

# Bilan du développement de l'applicatif SENEQUE

Denis Ruelland<sup>1</sup>, Gilles Billen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *UMR Espaces géographiques et Sociétés, CNRS - Université du Maine, Le Mans*  
[denis.ruelland@univ-lemans.fr](mailto:denis.ruelland@univ-lemans.fr)

<sup>2</sup> *UMR Sisyphé, UPMC, Paris*

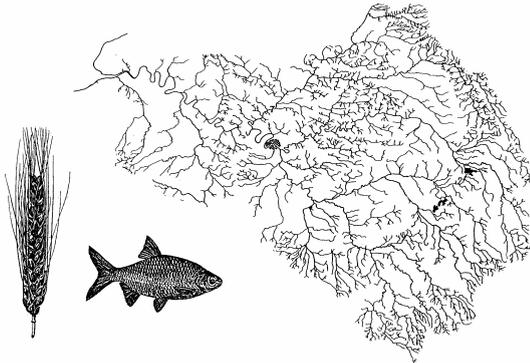
L'applicatif SENEQUE offre une interface conviviale de pilotage et de spatialisation du modèle RIVERSTRAHLER du fonctionnement biogéochimique des grands réseaux hydrographiques.

Son premier déploiement auprès des services de l'AESN a été réalisé en juin 2002 sur le bassin de la Marne. Les retours d'expériences ont ainsi conduit en 2003 à plusieurs remaniements importants dans la structure et la conception du code. Parallèlement, au cours de l'année 2003, les bases de données ont été constituées, selon un modèle structurel cohérent, pour son application aux bassins de l'Oise, de la Seine Amont et de l'Eure. Des jeux de données spécifiques ont aussi été constitués pour le territoire plus restreints des sites ateliers.

L'applicatif a ainsi pu être appliqué à la simulation de l'effet sur le milieu du Scénario Tendanciel construit dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Cette expérience a encore permis de corriger quelques défauts de fonctionnement de l'outil.

Nous présentons ci-après la nouvelle notice d'utilisation détaillée, livrée avec le cd ROM d'installation de la dernière version du logiciel.

Nous présenterons aussi, dans la version définitive de ce rapport, un projet d'article à soumettre à la revue Ecological Modelling, décrivant la démarche de conception de l'Applicatif SENEQUE.



Programme 'PIREN-Seine'

# Applicatif SENEQUE 3

## notice d'utilisation (2001-2004)

mise à jour janvier 2004

Denis Ruelland (1), Gilles Billen (2)

**(1) UMR CNRS 6590 Espaces Géographiques et Sociétés**  
Université du Maine  
Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 9

**(2) UMR CNRS 7619 Sisyphe**  
Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)  
4, place Jussieu, 75005 Paris

## Sommaire

<b>1. Introduction</b>	3
1.1. La boîte à outils de modélisation du Piren-Seine	3
1.2. Le modèle SENEQUE	4
1.3. L'applicatif SENEQUE 3	5
<b>2. Fonctionnalités et déroulement d'une session type</b>	6
2.1. Accès aux Bases de Données	7
2.2. Création d'un projet de modélisation	8
2.2.1. Spécifier un nom de projet	
2.2.2. Visualisation des Bases de Données	
2.2.3. Délimitation spatiale du champ de modélisation	
2.2.4. Paramétrage des contraintes du scénario de référence	
2.2.5. Lancement du calcul des fichiers de contraintes	
2.3. Pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique	11
2.4. Visualisation des résultats	12
2.4.1. Résultats en variations saisonnières	
2.4.2. Résultats en profils longitudinaux	
2.4.3. Résultats cartographiques	
2.5. Gestion des projets et des scénarios de modélisation	15
2.5.1. Ouverture d'un projet existant	
2.5.2. Création d'un nouveau scénario de modélisation	
2.5.3. Navigation entre projets et suppressions	
<b>3. Les bases de données disponibles et leur visualisation</b>	20
3.1. Organisation physique des données	20
3.2. Données météorologiques	21
3.3. Données descriptives du réseau hydrographique	21
3.4. Données relatives aux rejets ponctuels	25
3.5. Données de validation	27
3.6. Données d'affichage	28
<b>4. Références</b>	30

# 1. Introduction

## 1.1. La boîte à outils de modélisation du PIREN-Seine.

Comme l'un des produits des travaux de recherche menés sur le réseau hydrographique de la Seine, ses aquifères et son bassin versant, le programme PIREN-Seine a développé une série d'outils de modélisation du fonctionnement biogéochimique de ce système complexe. Ces modèles ne sont pas offerts sous la forme d'un 'Modèle Unique', capable d'embrasser à lui seul tous les problèmes de qualité de l'eau et du milieu à toutes les échelles où ils se posent. Nous y substituons l'idée de 'Boîte à Outils' de modèles coordonnés: selon la nature des problèmes auxquels ils s'adressent, et l'échelle de leur domaine géographique, divers outils de modélisation ont été mis au point, formant un ensemble coordonné de modèles de complexité adaptée à leur objet et aux questions posées, et parfaitement capables de communiquer entre eux, les résultats d'un modèle général pouvant être facilement utilisés comme données d'entrées (par exemple comme conditions aux limites) dans un modèle plus particulier. Le champ entier de la superficie d'un bassin et des problématiques qui se posent pour sa gestion est ainsi pris en compte, mais à travers une diversité d'outils, dont chacun est alors beaucoup plus maniable et transférable. La figure suivante résume les modèles de cette 'Boîte à Outils' et leurs liaisons possibles.

