et al, 2012). Ainsi, le flux annuel fixé est estimé à 1 tonne de carbone (3,6 tonnes de CO<sub>2</sub>) en moyenne pour les forêts françaises<sup>45</sup>, contre 0,2-0,4 tonne de carbone (0,72-1,44 tonnes de CO<sub>2</sub>) pour les prairies faiblement intensifiées selon CAS (2009). La quantité stockée à long terme par une forêt est estimée à 90 tonnes de carbone<sup>46</sup>, contre 70 tonnes pour une prairie faiblement intensifiée<sup>47</sup> selon CAS (2009). Pour une prairie, les valeurs peuvent être très différentes en fonction du mode de gestion, avec un effet négatif de l'intensification. Notons également que les quantités stockées doivent être corrigées par les émissions éventuelles d'autres gaz à effet de serre (méthane, ...) traduites en équivalence carbone.

#### . Valorisation de la tonne de CO<sub>2</sub>

La méthode généralement utilisée est la méthode des prix du marché, qui valorise la quantité de carbone fixée et/ou stockée sur le long terme selon la valeur de la tonne de CO<sub>2</sub> sur le marché. Deux autres méthodes sont également utilisées : certains estiment cette valeur comme le coût social marginal de la tonne de carbone (dommages liés à l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> supplémentaire dans l'atmosphère) ; d'autres enfin utilisent une méthode basée sur les coûts de reboisement.

Cependant, même au sein d'une même méthode, les hypothèses relatives à la valeur de la tonne de carbone peuvent être très variables. En 1994, Fankhauser (1994) constate que les coûts sociaux marginaux peuvent en effet varier de 6 à 45 US\$<sub>2005</sub> par tonne de carbone selon les études. Nordhaus (2007) suggère une valeur initiale de 30\$ par tonne de carbone en 2005, augmentant de 2% par an pour atteindre 85 \$<sub>2005</sub> en 2050. Le rapport Stern (2007) propose trois valeurs de la tonne de CO<sub>2</sub>, selon les politiques menées pour stabiliser la concentration atmosphérique du CO<sub>2</sub> : 85\$ en l'absence de politique de limitation, 30\$ pour une stabilisation à 550 ppm, 25\$ pour une stabilisation à 450 ppm. L'évaluation de Johnson et al. (2012), qui s'intéresse notamment aux incertitudes associées aux évaluations des SE, utilise trois valeurs de coût social du carbone : 27 \$<sub>2001</sub>, 106 \$<sub>2001</sub> (valeur médiane d'une méta analyse) et 171 \$<sub>2001</sub> par tonne de carbone. Une étude plus récente propose des valeurs situées entre 55 et 250 US\$ par tonne de carbone (Johnson and Hope, 2012).

Le CAS (2009) retient dans son évaluation les valeurs proposées par la commission Quinet (2008), basées sur une approche coût-efficacité, à savoir une valeur de 32 € par tonne de CO<sub>2</sub> pour 2008, pouvant atteindre 100 € par tonne en 2030 et de 150 à 350 € en 2050.

---

<sup>45</sup> La valeur déclarée par la France dans le cadre du protocole de Kyoto était de 66,87 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2006 pour l'ensemble des forêts métropolitaines, soit 1,2 tonne de carbone par hectare (CAS, 2009).

<sup>46</sup> Cette estimation repose sur les hypothèses suivantes (CAS, 2009): le stock total moyen est estimé à 150 t/ha, dont environ 2/3 pour la partie souterraine. On considère que c'est surtout le carbone stocké en souterrain qui est stocké sur le LT en l'absence de déforestation, ainsi qu'une partie du carbone aérien, dont au moins 20% restera immobilisé après récolte comme bois massif, de placage ou pour des panneaux reconstitués. Le CAS fait les hypothèses de taux d'immobilisation de 25% et 75% respectivement à LT des stocks de carbone aérien et souterrain.

<sup>47</sup> Stockage 100% dans le sol, le stockage dans les parties aériennes étant jugé négligeable.

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Belgique	25	€/ha/an	Forêt	Non précisé	Grønvald et al (2008)
Allemagne	4-40	€/ha/an	Forêt	Non précisé	Grønvald et al (2008)
Danemark	105	€/ha/an	Forêt	Non précisé	Grønvald et al (2008)
France	529	€/ha/an	Forêt	Prix du marché	CAS (2009)
France	24	€/ha/an	Forêt méditerranéenne	?	MEEDDAT (2008)
Grande-Bretagne	(6,67)	(£/tonne de carbone)	Forêt	?	Willis et al (2003)
France	343-367 (32 – 100)	€ <sub>2008</sub> /ha/an (€ <sub>2008</sub> /tonne de CO <sub>2</sub> )	Prairie faiblement intensifiée (fixation + stockage)	Prix du marché	CAS (2009)
Nouvelle-Zélande, Canterbury region	20 / 22	€/ha/an	Cultures agriculture conventionnelle /biologique	Prix du marché	Sandhu et al (2005)
Pays Méditerranéens	3 – 22 (20)	€ <sub>2001</sub> /ha/an (US\$/tonne C)	Forêt (Méditerranée)	Prix du marché (C stocké dans biomasse)	Croitoru (2007)
Pays Méditerranéens	50 (20)	€ <sub>2001</sub> /ha/an (biomasse) (US\$/tonne C)	Forêt (Méditerranée)	Prix du marché (C stocké dans sol)	Croitoru (2007)
France – plaine alluviale de la Bassée et PNR Cotentin Bessin	1770-1800	€/ha/an	Tourbières	Prix du marché	Bouscasse et al. (2012b, 2011)
Etats-Unis	1470 - 9320 (27 – 171)	\$ <sub>2001</sub> /ha/an (\$ <sub>2001</sub> /tonne carbone)	Conversion parcelle agricole → bande enherbée	Coût social marginal	Jonhson et al (2012)

Tableau 54. Exemples d'estimation de la valeur du service fixation et stockage du carbone

- **B2 - Régulation du cycle de l'eau : quantité (recharge des aquifères)**

Ce service est relativement peu documenté dans les évaluations de SE consultées.