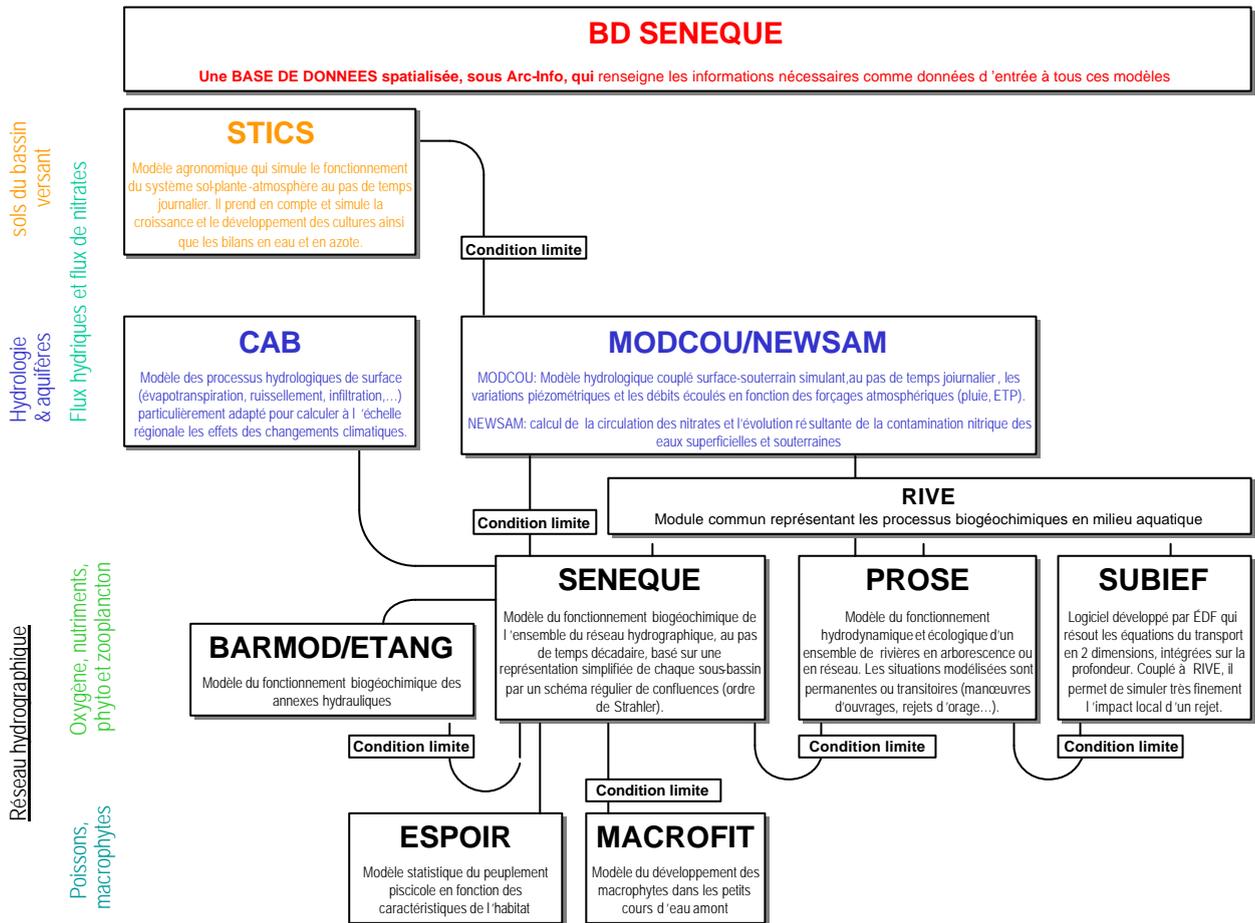


Figure 1 : La « Boîte à outils » de modélisation du Piren-Seine

## 1.2. Le modèle SENEQUE

Le modèle SENEQUE ('La Seine en Equations') représente l'application à la Seine du modèle RIVERSTRAHLER (Billen et al., 1994, Garnier et al., 1995, Billen & Garnier 1999). Il permet le calcul des variations géographiques et saisonnières (avec une résolution décadaire) du débit, de la qualité de l'eau et du fonctionnement écologique d'un réseau hydrographique, y compris ses annexes hydrauliques, en fonction des contraintes constituées par la morphologie des cours d'eau, les conditions météorologiques et climatiques, l'usage du sol du bassin versant et les rejets ponctuels d'eaux usées. Contrairement à beaucoup de modèles de tronçons de rivière, SENEQUE couvre l'ensemble d'un réseau hydrographique et s'affranchi ainsi de la nécessité de renseigner des conditions-limites amont, autres que celles qui définissent les apports diffus du bassin versant.

Le modèle SENEQUE décrit le réseau hydrographique comme une combinaison de 3 types d'objets :

- des sous-bassins amont (ou 'feuilles')
- des axes de rivières (ou 'branches')
- des milieux stagnants en connexion (étangs ou réservoirs)

La précision de la description morphologique sur laquelle s'appuie SENEQUE pour la modélisation est très différente pour chacun de ces types d'objets:

- Pour les sous-bassins, on utilise une description idéalisée, basée sur la notion d'ordre hydrologique de Strahler, dans laquelle la complexité du chevelu hydrographique est remplacée par un schéma régulier de confluence de tributaires d'ordre croissant, aux caractéristiques moyennes. Seul est donc calculé le comportement moyen des tributaires de chaque ordre. Cette approche statistique est très économe en terme de temps de calcul, mais conduit à une indéniable perte de résolution géographique des résultats de la modélisation.
- Les axes de rivières sont quant à eux représentés d'une manière plus fine, permettant la description de profils en long avec une résolution de l'ordre du km.
- En ce qui concerne les milieux stagnants en communication, ils sont pris en compte, soit de manière statistique lorsque, comme c'est le cas pour les étangs, ils se raccordent aux différents ordres d'un sous-bassin (on considère alors leurs caractéristiques moyennes par ordre hydrologique), soit sous forme individualisée, comme c'est le cas pour les grands ouvrages de retenues connectés sur un axe de rivière (on tient compte d'une morphologie précise et des valeurs réelles journalières des débits dérivés et restitués).

La qualité de l'eau dans l'ensemble du réseau hydrographique est décrite par la concentration en oxygène, en nutriments ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , PIP,  $\text{SiO}_2$ ), en matières en suspension et en carbone organique dissous et particulaire (3 classes de biodégradabilité). Les compartiments biologiques sont représentés par 2 espèces d'algues (diatomées et chlorophycées), 2 types d'organismes zooplanctoniques (rotifères à temps de génération court et microcrustacés à temps de génération lent), 2 types de bactéries hétérotrophes (petites bactéries autochtones et grandes bactéries allochtones) ainsi que des bactéries nitrifiantes. Les bactéries fécales et les macrophytes sont également prises en compte en temps que variables d'état.

Un des principes de base du modèle RIVERSTRAHLER est celui de l'unicité des processus à travers l'ensemble du continuum aquatique: des têtes de bassins à l'estuaire, des étangs aux grandes retenues, les processus microscopiques qui déterminent le fonctionnement de l'écosystème sont identiques dans leur nature et leur cinétique. Ce sont les contraintes hydrologiques, morphologiques ou liées aux apports du bassin versant qui induisent les différences de fonctionnement des secteurs successifs de ce

continuum. Un seul et même module représentant finement ces processus microscopiques (RIVE) est donc utilisé dans l'ensemble SENEQUE pour toutes les composantes de l'hydrosystème. La plupart des paramètres cinétiques caractérisant ces processus sont fixés à priori, à partir d'observations ou d'expérimentations de terrain ou de laboratoire, et ne font donc l'objet d'aucune procédure de calage. Le modèle SENEQUE partage cette représentation conceptuelle des processus avec les autres modèles de fonctionnement écologique de cours d'eau de la boîte à outil du PIREN-Seine.

### 1.3. L'Applicatif SENEQUE 3

La principale limitation des versions précédentes du modèle SENEQUE résidait dans le peu de souplesse laissé à l'utilisateur pour la définition du niveau de résolution spatiale des résultats obtenus. Dans les versions 1 de SENEQUE (SENEQUE 1.3, EUSTACHE 1.3, ELOISE 1.3 sous QB extended), le code lui-même impose le découpage de l'espace. Dans la version 2 (RIVERSTRAHLER 2.0 sous Excel/VBA) le découpage peut être modifié par l'utilisateur, mais la lourdeur des opérations nécessaires pour constituer les fichiers de contraintes relatifs à un découpage donné de l'espace fait qu'il n'est pas aisé de modifier ce découpage en fonction de la définition du problème.

Le géoréférencement et la structuration sous SIG des bases de données relatives à la météorologie, à l'usage du sol, aux rejets domestiques ou industriels, a permis d'introduire une bien plus grande souplesse dans la définition de l'espace sur lequel s'applique le modèle SENEQUE. C'est le principal intérêt de l'applicatif SENEQUE 3 (Ruelland & Billen, 2002 ; Ruelland & Billen, 2003 ; Ruelland, 2003) que de rendre possible le couplage direct du modèle à un SIG. Pour la première fois donc, *l'applicatif permet une véritable spatialisation de l'application du modèle Riverstrahler* à la résolution requise pour répondre à la question particulière posée. La possibilité est maintenue de simplifier la prise en compte des bassins amont par l'idéalisation de leur chevelu selon un schéma régulier de confluence (ce qui permet de substantielles économies de temps de calcul), mais la version 3 offre maintenant la possibilité d'appliquer le modèle à n'importe quel niveau de résolution spatiale, y compris celui où sont individualisés tous les cours d'eau élémentaires d'ordre 1.

En pratique, l'applicatif SENEQUE 3 offre une interface utilisateur permettant à la fois de *visualiser et d'intégrer* un grand nombre des informations présentes dans la Base des Données sous SIG du PIREN-Seine, de définir le découpage de l'espace le plus adapté au problème posé, d'*extraire les données nécessaires pour le projet de modélisation ainsi défini*, de *piloter le déroulement* de ce projet, et enfin d'en *visualiser et d'en intégrer les résultats*. Au stade actuel de développement, les potentialités de l'applicatif sont limitées au modèle SENEQUE. Elles permettent néanmoins déjà l'intégration des sorties de modèles hydrologique couplé surface/souterrain tels que Stics/Modcou.

L'Applicatif a été développé dans l'environnement de programmation de 4<sup>ème</sup> génération alliant Visual Basic et les potentialités SIG offertes par les modules MapObjects. Il peut donc utiliser ou produire directement des fichiers au format d'Arc/Info et d'ArcView. Toutes les routines sont par ailleurs codées en Visual Basic. De simples fichiers-textes peuvent être générés et utilisés par l'applicatif, ce qui lui permet une grande souplesse dans son dialogue avec d'autres applications;

Dans un premier temps, l'Applicatif a d'abord été développé sur le cas particulier du bassin de la Marne, pour lequel la structuration des bases de données était la plus avancée. Au stade actuel, rien dans la structure ni dans le code de l'applicatif, n'est cependant propre à cette situation géographique particulière. L'Applicatif est conçu de manière tout à fait générique pour pouvoir fonctionner sur tout bassin versant pour lequel une base de données analogue serait disponible. En ce sens, des jeux de données sur le bassin de l'Oise, de l'Eure et de la Seine-Amont ont pu être constitués en référence aux structures physiques de bases déjà élaborées pour la Marne.

## 2. Fonctionnalités et déroulement d'une session de modélisation-type

l'Applicatif SENEQUE 3 assure les 4 fonctions suivantes :

(1) Il permet de *visualiser et de traiter* dans une certaine mesure une partie des **données** disponibles dans la Base de Données sous SIG du PIREN-Seine. Certaines couches d'information de cette BD sont en effet disponibles dans l'applicatif lui-même ainsi que les fonctions de base d'ArcView.

(2) Il permet *d'assister la conception et la définition d'un projet de modélisation* SENEQUE. Un projet de modélisation est concerné un espace (défini à une certaine résolution géographique c'est à dire découpé selon un certain schéma en axes et bassins), et une période de temps (un ou plusieurs cycles annuels correspondant à certaines conditions hydrologiques).

(3) Le projet de modélisation étant défini, l'applicatif *construit les fichiers* nécessaires comme données d'entrées au modèle SENEQUE (concernant les apports diffus et ponctuels du bassin versant) et en *pilote l'exécution*. Plusieurs scénarios, correspondant à différents hypothèses sur les apports du bassin versant (modification des caractéristiques d'un rejet, modification des pratiques agricoles,...) peuvent être simulés. Les résultats des simulations sont stockés sous forme de fichiers textes.

(4) L'applicatif permet alors de *visualiser les variations spatiales et temporelles de ces résultats*, soit sous forme cartographique, ou sous forme de profils longitudinaux correspondant à un moment donné du ou des cycles annuels, soit sous forme de graphes représentant les variations temporelles en certaines stations. Des fichiers en format texte peuvent être exportés pour une exploitation ultérieure des résultats par n'importe quel logiciel de traitement de données et/ou de dessin.