. *Estimation de la recharge*

La principale difficulté concernant la quantification de ce service est liée à la complexité des échanges hydrogéologiques et à l'évaluation de la recharge de la nappe à partir de la zone étudiée. La recharge qui peut être associée à un type d'usage des sols est fonction de plusieurs paramètres, notamment des taux d'évaporation et de ruissellement, des caractéristiques de la végétation qui couvre le sol, de la nature et l'intensité des précipitations, ainsi que des types de sols. Ces paramètres sont souvent considérés comme trop complexes à renseigner. Des méthodes simplifiées sont alors utilisées. Les études du CGDD sur les zones humides ont par exemple considéré l'ensemble du volume prélevé dans les nappes ayant des échanges avec les zones humides (Bouscasse et al., 2011, 2012a, 2012b).

## . Valeur de l'eau stockée

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Certaines évaluations utilisent les coûts de substitution, en utilisant les coûts moyens annuels de stockage de l'eau dans des réservoirs artificiels (Ninan and Inoue, 2013). Une autre approche consiste à utiliser le prix de l'eau (Bouscasse et al., 2011) ou la redevance prélèvement par type d'usage (Bouscasse et al., 2012a, 2012b).

Pays	Valeur (€/ha/an)	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Chine	1160	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Coût de substitution	Ninan and Inoue (2013)
Chine	201	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Coût de substitution	Ninan and Inoue (2013)
France	34	€/ha/an	Zone humide	Coût de la redevance de prélèvement	Bouscasse et al. (2012a)
France	35-70	€/ha/an	Zone humide	Coût de la redevance de prélèvement	Bouscasse et al. (2012b)
France	189-371	€/ha/an	Zone humide	Prix du marché	Bouscasse et al. (2011)

Tableau 55. Exemples d'estimation de la valeur du service régulation du cycle de l'eau (quantité)

- **B3 - Régulation du cycle de l'eau : qualité**

Plusieurs approches peuvent être utilisées. Les deux principales méthodes reposent sur les coûts évités et sur les méthodes de type évaluation contingente :

- le premier type d'approche se base sur une logique de coûts évités selon différents types d'usages. Pour l'usage eau potable, la pratique la plus courante consiste à multiplier le volume produit par le coût de traitement évité des pollutions. Les études du CGDD sur les zones humides ont également intégré à l'évaluation de ce service les coûts évités pour les usages conchyliculture (coût du déclassement d'entreprises voire de l'arrêt de production, et diminution de chiffre d'affaires), pêche à pied amateur (transfert de valeur d'une visite de pêche par la méthode des coûts de transport) et professionnelle (prix du marché) ;
- un deuxième type d'approche se base sur des méthodes basées sur les préférences déclarées. Ainsi par exemple, Bouscasse et al. (2011) ont évalué par une analyse conjointe la valeur accordée au service de purification de l'eau pour les activités humaines assuré par les zones humides du PNR des marais du Cotentin et du Bessin (15€/personne/an). Fiquepron et al. (2010) ont utilisé la méthode de l'évaluation contingente pour évaluer la valeur accordée par la population à une eau potable naturellement de bonne qualité issue de sources forestières plutôt que d'eau superficielles traitées (50€/ménage/an) ;
- le troisième type d'approche consiste à évaluer la quantité totale d'azote éliminé par le milieu et à la multiplier par le coût du traitement du kg d'azote excédentaire (coût de remplacement). C'est la méthode qui produit les valeurs les plus élevées. Elle évalue la valeur du service de purification du milieu, déconnecté de tout usage ;
- un dernier type d'approche se base sur des modèles économétriques. Fiquepron et al. (2010) ont évalué la diminution de la facture d'eau relative à l'augmentation des surfaces

boisées d'un hectare en utilisant un modèle économétrique expliquant le prix de l'eau par différents facteurs, dont la superficie boisée (15 €/ha/an) ;

- Jonhson et al (2012) ont transféré des valeurs de consentement à payer issues de différentes études de valorisation d'une amélioration de la qualité des eaux de surface. Ces valeurs incluent des bénéfices récréatifs. Les hypothèses de valeurs retenues pour quantifier un service de régulation de la qualité de l'eau permettant de réduire de 40% les émissions de phosphore sont 60 \$<sub>2001</sub>, 131 \$<sub>2001</sub> et 154 \$<sub>2001</sub> par ménage par an.

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Allemagne	35	€/ha/an	Forêt	Non spécifiée	Grønvald et al (2008)
France	90	€/ha/an	Forêt	Coûts évités	CAS (2009)
France	15	€/ha/an	Forêt	Modèle économétrique	Fiquepron et al (2010)
France	(50)	(€/ménage/an)	Forêt	Evaluation contingente	Fiquepron et al (2010)
France	90	€/ha/an	Prairies conduites de manière extensive	Coûts évités	CAS (2009)
Royaume-Unis	-49	€/ha/an	Surface cultivée	Externalités liées à l'utilisation de pesticides	Grønvald et al (2008)
France	2200 – 3400	€/ha/an	Zone humide	Coûts de substituts (abattement d'azote)	Bouscasse et al. (2012a)
France	310 – 556	€/ha/an	Zone humide	Coûts de traitement évités pour l'AEP	Bouscasse et al. (2012a)
France	3200 – 4900	€/ha/an	Zone humide	Coût de remplacement (abattement d'azote)	Bouscasse et al. (2012b)
France	318 - 1584	€/ha/an	Zone humide	Coûts de traitement évités pour l'AEP	Bouscasse et al. (2012b)
France	126 – 174	€/ha/an	Zone humide	Coûts de substituts (abattement d'azote)	Bouscasse et al. (2011)
France	750 – 783	€/ha/an	Zone humide	Coûts évités pour la conchyliculture	Bouscasse et al. (2011)
France	4 – 5	€/ha/an	Zone humide	Coûts évités pour la pêche à pied amateur	Bouscasse et al. (2011)
France	15 – 24	€/ha/an	Zone humide	Coûts évités pour la pêche à pied professionnelle (prix du marché)	Bouscasse et al. (2011)
France	61 – 81	€/ha/an	Zone humide	Coûts de traitement évités	Bouscasse et al. (2011)

				pour l'AEP	
France	375 – 1365 (15)	€/ha/an (€/personne/an)	Zone humide	Analyse conjointe	Bouscasse et al. (2011)
France – Loire Bourguignonne	70-130	€/ha/an	Prairie humide	Coûts de substituts (abattement azote)	Puydarrieux et al. (2013)
Etats-Unis	14460 - 45686 (60 – 154)	\$ <sub>2001</sub> /ha/an (\$ <sub>2001</sub> /ménage/an)	Conversion parcelle agricole → bande enherbée 25m	Transfert de valeur	Jonhson et al (2012)
Etats-Unis	6656 - 17375 (60 – 154)	\$ <sub>2001</sub> /ha/an (\$ <sub>2001</sub> /ménage/an)	Conversion parcelle agricole → bande enherbée 100m	Transfert de valeur	Jonhson et al (2012)