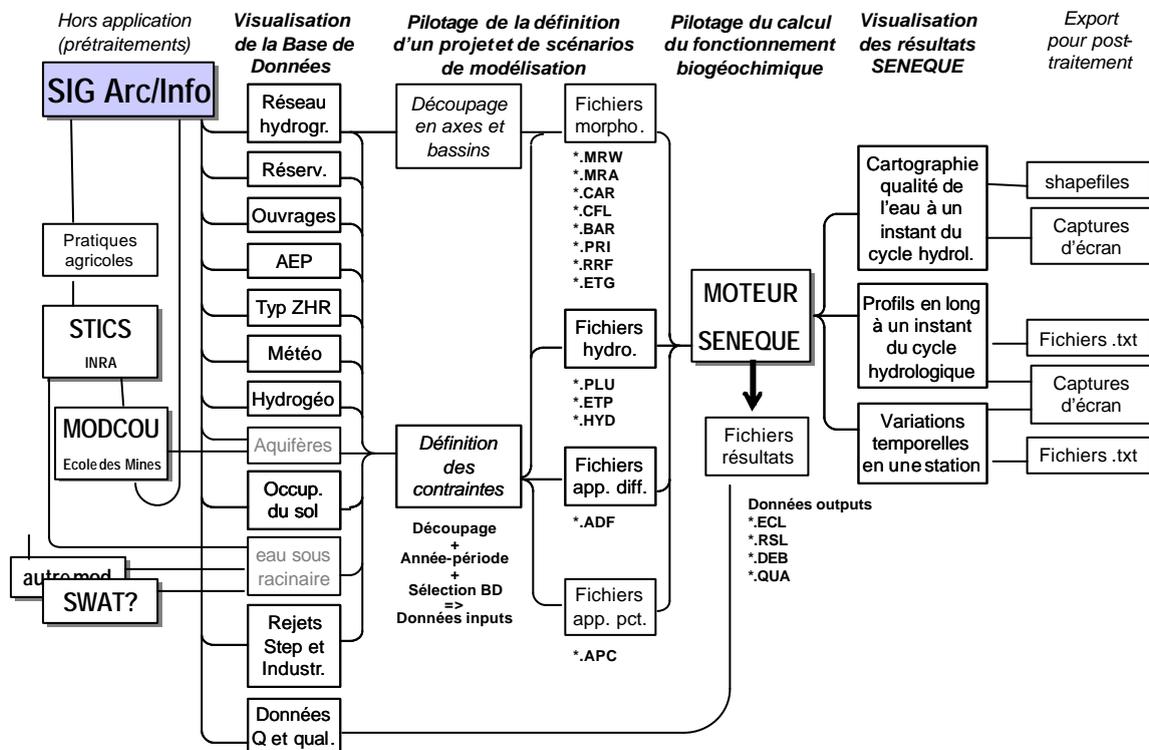


Figure 2 : Organisation générale de l'application SENEQUE 3

## 2.1. Accès aux bases de données

Dans un premier temps, le logiciel SENEQUE 3 a d'abord été développé sur le cas particulier du bassin de la Marne, pour lequel la structuration des bases de données était la plus avancée. Au stade actuel, rien dans la structure ni dans le code de l'applicatif, n'est cependant propre à cette situation géographique particulière. L'Applicatif est conçu de manière tout à fait générique pour pouvoir fonctionner sur tout bassin versant pour lequel une base de données analogue serait disponible.

Un seul et même utilisateur peut travailler sur plusieurs zones (bassins) d'étude à condition que pour chacune d'elles un jeu de données ait été élaboré conformément aux structures physiques de données décrites au niveau de la troisième partie de ce document.

Dans tous les cas, qu'il dispose d'un ou plusieurs jeux de données, l'utilisateur doit indiquer au système où est stocké ce jeu de données sur son disque (l'endroit de stockage peut être différent de celui de l'application). Pour ce faire, il doit renseigner le fichier *path.ini* situé dans le dossier '*bin*' de l'application. Le fichier est structuré comme suit :

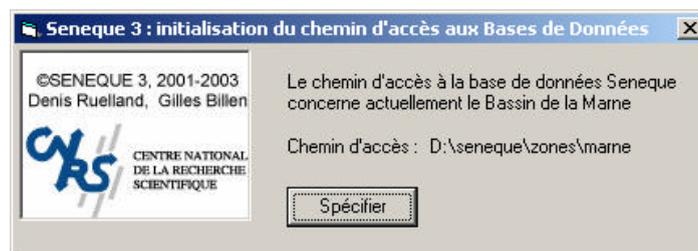
Ex 1 :

```
©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2004
Chemin d'accès aux bases de données : ex : d:\marne
D:\seneque\zones\marne ← ligne à renseigner
Bassin de la Marne ← ligne à renseigner
```

Ex 2 :

```
©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2004
Chemin d'accès aux bases de données : ex : d:\marne
D:\seneque\zones\eure ← ligne à renseigner
Bassin de l'Eure ← ligne à renseigner
```

Pour les utilisateurs n'ayant pas de droit d'administration pour aller modifier ce fichier ou pour des raisons de commodités, il est possible de renseigner automatiquement ce fichier en lançant un petit programme *path\_ini.exe* qui s'installe avec SENEQUE 3 et accessible par un raccourci du menu démarrer au même endroit que SENEQUE.



Après avoir cliqué sur le bouton spécifier, il suffit de naviguer dans l'explorateur de disque et d'aller pointer sur le fichier *nom\_bassin.ini* situé à la racine du dossier comportant le jeu de données pour la zone en question. Le programme met à jour automatiquement l'accès et le nom du bassin d'étude et l'utilisateur peut commencer une session SENEQUE 3.

## 2.2. Création d'un *projet* de modélisation

Dans la philosophie de SENEQUE 3, un *projet* de modélisation est un ensemble de scénarios simulés par le modèle. Il est défini par un découpage spatial de la zone d'étude et les données de contraintes de simulations auxquels chaque scénario se rapporte. Le paramétrage des données de contraintes évolue selon les scénarios.

Au lancement de l'application, une boîte de dialogue invite l'utilisateur à créer un nouveau *projet* de modélisation, à ouvrir un *projet* existant, ou à supprimer un *projet* de modélisation.

### 2.2.1. Spécifier un nom de *projet*

Dans le cadre de la création d'un nouveau *projet*, l'utilisateur spécifie donc le nom de ce nouveau *projet* ainsi qu'un commentaire (optionnel) décrivant son objet.

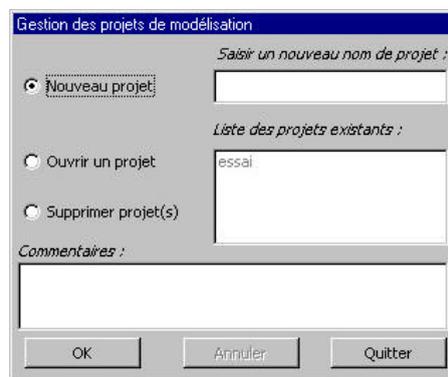


Figure 3 : boîte de gestion des *projets* de modélisation

### 2.2.2. Visualisation des bases de données

L'utilisateur accède alors à l'interface de visualisation des bases de données et de paramétrage des contraintes de modélisation pour créer le premier scénario de ce nouveau projet. Ce premier scénario, appelé scénario de référence, mobilise des entrées qui constitueront les références du projet.

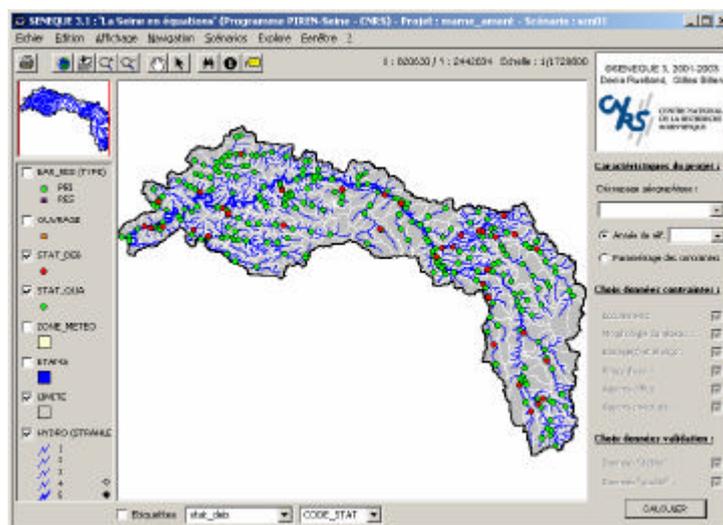


Figure 4 : Interface de visualisation des données et du paramétrage des contraintes

La visualisation des données fait appel à des fonctions classiques d'un Système d'Information Géographique. On trouve des outils de zoom (général, avant/arrière, panoramique), de localisation... Chaque couverture géographique peut être rendue visible ou invisible en cliquant sur la case à cocher correspondante. La liste des couvertures visibles apparaît en bas de l'interface. Pour chacune de ces couches, il est possible de sélectionner un champ qui sera utilisé comme requête lors du déplacement de la souris sur la carte. Ainsi, si l'utilisateur souhaite connaître le nom d'un cours d'eau, il sélectionnera la couverture «hydro» dans la liste, le champ «libriv» associé à cette couverture et déplacera le curseur au niveau du cours d'eau à «requêter». L'option «étiquettes» permet d'afficher une info-bulle du résultat à l'endroit du curseur.

A ce stade, il s'agit de définir le *découpage* géographique de l'espace à modéliser et son découpage en axes et sous-bassins, ainsi que l'année de modélisation sur lesquels seront basés les scénarios de modélisation du projet.

### 2.2.3. Délimitation spatiale du champ de modélisation

La délimitation spatiale du champ de modélisation, appelée aussi *découpage*, est basée sur le choix de segments de cours d'eau soit à considérer comme les constituants d'un *bassin*, soit à individualiser comme un *axe* principal ou secondaire (voire n<sup>aire</sup>). L'utilisateur a le choix d'utiliser un découpage existant (prédéfini par lui ou un autre utilisateur) et disponible au niveau de la bibliothèque des *découpages*, ou de créer son propre découpage. Si cette deuxième option est retenue, l'utilisateur choisit «nouveau découpage» dans la liste déroulante. Une boîte de dialogue apparaît.

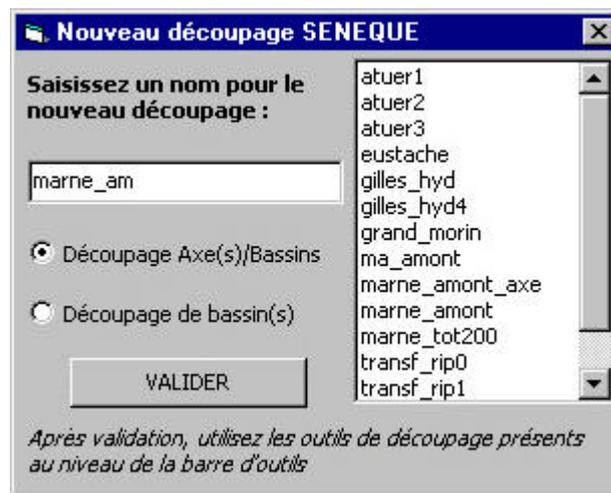


Figure 5 : Boîte de création des découpages de modélisation

Il choisit alors entre un découpage «d'axe(s)/bassins» ou un découpage de «bassin(s)» seulement et spécifie un nom pour le nouveau *découpage*. L'applicatif propose alors des outils de sélection semi-automatiques (au niveau de la barre d'outils ; cf. fig. 6) de sorte que l'utilisateur puisse réaliser un découpage en fonction du problème posé et de la résolution spatiale recherchée pour le projet.

Si l'utilisateur a choisit un découpage «axe(s)/bassins», il est d'abord invité à définir les bornes de l'*axe* principal du réseau à modéliser (puis à définir les *axes* secondaires qui s'y raccordent s'il souhaite réaliser un *découpage* multi-axes). Les segments restant, en amont de ces *axes*, sont alors soit définis comme *bassins* raccordés aux axes, soit intégrés aux zones des bassins directs d'axes. Deux méthodes sont possibles : (1) l'utilisateur peut utiliser un outil de sélection manuelle des bassins à raccorder à l'*axe* (*aux axes*) puis recourir à l'outil de sélection automatique de bassins pour rattacher automatiquement les segments restants aux bassins directs d'*axes*. (2) Il peut utiliser aussi directement

l'outil de sélection automatique de bassins : le système s'occupe alors pour lui de la sélection des *bassins* et de leur discrimination en bassins individuels raccordés ou en « zones d'axe(s) » en fonction d'un critère de surface de bassin versant correspondant ou d'ordination de Strahler.



Figure 6 : Boîte de paramétrage pour la sélection automatique de bassins

Quelle que soit la méthode de découpage (automatique ou semi-automatique), le système produit (en plus de la couverture de découpage réseau) un couverture de sous-bassins associée à ce découpage. Remarquons que de nombreux tests permettent d'éviter le choix de découpages aberrants (ex : sélectionner un bassin au niveau d'un bassin déjà sélectionné,...) mais ils ne dispensent pas l'utilisateur d'une démarche structurée et cohérente lors de la création d'un découpage.

#### 2.2.4. Paramétrage des contraintes du scénario de référence

Une fois le *découpage* défini, l'utilisateur sélectionne les données à mobiliser pour le scénario de référence. A ce stade, deux options de paramétrage sont proposées :

- 1) une option de paramétrage automatique qui consiste à choisir une année de modélisation dans la liste déroulante proposée. Les années disponibles sont relatives à la période continue de disponibilité des données d'entrée météo. Ainsi, si la base météorologique (précipitations et etp) couvre la période journalière continue du 01/08/1986 au 31/07/2000, l'utilisateur pourra mobiliser l'option de paramétrage automatique pour la série d'années 1986-1999. **Cela suppose que toutes les autres données relatives aux rejets ponctuels, diffus... sont disponibles au sein de la base pour chacune de ces années au moins par copie d'une année renseignée** (cf. 3. bases de données). L'année sélectionnée permettra donc au système d'extraire automatiquement toutes les données de contraintes relatives à cette année.
- 2) Une option de paramétrage détaillé qui consiste à définir les contraintes une à une en utilisant les boîtes de dialogue de paramétrages mises à disposition. Ces dernières listent les données disponibles dans la base de données pour chaque contraintes : apports ponctuels, apports diffus, météologie...

Les *scénarios* qui suivront s'appelleront « SCN02 », « SCN03 »... et pourront intégrer des contraintes de modélisation différentes.

### 2.2.5. Lancement du calcul des fichiers de contraintes

Une fois le *découpage* défini et les contraintes spécifiées pour le scénario de référence, l'utilisateur clique sur le bouton «calculer» de l'interface. Il déclenche ainsi le calcul des fichiers de contraintes qui seront mobilisées par le modèle SENEQUE (cf. schéma d'organisation générale).

Ce calcul peut être plus en moins long en fonction de la complexité du *découpage* et du nombre d'objets à traiter. Des barres de progression et des changements de couleur indiquent l'état d'avancement des calculs.

### 2.3. Pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique

Lorsque le système a indiqué la fin du calcul des fichiers de contraintes, une interface de pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique apparaît.