Tableau 56. Exemples d'estimation de la valeur du service régulation du cycle de l'eau (qualité)

#### • B4 - Protection contre les inondations

La méthode des coûts de substitution est généralement employée. Elle consiste à estimer le volume d'eau pouvant être stocké par les usages du sol (le CGDD fait l'hypothèse d'une hauteur moyenne de 1m sur les prairies alluviales, le CAS fait l'hypothèse d'un volume maximal de 300 m<sup>3</sup>/ha stocké par les sols forestiers) puis à évaluer le coût moyen annuel de fourniture du même service par un ouvrage de stockage. Le CGDD considère les hypothèses suivantes de calcul du coût moyen annuel : un coût d'investissement de 0,2 à 0,8 €/m<sup>3</sup> pour un barrage écrêteur de crues, des coûts d'exploitation de 1%, une durée de vie de l'ouvrage de 100 ans et un taux d'actualisation de 4%.

Ce service peut également être évalué en considérant les dommages évités liés aux inondations (Ninan and Inoue, 2013), notamment lorsqu'il existe des bases de données recensant les dommages causés par les évènements historiques.

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
France	30 – 120	€/ha/an	Forêt	Coûts de substitution	CAS (2009)
Cameroun	153	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Dommages évités	Ninan and Inoue (2013)
Madagascar	14	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Dommages évités	Ninan and Inoue (2013)
France	112 - 374	€/ha/an	Prairie alluviale / zone humide	Coûts de substitution	Bouscasse et al. (2012a)
France	208 - 1246	€/ha/an	Zone humide	Coûts de substitution	Bouscasse et al. (2012b)
France	60 – 300	€/ha/an	Prairie humide	Coûts de substitution	AELB (2011)

Tableau 57. Exemples d'estimation de la valeur du service protection contre les inondations

- **B5 - Protection contre l'érosion**

Les évaluations utilisent généralement la méthode des coûts de remplacement. Le CAS (2009) évalue le service de protection contre l'érosion assuré par les forêts comme le coût privé et local de la perte de terre, en considérant la quantité de terre perdue (hypothèse de 1mm/an soit 13t/ha) et le prix de la livraison de terre en vrac (hypothèse de 10 à 15 €/tonne). Nahuelhual et al (2007) a basé son évaluation sur l'évaluation de la perte évitée de nutriments permise par le maintien de la forêt, valorisée en utilisant le prix des fertilisants chimiques. L'étude de Xue and Tisdell (2001) a une approche différente en considérant que l'érosion des sols forestiers entraînent une perte de leur productivité et valorisent le service en utilisant le coût d'opportunité des forêts utilisées pour la production de bois (profits moyens annuels générés par la production de bois).

Pays	Valeur (€/ha/an)	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Chili	43	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Coût de remplacement	Nahuelhual et al (2007) dans Ninan and Inoue (2013)
Chine	3	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Coût d'opportunité	Xue and Tisdell (2001) dans Ninan and Inoue (2013)
Japon	11 700	US\$ <sub>2010</sub> /ha/an	Forêt	Coût de remplacement	Ninan and Inoue (2013)
France	150	€/ha/an	Forêt	Coût de remplacement	CAS (2009)

Tableau 58. Exemples d'estimation de la valeur du service protection contre l'érosion

## C - LES SERVICES CULTURELS

- **C1 - Service récréatif : chasse**

L'évaluation de ce service repose en général sur une évaluation des dépenses réalisée par l'activité de chasse. La valeur obtenue à l'hectare est donc fonction du nombre de chasseurs fréquentant le site, de la superficie du site et de l'hypothèse de dépenses moyennes considérée. Certaines évaluations ne considèrent que les achats de licences alors que d'autre prennent en compte l'ensemble des dépenses générées par l'activité de chasse (équipement, munitions, permis, déplacements, etc.). Les évaluations du CGDD se basent sur une hypothèse de dépense moyenne annuelle de 1250 €/chasseur/an, dont 300 €/an pour la licence.

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Belgique	15	€/ha/an	Forêt	Non spécifiée	Grønvald et al (2008)
Danemark	31	€/ha/an	Forêt	Augmentation des achats de licences par rapport à une superficie agricole cultivée	Grønvald et al (2008)
France	4	€/ha/an	Forêt	Prix du marché	CAS (2009)
France	55 – 69	€/ha/an	Forêt	Dépense des chasseurs	CAS (2009)
Danemark	16 - 19	€/ha/an	Prairie permanente	Augmentation des achats de licences par rapport à une superficie agricole cultivée	Grønvald et al (2008)
France	62 - 78	€/ha/an	Zone humide	Dépense des chasseurs	Bouscasse et al. (2012a)
France	97 – 155	€/ha/an	Zone humide	Dépense des chasseurs	Bouscasse et al. (2012b)
France	170 – 337	€/ha/an	Zone humide	Dépense des chasseurs	Bouscasse et al. (2011)
Pays Méditerranéens	-4 - 89	€ <sub>2001</sub> /ha/an	Forêt (Méditerranée)	Diverses méthodes selon pays	Croitoru (2007)

Tableau 59. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de chasse

- **C2 - Service récréatif : pêche**

Les évaluations du CGDD ont mobilisé deux approches complémentaires pour valoriser le service récréatif de pêche : une évaluation par les dépenses des pêcheurs pour la valeur marchande associée à ce service et une évaluation par transfert de bénéfices pour la valeur non marchande.