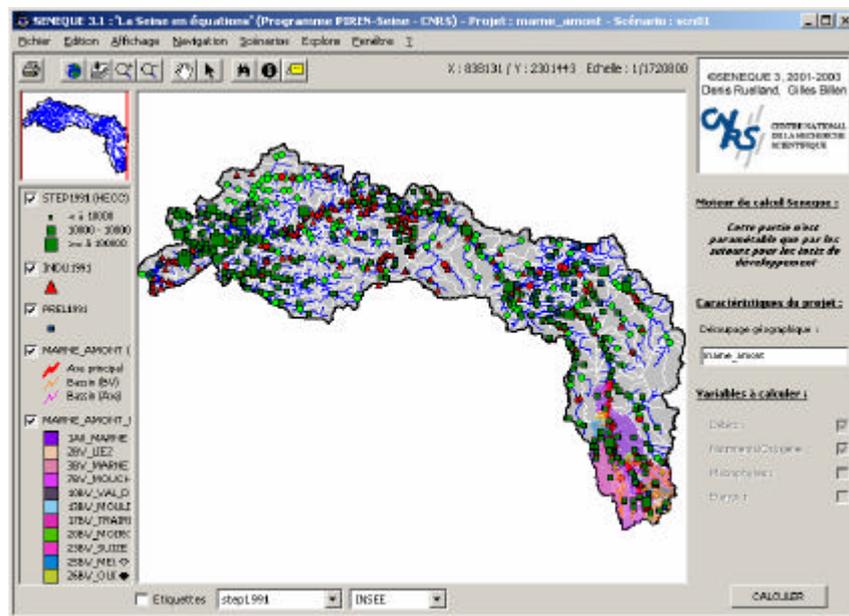


Figure 7 : Interface de pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique

Cette interface permet de spécifier les options de calculs réalisés par SENEQUE. A ce jour, l'utilisateur n'a pas encore accès à ces options (Etangs, macrophytes...); elles servent pour le moment à faire les tests de modélisation.

L'utilisateur déclenche donc directement le calcul du moteur SENEQUE en cliquant sur «calculer». Ce calcul va mobiliser l'ensemble des fichiers de contraintes qui viennent d'être créés à l'étape précédente. De la même manière que pour le calcul des fichiers de contraintes, le calcul des fichiers de résultat de la modélisation est variable et des barres de progression indiquent l'état d'avancement des calculs.

## 2.4. Visualisation des résultats

Lorsque le système a indiqué la fin du calcul des fichiers de contraintes, l'utilisateur a alors accès à l'interface de visualisation des *résultats*.

Comme on l'a vu précédemment, 3 types de visualisation de résultats sont possibles :

- *variations temporelles* (pour découpages de type « axe(s)/bassins » et « bassin(s) ») avec confrontation aux données observées et autres simulations,
- *profils longitudinaux* (pour découpages de type « axe(s)/bassin(s) » uniquement) avec confrontation aux données observées et autres simulations,
- *cartographie* (pour découpages de type « axe(s)/bassins » et « bassin(s) »).

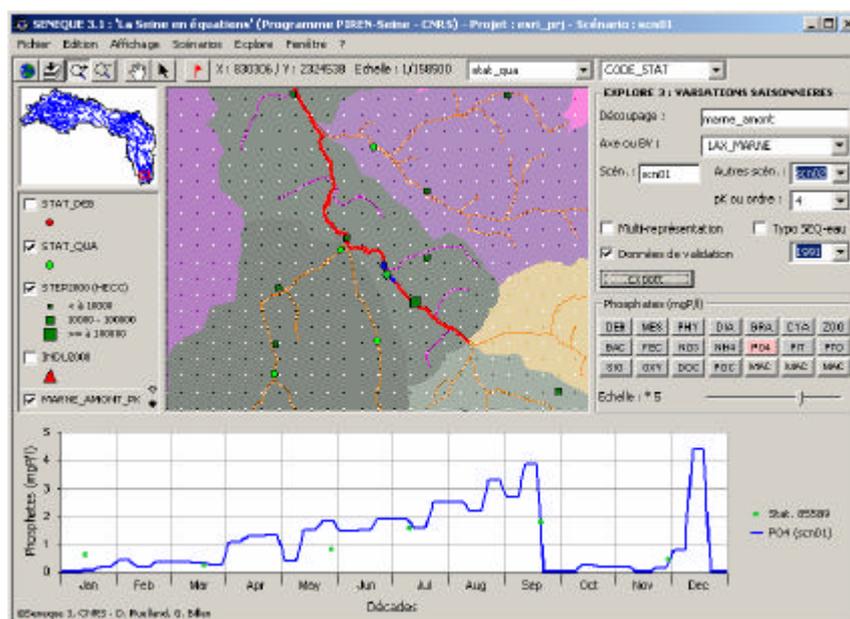
Ces interfaces sont rassemblées au sein d'un module de SENEQUE 3 appelé explore et sont accessibles *via* le menu « explore » au moment de la visualisation.

### 2.4.1. Résultats en *variations saisonnières*

- **Sélection des objets à étudier**

L'interface des résultats en *variations saisonnières* propose la visualisation cartographique du découpage considéré au sein du *projet* ainsi que des données comme les stations de validation et les stations de rejets. Pour chaque objet (*axes* ou *bassins*), il est possible de visualiser les résultats estimés par le modèle sous la forme d'un graphique. Il s'agit d'une représentation temporelle en un point, c'est à dire à un ordre de Strahler d'un objet bassin ou au point kilométrique pour un axe. L'objet à étudier peut être sélectionné au niveau d'une liste déroulante d'objets du découpage (« Axe ou BV »). L'ordre ou le pK d'étude sont sélectionnés au niveau d'une liste déroulante «pk ou ordre» mise à jour automatiquement par la sélection d'un objet. Enfin la variable à représenter est sélectionnable par simple clic sur des boutons.

Une méthode de sélection encore plus simple consiste à utiliser l'outil de sélection cartographique (matérialisé par un fanion rouge) et à sélectionner directement sur la carte (en s'aidant des outils de zoom et de déplacement) un point d'étude sur le réseau de découpage. Les informations d'objets et d'ordre ou de pK sont mises à jour automatiquement au niveau des listes déroulantes.



**Figure 8 :** Interface de visualisation des résultats en variations saisonnières

- **Confrontation des résultats avec des données de validation**

Pour confronter les résultats du modèle avec les données observées, il suffit de cocher la case « Données de validation ». Le système interroge alors les bases de données débits ou qualité ; si des données de validation existent pour l'année, le point et la variable d'étude, des points d'observations sont affichés en plus de la courbe de résultats du modèle. Les stations de validation pour lesquelles des données sont disponibles sont représentées au niveau de la carte et de la légende du graphique.

Par ailleurs, un «slider» permet de réguler l'échelle du graphique. Chaque variable a une échelle standard moyenne tentant de correspondre au maximum de situations. Cependant, en amont de réseau ou en se rapprochant de l'exutoire, les résultats, trop faibles ou trop grands par rapport à cette échelle, peuvent être illisibles. Cet outil permet donc d'ajuster l'échelle pour une meilleure visualisation.

- **Confrontation avec les résultats d'autres scénarios**

Lorsque d'autres scénarios ont été mis en œuvre au niveau du projet de modélisation (cf. 2.5.2.), leurs résultats peuvent être confrontés de la même manière aux résultats de la modélisation pour le scénario en cours. Il suffit pour cela de cocher la case « Multi-représentation » et de sélectionner le scénario à confronter dans liste déroulante rassemblant les autres scénarios du projet.

La courbe bleue sur la graphique représente les résultats du scénario en cours ; la courbe mauve représente les résultats du scénario de confrontation.

NB : seuls deux scénarios peuvent être confrontés simultanément.

- **Exportation des résultats**

Les résultats peuvent être exportés en cliquant sur le bouton « exporter ». L'utilisateur peut sauvegarder dans un fichier ascii (\*.txt) les résultats du graphique qu'il pourra retraiter par la suite dans un tableur. Le fichier ascii produit comporte une en-tête indiquant le projet, le scénario, l'objet, l'ordre ou le pK, et la variable de la modélisation. S'ensuit une ligne de champs avec le jour (année sur 360 jours), les résultats pour le scénario en cours, et le cas échéant un champ pour le scénario de confrontation et autant de champs que de stations de validation pour lesquelles des données d'observations sont disponibles.

Outre ce fichier, l'utilisateur peut réaliser une copie automatique d'écran de l'interface de visualisation au format bitmap (\*.bmp). Cette dernière solution présente l'intérêt d'exporter aussi la représentation cartographique, et donc la localisation de l'objet d'étude.

## 2.4.2. Résultats en profils longitudinaux

- **Sélection des objets à étudier**

L'interface des résultats en profils longitudinaux offre les mêmes fonctionnalités que l'interface des variations temporelles à la différence près que seuls les objets axes sont étudiés. Un projet faisant référence à un découpage de bassins uniquement ne permettra donc pas l'accès à cette interface. Pour chaque objet axe, il est donc possible de visualiser les résultats estimés par le modèle sous la forme d'un profil longitudinal. Il s'agit d'une représentation des débits ou concentrations le long d'un axe (pK par pK) à une décennie donnée. Si plusieurs axes sont présents au niveau du découpage, l'axe à étudier peut être sélectionné au niveau d'une liste déroulante d'objets du découpage (« Axe(s) »). « La distance » d'étude est sélectionnée au niveau de la liste déroulante « pK » pour le cas où l'utilisateur souhaite ne voir apparaître les résultats que jusqu'à un pK défini et non pour l'axe en entier. La décennie d'étude est sélectionnée au niveau de la liste déroulante « décennie ». Enfin la variable à représenter est sélectionnable par simple clic sur des boutons.

Une autre méthode de sélection consiste à utiliser l'outil de sélection cartographique (matérialisé par un fanion rouge) et de sélectionner directement sur la carte (en s'aidant des outils de zoom et de déplacement) l'axe et la distance d'étude sur l'axe d'étude sur le réseau de *découpage*. Les informations d'objets et de pK sont mises à jour automatiquement au niveau des listes déroulantes.

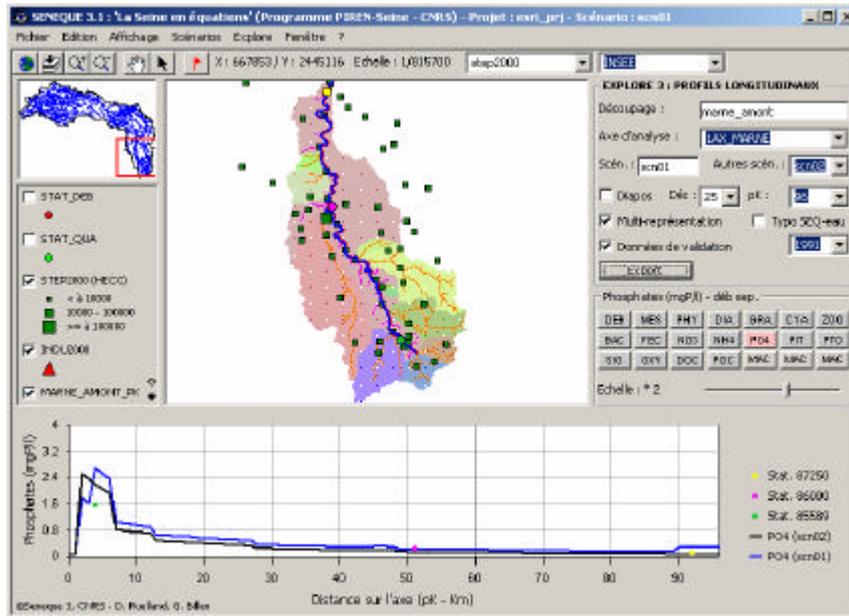


Figure 9 : Interface de visualisation des résultats en profils longitudinaux

- **Confrontation des résultats avec des données de validation**

Comme pour les *variations temporelles*, pour confronter les résultats du modèle avec les données observées, il suffit de cocher la case «Données de validation». Le système interroge alors les bases de données débits ou qualité ; si des données de validation existent pour la décade, l'axe et la variable d'étude, des points d'observations sont confrontés à la courbe du modèle. Les stations de validation pour lesquelles des données sont disponibles sont représentées au niveau de la carte et de la légende graphique. Un « slider » permet d'ajuster l'échelle pour une meilleure visualisation.

En cochant la case «diapos», l'utilisateur déclenche la visualisation automatique des débits ou concentrations décade après décade. Cet outil permet d'animer le graphique et d'observer les changements temporels sur l'axe d'étude.

- **Confrontation avec les résultats d'autres scénarios**

Lorsque d'autres *scénarios* ont été mis en œuvre au niveau du projet de modélisation (cf. 2.5.2.), leurs résultats peuvent être confrontés aux résultats de la modélisation pour le scénario d'étude de la même manière que pour les *variations temporelles*.

- **Exportation des résultats**

Les résultats peuvent être exportés en cliquant sur le bouton « exporter ». L'utilisateur peut sauvegarder dans un fichier ascii (\*.txt) les résultats du *profil* qu'il pourra retraiter par la suite dans un tableur. Le fichier ascii produit comporte un en-tête indiquant le projet, le scénario, l'objet, la décade et la variable de la modélisation. S'ensuit une ligne de champs avec le pK (distance étudiée sur l'axe), les résultats pour le scénario d'étude, et le cas échéant un champ pour les résultats du scénario de confrontation, un champ de données observées (données disponibles moyennées à la décade), et un champ indiquant les stations d'observations.

L'utilisateur peut aussi réaliser une copie automatique d'écran de l'interface de visualisation au format bitmap (\*.bmp), permettant d'exporter aussi la représentation cartographique, et donc la localisation de l'objet d'étude.

### 2.4.3. Résultats cartographiques

La représentation *cartographique* des résultats est sensiblement différente des deux représentations précédentes. Ce ne sont plus les résultats pour un objet particulier du découpage qui sont représentés mais l'ensemble des résultats à une décade donnée pour chaque objet du *découpage*, qu'il soit *bassin* ou *axe*. Dès lors, l'intervention de l'utilisateur se fait au niveau du choix de la décade d'étude (liste déroulante « Décades ») et de la variable d'étude par simple clic sur les boutons de variables.

La multi-représentation n'est pas possible comme pour les *variations saisonnières* et les *profils longitudinaux*. Par contre, l'utilisateur a la possibilité de charger à sa guise les résultats des autres *scénarios* du projet.