Le résultat de l'évaluation par les dépenses est fonction du nombre de pêcheur fréquentant le site étudié, la superficie du site et de l'hypothèse de dépense moyenne de pêcheurs. Le CGDD considère une hypothèse de dépense moyenne annuelle de 250 à 312 €/pêcheur/an correspondant à l'achat de cartes de pêche (42 €/pêcheur/an en moyenne) et autres dépenses effectuées par les pêcheurs (de 208 à 270 €/pêcheur/an correspondant au matériel, vêtements, transport, hébergement, etc.). Le nombre de pêcheurs et le prix des cartes de pêche (par type de carte) peuvent être obtenus auprès de la fédération ou association de pêche couvrant le territoire d'étude. Les autres dépenses sont issus de données CSP. Le transfert de bénéfices considère l'étude de Brunel (1996) qui s'intéresse à la variation de bien être des pêcheurs suite à l'amélioration de la qualité de l'eau (consentement à payer de 20 €/pêcheur/an).

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
France	62 – 78	€/ha/an	Zone humide	Dépense des pêcheurs (valeur marchande) + transfert de bénéfice (valeur non marchande)	Bouscasse et al. (2012a)
France	131 – 160	€/ha/an	Zone humide	Dépense des pêcheurs (valeur marchande) + transfert de bénéfice (valeur non marchande)	Bouscasse et al. (2012b)
France	164 - 230	€/ha/an	Zone humide	Dépense des pêcheurs (valeur marchande) + transfert de bénéfice (valeur non marchande)	Bouscasse et al. (2011)

Tableau 60. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de pêche

- **C3 - Service récréatif : promenade**

L'évaluation de ce service récréatif peut faire appel à la réalisation d'études primaires basées sur les préférences révélées (méthodes des coûts de déplacement) ou déclarées (évaluation contingente par exemple) ou à la réalisation d'un transfert des résultats obtenus à partir de ces méthodes. Les valeurs sont très variables en fonction du taux de fréquentation, du coût moyen du kilomètre et de la présence de substituts (la proximité de substituts peut diminuer fortement la valeur associée à l'implantation d'une nouvelle forêt). Les résultats des méthodes type coûts de déplacement sont généralement exprimés en euros par visite, alors que les résultats des évaluations de type analyse conjointe ou évaluation contingente sont exprimés en euro par personne et par an.

. *Le taux de fréquentation*

Selon le CAS, la dispersion importante des valeurs récréatives associées aux forêts est essentiellement liée au taux de fréquentation, depuis les grandes forêts boréales de pays peu peuplés tels que le Canada ou la Scandinavie (valeurs de 15 à 20 \$/ha/an pour une densité moyenne de 8 à 28 habitants par km<sup>2</sup> de forêt) jusqu'aux forêts très exploitées par le tourisme ou périurbaines (valeurs de 2290\$/ha/an en Grande-Bretagne pour une densité moyenne de 2157 habitants par km<sup>2</sup> de forêt).

L'IFEN (2005) reporte les résultats d'une analyse de la fréquentation des forêts françaises mené par le Laboratoire d'économie forestière (LEF) en 2002. Ces travaux montrent que plus de la moitié des ménages français (56%) se rend en forêt au moins une fois par an. En moyenne, chaque ménage français effectue 18,6 visites en forêt par an, avec une distance d'accès moyenne de 10,5 km.

Le taux moyen de fréquentation des forêts françaises est de 58 visites par hectare de forêt par an (CAS, 2009). Un coefficient de pondération peut lui être affecté, pouvant aller de zéro pour les forêts non accessibles jusqu'à des valeurs de 5 à 10 pour des forêts périurbaines (les forêts anglaises atteignent 320 visites par hectare par an). Ce coefficient peut être estimé à partir de la densité moyenne de population dans un rayon de 50 km (CAS, 2009).

L'inventaire forestier national définit comme forêts sous influence urbaine les forêts situées à moins de 10 km d'une unité urbaine de plus de 50 000 habitants (50 km pour l'unité urbaine de Paris étant données les densités de population et du réseau de transport). Ces zones forestières sont susceptibles d'être utilisées par les citoyens pour leurs loisirs et donc avoir des taux de fréquentation supérieurs à la moyenne nationale. Certaines forêts peuvent être sous

l'influence de plusieurs zones d'extension urbaine et être soumises à de plus fortes fréquentations. 0

. Valeur de la visite

L'étude du LEF donne une distance moyenne d'accès à la forêt de de 10,5 km soit 390 km par ménage (18,6 visites par ménage en moyenne) dont 346 km à l'aide d'un véhicule. Pour un coût kilométrique moyen de 0,24 €, le coût des déplacements s'élève ainsi à 83 euros par ménage et par an (4,5 euros par visite). Les coûts de transport des Français pour se rendre en forêt s'élevaient à 126 €/ha/an. Si on actualise, comme le préconise le CAS (2009) le coût du kilomètre de 0,24 à 0,40 euros, on obtient une valeur de 7,5 €/visite ou 210 €/ha/an. L'étude précise que cette valeur moyenne masque une grande variabilité, les forêts périurbaines ayant un rôle récréatif nettement plus affirmé que la plupart des autres.

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
Danemark	22 (0,7)	€/ha/an (€/visite)	Forêt	Evaluation contingente	Grønvald et al (2008)
?	178 (17,2)	€/ha/an (€/individu)	Forêt	?	Grønvald et al (2008)
France	200 (3,5)	€/ha/an (€/visite)	Forêt	Transfert de valeur	CAS (2009)
France	126 (4,5)	€/ha/an (€/visite)	Forêt	Coûts de transport	IFEN (2005)
France	120	€/ha/an	Forêt méditerranéenne	Coûts de transport	MEEDDAT (2008)
?	271	€/ha/an	Forêt		Grønvald et al (2008)
?	1440	€/ha/an	Forêt		Grønvald et al (2008)
?	1622 – 5153 (1,7 – 2,8)	£/ha/an (£/visite)	Forêt	Transfert de valeur	Grønvald et al (2008)
Grande-Bretagne	(1,7 – 2,8)	(£/visite)	Forêt	Evaluation contingente et transfert de valeur	Willis et al (2003)
?	(0,8)	(£/visite)	Forêt		Grønvald et al (2008)
France	290 - 1174 (16) (10)	€/ha/an (€/usager/an) (€/non-usager/an)	Zone humide	Analyse conjointe	Bouscasse et al. (2011)
France	12 – 120 (29,8)	€/ha/an (€/promeneur/an)	Zone humide	Transfert de valeur	Bouscasse et al. (2011)
Pays Méditerranéens	5 - 167	€ <sub>2001</sub> /ha/an	Forêt (Méditerranée)	Diverses méthodes selon pays	Croitoru (2007)

Tableau 61. Exemples d'estimation de la valeur du service récréatif de promenade

- **C4 - Service esthétique : paysage**

L'estimation du nombre de bénéficiaires constitue une difficulté importante pour l'évaluation de ce service. Localiser les ménages et donc les logements ayant une vue sur la forêt est une tâche très lourde, qui pourrait être réalisée en utilisant un logiciel SIG avec Streetview par exemple. Une alternative consiste à estimer le nombre de ménages situés à moins de 3km d'une forêt ou à estimer le nombre de ménages habitant dans des zones semi-urbaines à l'aide du recensement de la population par ilot/ district. Willis et al (2003) se sont servis de cette dernière méthode, en multipliant le résultat par la proportion des ménages (23%) ayant une vue sur la forêt (proportion obtenue avec une enquête de type choice experiment auprès de 400 ménages).

Pays	Valeur	Unité	Type usage du sol	Méthode	Référence
?	19500	€/ha/an	Forêt	Méthode des prix hédonistes	Grønvald et al (2008)
Grande-Bretagne	(269)	(£/ménage/an)	Forêt	Choice experiment	Willis et al (2003)
?	(269)	(£/ménage/an)	Forêt	Transfert de valeur	Grønvald et al (2008)
Nouvelle Zélande	21	€/ha/an	Surface en agriculture biologique	Modélisation des choix	Sandhu et al (2005)

Tableau 62. Exemples d'estimation de la valeur du service esthétique lié aux paysages



## **Annexe 6**

### **Détail du calcul des bénéfices de stockage du carbone sur le long terme pour l'étude de cas des contreforts Nord de la Sainte Baume**



Années	Valeur tutélaire du CO2	Valeur actualisée en 2010 du CO2	Rémunération annuelle du stockage de long-terme	Rémunération annuelle actualisée du stockage de long-terme des forêts
	€/tCO2	€/tCO2	€/tCO2	€/an
2010	32	32	0,800	431 775
2011	33,856	33,0302439	0,826	445 676
2012	35,819648	34,09365663	0,852	460 024
2013	37,89718758	35,19130607	0,880	474 835
2014	40,09522446	36,32429446	0,908	490 122
2015	42,42074748	37,49375955	0,937	505 902
2016	44,88115084	38,70087571	0,968	522 189
2017	47,48425759	39,94685512	0,999	539 001
2018	50,23834453	41,23294899	1,031	556 354
2019	53,15216851	42,56044881	1,064	574 266
2020	56,23499428	43,93068765	1,098	592 755
2021	59,49662395	45,3450415	1,134	611 839
2022	62,94742814	46,80493064	1,170	631 537
2023	66,59837897	48,31182109	1,208	651 869
2024	70,46108495	49,86722606	1,247	672 856
2025	74,54782788	51,47270749	1,287	694 519
2026	78,87160189	53,12987758	1,328	716 879
2027	83,4461548	54,84040047	1,371	739 959
2028	88,28603178	56,60599385	1,415	763 782
2029	93,40662163	58,42843073	1,461	788 372
2030	98,82420568	60,30954118	1,508	813 754
2031	101,2948108	60,30954118	1,508	813 754
2032	103,8271811	60,30954118	1,508	813 754
2033	106,4228606	60,30954118	1,508	813 754
2034	109,0834321	60,30954118	1,508	813 754
2035	111,8105179	60,30954118	1,508	813 754
2036	114,6057809	60,30954118	1,508	813 754
2037	117,4709254	60,30954118	1,508	813 754
2038	120,4076985	60,30954118	1,508	813 754
2039	123,417891	60,30954118	1,508	813 754
			Moyenne sur 30 ans (€/an)	<b>666 735</b>
Taux d'actualisation	2,5%			
Taux de rémunération du stockage	2,5%			



## **Annexe 7**

### **Liste des personnes consultées pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud**



Nom, Prénom	Structure
MARGUET, Thierry	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation de Besançon
NADOBNY, Olivier	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Délégation de Besançon
VALENTIN, Jocelyn	InterCLE Vouge Ouche (Gevrey-Chambertin), animateur
ROUANET, Laurent	Communauté de Communes de Gevrey-Chambertin (Gevrey-Chambertin)
INGARGIOLA, Jean-François	Conseil Général de la Côte d'Or (Dijon), Directeur service Environnement
GIRARD, Olivier	Communauté d'Agglomération du Grand Dijon (Dijon), Service des Eaux et Assainissements
DELEVAL, Geoffroy	Lyonnaise des Eaux
MASSEBOEUF, Frédéric	Lyonnaise des Eaux
DALLER, André	Communauté de Communes du sud Dijonnais (Saulon-la-Chapelle), vice-président en charge de l'Eau et de l'assainissement
VADUREL, Rudy	Véolia, responsable eau secteur Dijon sud
CREUZOT, Gilles	DREAL Bourgogne (Dijon)
CHARTIER, Romain	DREAL Bourgogne (Dijon)

*Tableau 63. Liste des personnes rencontrées pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud*



## **Annexe 8**

### **Hypothèses pour calcul des indicateurs de coûts des actions pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud**



**Taux d'actualisation**

a 2% taux d'actualisation

**Durées de vie (DDV)**

Station de traitement	20 ans
Réseau	70 ans
Filtres charbon actif	de 2 à 4 ans
Réservoir	70 ans
Etudes	20 ans
Forages	70 ans
Equipement	15 ans

**Opération et maintenance (OM)**

Station de traitement	6%
Réseau	1,5%
Réservoir	1,5%
Forage	1,5%
Equipement	6%



## **Annexe 9**

### **Données par champ captant pour l'étude de cas de la nappe de Dijon sud**



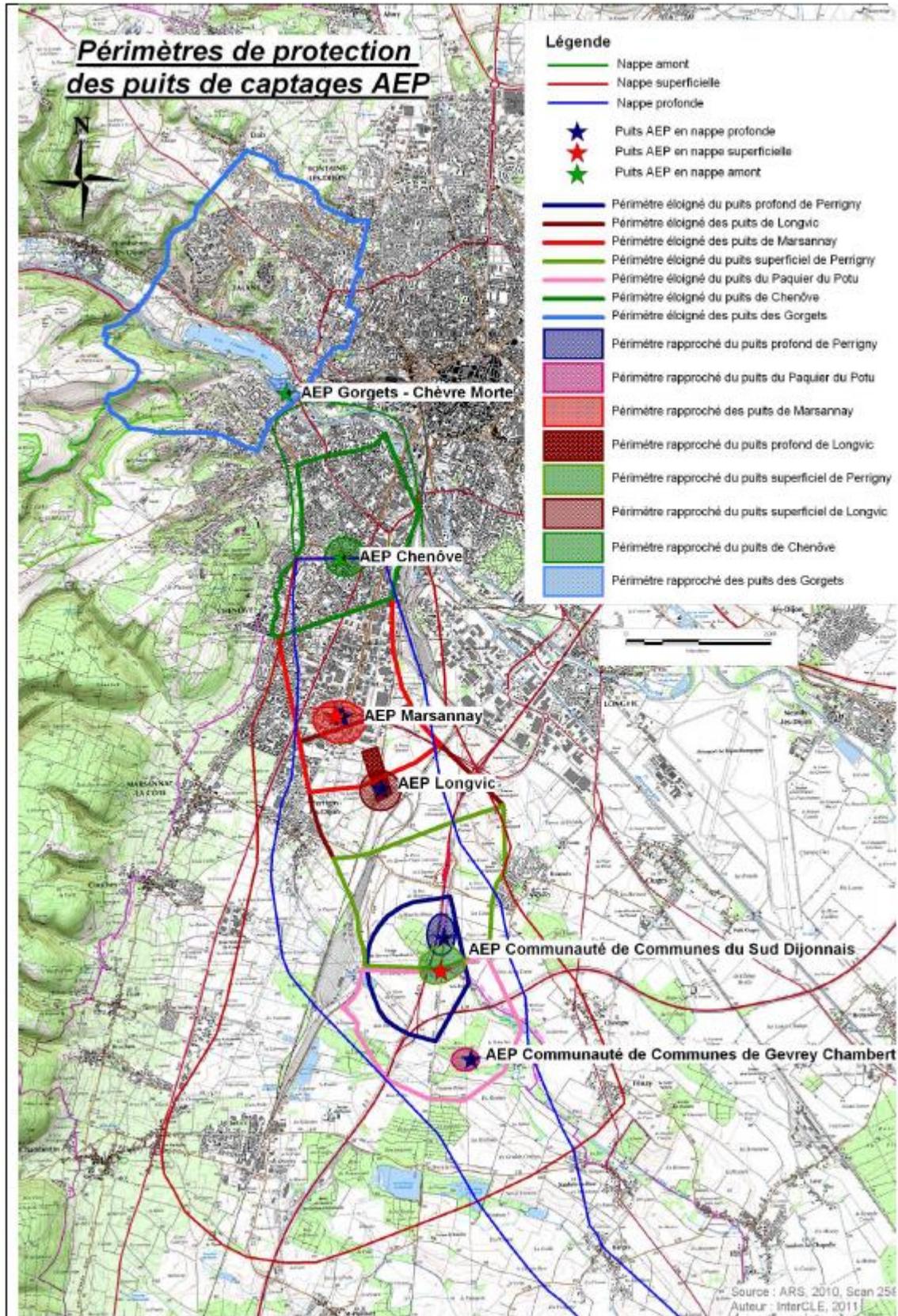


Figure 61. Localisation des champs captant

**Puits de Chenôve**

		1980-2000	2000-2007
Nappe superficielle	Nitrates (mg/l)	30-40	20-30
	Pesticides totaux (µg/l)	0.4-0.5	0.2-0.4
	COHV (µg/l)	<10	Pic en 2004 (3.5)
	BTEX (µg/l)	Pic 1994 (3)	Pic 2007 (3)

*Tableau 64. Etat qualitatif - puits de Chenôve*

Collectivité	Commune	Population (2009)	Captage(s) nappe de Dijon sud	Autres ressources
Grand Dijon	Chenôve	14 111	Chenôve + interconnexion avec champs captant de Marsannay	Interconnexion avec réseaux ville de Dijon
	<b>Total</b>	<b>14 111</b>		

*Tableau 65. Population desservie - puits de Chenôve*

			Investissement (€2013)	O&M (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Interconnexion	1996	Interconnexion réseau AEP Dijon	336 495	5 047	13 845
	1998	Bouclage réseau AEP Chenôve, Longvic et SICODI (investissement ventilé sur 3 champs captant)	296 644	4 450	12 205
		Importation ressources eau sur la période 1998-2004	-	(46 514)	(46 514)
	2005	Transfert eau traitée depuis Marsannay	652 872	9 793	26 862
		Importation ressources eau sur la période 2005-2014	-	23 554	23 554
Traitement	2005	Station de traitement	114 000	6 840	13 675
		Charbon actif	-	2 247	2 247
<b>TOTAL</b>			<b>1 400 011</b>	<b>51 932</b>	<b>92 389</b>
En italique : estimations d'après hypothèses de coûts					
Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total					

*Tableau 66. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - puits de Chenôve*

**Champ captant de Marsannay**

		1980-2000	2000-2007
Nappe superficielle	Nitrates (mg/l)	40-50	40-50
	Pesticides totaux (µg/l)	<b>0.5-1</b>	<b>0.5-1.4</b>
	COHV (µg/l)	<b>&lt;20</b>	<b>2001 (45), 2006 (30), pollution massive aux chloroformes sur SYNKEM : 2001 (1400)</b>
	BTEX (µg/l)	<b>Pic en 2000 (13)</b>	<b>Pic en 2006 (10)</b>
Nappe profonde	Nitrates (mg/l)		35-40
	Pesticides totaux (µg/l)		<b>1.5-2.1</b>
	COHV (µg/l)		Pic en 2005 (4)
	BTEX (µg/l)		

Tableau 67. Etat qualitatif - champ captant Marsannay

Collectivité	Commune	Population (2009)	Captage(s) nappe de Dijon sud	Autres ressources
Grand Dijon	Chenôve	14 111	Chenôve + interconnexion avec champs captant de Marsannay	Interconnexion avec réseaux ville de Dijon
Grand Dijon	Marsannay-la-Côte	5 095	Champ captant de Marsannay	
	Perrigny-les-Dijon	1 469		
	<b>Total</b>	<b>20 675</b>		

Tableau 68. Population desservie - champ captant de Marsannay

			Investissement (€2013)	O&M (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Interconnexion	1998	Bouclage réseau AEP Chenôve, Longvic et SICODI (investissement ventilé sur 3 champs captant)	296 644	4 450	12 205
		Importation ressources eau sur la période 1998-2005	-	(29 811)	(29 811)
	2002	Sécurisation AEP	952 109	14 282	39 174
	2006	Importation ressources eau sur la période 2006-2014	-	11 084	11 084
Protection réglementaire	1998	Procédure protection réglementaire	13 572	-	814
	2005	Achèvement protection réglementaire	6 466	-	388
Réhabilitation de forages	2005	Réhabilitation des forages	220 641	3 310	9 078
Station d'alerte	2005	Station d'alerte et de surveillance	150 489	9 029	18 052
Traitement	2003	Etude faisabilité	69 100	-	4 143
	2005	Station de traitement	1 002 000	60 120	120 137
		Charbon actif	-	20 862	20 862
		Centrale d'analyse	1 512	-	91
		<b>TOTAL</b>	<b>2 712 533</b>	<b>123 137</b>	<b>236 090</b>

En italique : estimations d'après hypothèses de coûts  
 Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total

Tableau 69. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Marsannay

**Champ captant de Longvic**

		1980-2000	2000-2007
Nappe superficielle	Nitrates (mg/l)	20-40	35-40
	Pesticides totaux (µg/l)	<b>0.5-1</b>	<b>0.6-1</b>
	COHV (µg/l)	<5	<b>Pic en 2004 (200)</b>
	BTEX (µg/l)	0	<1
Nappe profonde	Nitrates (mg/l)		
	Pesticides totaux (µg/l)	<b>0.5-1</b>	<b>1-1.5</b>
	COHV (µg/l)	<5	Pics en 2005 (6) et 2006 (2)
	BTEX (µg/l)	<b>2001 (2)</b>	PM

Tableau 70. Etat qualitatif - champ captant Longvic

Collectivité	Commune	Population (2009)	Captage(s) nappe de Dijon sud	Autres ressources
Grand Dijon	Longvic	9 332	Forage de Longvic	3 interconnexions avec réseaux ville de Dijon
	Ouges	1 171	Forage de Longvic	3 interconnexions avec réseaux ville de Dijon
	<b>Total</b>	<b>10 503</b>		

Tableau 71. Population desservie - champ captant de Longvic

			Investissement (€2013)	O&M (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Interconnexion	1992	Interconnexion réseau AEP Dijon	179 902	2 699	7 402
		Importation ressource eau sur la période 1993-2008	-	(43 202)	(43 202)
	1998	Bouclage réseau AEP Chenôve, Longvic et SICODI (investissement ventilé sur 3 champs captant)	296 644	4 450	12 205
	2009	Importation ressource eau sur la période 2009-2014	-	29 791	29 791
Création forage	1992	Forage en nappe profonde	164 910	2 474	6 785
Réhabilitation forage	1994	Cimentation du puits de Longvic	?	?	?
Réservoir	1992	Réservoir	1 492 755	22 391	61 419
Traitement	1996	Pompage de dépollution	?	?	?
	2008	Usine de traitement	251 027	15 062	30 113
		Charbon actif	-	5 683	5 683
		<b>TOTAL</b>	<b>2 385 237</b>	<b>82 549</b>	<b>153 398</b>

En italique : estimations d'après hypothèses de coûts  
 Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total

Tableau 72. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Longvic

**Champ captant de Perrigny-lès-Dijon**

		1980-2000	2000-2007
Nappe superficielle	Nitrates (mg/l)	50-60	40-60
	Pesticides totaux (µg/l)	<b>0.5-1</b>	<b>0.5-1.8</b>
	COHV (µg/l)	<b>Pic en 2000</b>	<b>Pics en 2000 (80), 2004 (60), 2006 (140), 2007 (23)</b>
	BTEX (µg/l)	<b>2000 (2)</b>	<1
Nappe profonde	Nitrates (mg/l)	40-50	40-50
	Pesticides totaux (µg/l)	0.3-0.6	0.4-0.8
	COHV (µg/l)	<b>Pic en 2000</b>	<b>Pics en 2000 (17), 2004 (20), et 2007 (23)</b>
	BTEX (µg/l)	<b>2000 (3)</b>	PM

Tableau 73. Etat qualitatif - champ captant Perrigny-lès-Dijon

Collectivité	Commune	Population (2009)	Captage	Autres
Grand Dijon	Fénay	1 415	Puits et forage de la CC Sud Dijonnais	Connexion de secours avec le Grand Dijon au niveau de Longvic (100 m <sup>3</sup> /h)
CC du Sud Dijonnais	Saint-Philibert	443		
	Saulon-la-Chapelle	1 058		
	Saulon-la-Rue	595		
	Epernay-sous-Gevrey	178		
	Savouges	384		
	Noiron-sous-Gevrey	1 040		
	Barges	461		
	Broindon	106		
	Corcelles-les-Cîteaux	826		
CC de Nuits Saint Georges	Saint-Bernard	432	Puits et forage de la CC Sud Dijonnais	Interconnexion avec les Syndicat des Eaux de Vosne-Romanée
	Saint-Nicolas-les-Cîteaux	444		
	Villebichot	372		
	<b>Total</b>	<b>7 754</b>		

Tableau 74. Population desservie - champ captant Perrigny-lès-Dijon

			Investissement (€2013)	O&M (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Protection réglementaire	1992	Protection réglementaire	7 924	-	475
Création forage	1998	Forage en nappe profonde	101 789	1 527	4 188
Réservoir	1995	Construction réservoir	240 148	3 602	9 881
Traitement	1998	Traitement pesticides sur UMT	105 952	6 357	28 395
	2004	Unité de traitement nitrates + pesticides	1 442 735	86 564	173 067
		Filtres		5 200	5 200
	2009	Amélioration usine traitement	200 000	12 000	23 992
		<b>TOTAL</b>	<b>2 098 549</b>	<b>115 250</b>	<b>245 198</b>

En italique : estimations d'après hypothèses de coûts  
 Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total

Tableau 75. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - champ captant de Perrigny-lès-Dijon

### Forage du Paquier du Potu

		1980-2000	2000-2007
Nappe profonde	Nitrates (mg/l)	35-40	30-40
	Pesticides totaux (µg/l)	0	0-0.5
	COHV (µg/l)	0	<b>7-23</b>
	BTEX (µg/l)	0	<1

Tableau 76. Etat qualitatif – Forage Paquier du Potu

Collectivité	Commune	Population (2009)	Captage	Autres
CC de Gevrey- Chambertin	Brochon	641	Forage de la CC de Gevrey-Chambertin (pour le bas service des communes) + interconnexion avec champs captant de Marsannay (achat au Grand Dijon)	Sources karstiques (Combe Lavaux) de plus faible productivité
	Couchey	1 200		
	Fixin	756		
	Gevrey-Chambertin	3 056		
	<b>Total</b>	<b>5 653</b>		

Tableau 77. Population desservie - Forage Paquier du Potu

			Investissement (€2013)	O&M (€2013/an)	CMA total (€2013/an)
Traitement	2008	Traitement des pesticides	195 000	2 925	14 617
		Filtre	-	2 750	2 750
		<b>TOTAL</b>	<b>195 000</b>	<b>5 675</b>	<b>17 367</b>

En italique : estimations d'après hypothèses de coûts  
 Entre parenthèses : chiffre non pris en compte dans le calcul du total

Tableau 78. Détail de coûts des actions de sécurisation AEP - Forage Paquier du Potu

## **Annexe 10**

### **Glossaire des termes économiques**



**Actualisation** : Méthode qui permet de transformer une valeur future, par exemple une somme d'argent à recevoir dans l'avenir en une valeur présente équivalente.

**Agent/acteur économique** : Tous les individus d'une société prenant des décisions ayant des répercussions d'ordre économique.

**Analyse coût-bénéfice** : Une analyse coût-bénéfice compare les coûts engendrés par un programme d'action ou une stratégie d'amélioration de la gestion de l'eau aux bénéfices qui y sont associés, sur l'ensemble de sa durée de vie.

**Consentement à payer** : Montant maximal qu'une personne est prête à payer pour pouvoir bénéficier d'un bien donné.

**Coûts évités** : Coûts qu'il faudrait supporter si le bien environnemental étudié n'existait pas ou si son état était dégradé.

**Coûts d'investissements** : Les coûts d'investissement recouvrent l'investissement initial (travaux et équipements) permettant la mise en service du dispositif ou de l'infrastructure (en euros).

**Coûts récurrents annuels** : Les coûts récurrents annuels recouvrent les coûts de fonctionnement liés à l'exploitation du dispositif ou de l'infrastructure (en euros/an).

**Coût moyen annuel** : Le coût moyen annuel est calculé à partir des coûts d'investissement et des coûts récurrents annuels. Cet indicateur permet de comparer, dans la même unité (€/an) des actions nécessitant des investissements avec une durée de vie de plusieurs années avec des actions récurrentes annuelles.

**Coûts d'opportunité** : Valeur des opportunités perdues du fait du choix de l'affectation de la ressource à une activité plutôt qu'à une autre dans le cas où la ressource est rare. Le coût d'opportunité du maintien en l'état d'un usage du sol est par exemple le revenu potentiel futur auxquels les acteurs locaux sont contraints de renoncer du fait de ne pas pouvoir modifier l'usage du sol.

**Evaluation contingente** : L'évaluation « contingente » est une méthode dans laquelle des personnes doivent révéler leur consentement à payer *contingemment* à un scénario d'amélioration d'un bien donné ou de l'état d'un écosystème, hypothétique par nature.

**Externalités** : Les actions d'un agent économique ont un impact positif ou négatif sur le bien-être et le comportement d'autres agents, sans que cet impact ne soit pris en compte dans les calculs de l'agent qui le génère.

**Méthode des coûts évités** : Méthode consistant à évaluer les coûts qu'il faudrait supporter en l'absence du bien environnemental étudié. Par exemple, la disparition d'une zone humide permettant un écrêtement des crues aurait pour conséquence une augmentation des risques d'inondation et donc des dommages occasionnés par celles-ci.

**Méthodes des préférences déclarées** : Les personnes interviewées déclarent elles-mêmes la valeur qu'elles attachent à un bien donné.

**Parité de Pouvoir d'Achat** : Méthode utilisée en économie pour comparer des valeurs exprimées dans différentes monnaies nationales afin de tenir compte à la fois du taux de change entre monnaie et du pouvoir d'achat des ménages.

**Principe pollueur-payeur** : Principe, instauré dans le Code de l'environnement, selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution de l'environnement et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur.

**Rente informationnelle** : Avantage que tire une personne du simple fait de détenir une information de façon exclusive.

**Service écosystémique** : Bienfait direct ou indirect que l'homme retire de la nature.

**Taux d'actualisation** : taux permettant de transformer une valeur future, par exemple une somme d'argent à payer (coût) ou recevoir (bénéfice) à une date donnée dans le futur, en une valeur présente équivalente. En d'autres termes, c'est le taux de préférence pour le présent d'un individu ou d'une collectivité.

**Valeur économique totale** : La valeur économique totale fournit une mesure globale de la valeur économique de tout actif environnemental. Elle est obtenue en agrégeant différentes « composantes » (valeur d'usage, valeur de non-usage, etc.)

**Valeur de non-usage** : Valeur relative à la satisfaction de savoir qu'un actif ou un état de fait désirable existe. Ces valeurs sont souvent liées aux notions, de justice, ou de respect de la nature et permettent de justifier la protection d'espèces ou de sites naturels connus.

**Valeur d'option** : Valeur d'usage accordé à la conservation d'un actif en vue d'un usage futur (par exemple, la préservation d'une plante connue pour son intérêt médical).

**Valeur d'usage** : Valeur relative à la satisfaction d'utiliser ou de pouvoir utiliser un bien environnemental donné.





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction Eau, Environnement & Ecotechnologies**

Unité Nouvelles Ressources en Eau et Economie

1039 rue de Pinville

34000 – Montpellier – France

Tél. : 04.67.15.79 90