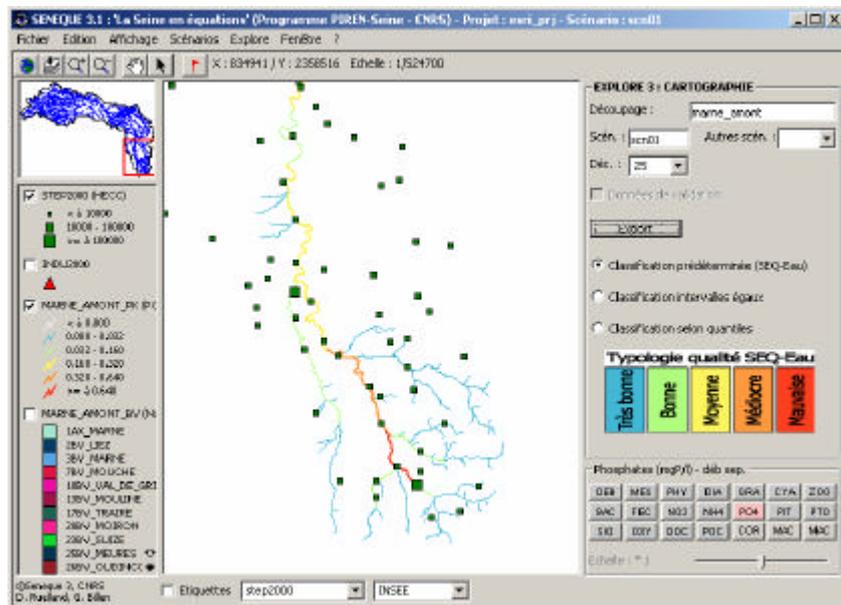


Figure 10 : Interface de visualisation des résultats en cartographie

Trois types de traitements statistiques peuvent être appliqués pour discrétiser les résultats en vue de leur représentation cartographique : une classification pré-déterminée qui discrétise les résultats selon une typologie qualitative SEQ-eau employée communément par les agences de l'eau, une classification en intervalles égaux et une classification selon les quantiles. Comme pour la visualisation des données (cf. 2.2.2.), l'utilisateur peut sélectionner les champs relatifs à la couverture de *découpage* de manière à visualiser sous forme d'étiquettes les valeurs des variables estimées par le modèle pour toute entité du réseau de *découpage*.

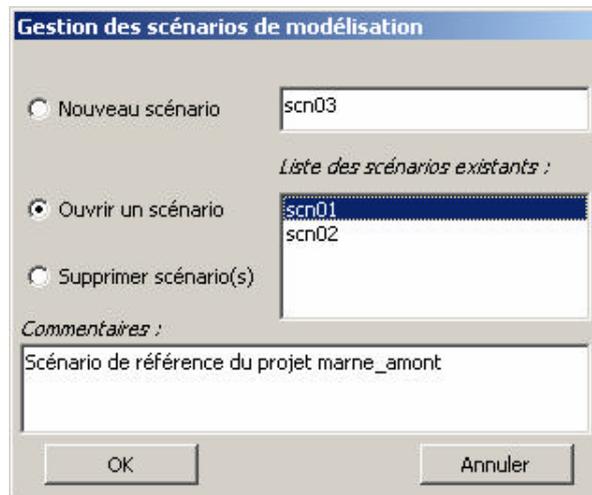
Les résultats peuvent être exportés en cliquant sur le bouton « exporter ». L'utilisateur peut sauvegarder les résultats de la cartographie à une décade donnée pour toutes les variables sous un format shapefiles compatible avec ArcView (\*.shp) ; il pourra alors utiliser cette couverture dans un progiciel SIG pour réaliser une cartographie à sa guise. L'utilisateur peut aussi réaliser une copie automatique d'écran de l'interface de visualisation au format bitmap (\*.bmp).

## 2.5 Gestion des projets et des scénarios de modélisation

Au lancement de SENEQUE 3 ou au moment de la visualisation des résultats, l'utilisateur a la possibilité d'ouvrir, de créer, ou de supprimer des *projets* ou des *scénarios* de modélisation.

### 2.5.1. Ouverture d'un *projet* existant

Au lancement de l'application, l'utilisateur peut choisir d'ouvrir un *projet* existant en le sélectionnant dans la liste des *projets* disponibles et en s'aidant de la description que le créateur en a faite. Une boîte de gestion des *scénarios* de modélisation associés au *projet* s'affiche alors. A partir du moment où un *projet* est créé, au moins un *scénario*, dit de référence, lui est associé mais d'autres *scénarios* peuvent aussi avoir été simulés pour ce projet (cf. 2.5.2.).



**Figure 11** : Boîte de gestion des *scénarios* d'un projet de modélisation

L'utilisateur est invité à créer un nouveau *scénario* ou à ouvrir ou supprimer un *scénario* existant. S'il choisit l'option d'ouverture, l'application charge l'interface des *variations temporelles*. L'utilisateur peut alors naviguer entre les différents types de représentation via le menu « explore » (cf. 2.4.).

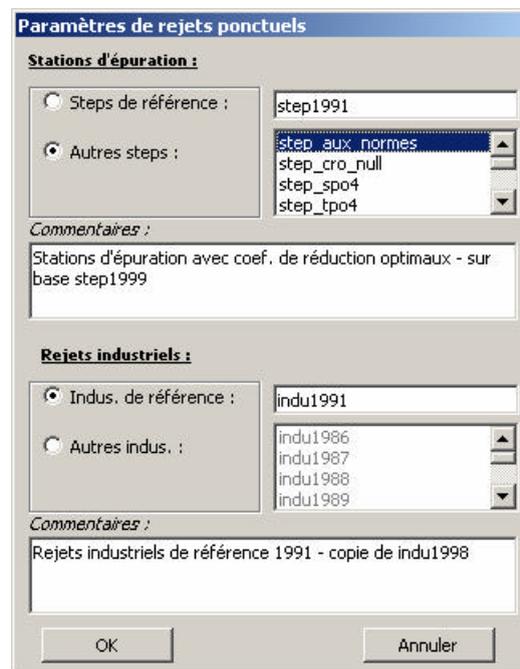
S'il choisit l'option de création d'un nouveau *scénario*, un nom de *scénario* incrémenté automatiquement d'un numéro est proposé (ex : SCN02, SCN03...). L'utilisateur peut renseigner un commentaire sur ce nouveau *scénario*, puis il accède à l'interface de visualisation des bases de données et de paramétrage des contraintes de modélisation vue (cf. fig. 4).

### 2.5.2. Création d'un nouveau scénario de modélisation

Dans ce cas de figure, il ne s'agit plus d'un scénario de référence. L'utilisateur peut toujours accéder aux deux options de paramétrage des contraintes (automatique par année, détaillée par thèmes). Il peut donc 1) soit choisir une année de sélection automatique différente de celle qui avait été utilisée pour le scénario de référence, 2) soit changer le paramétrage de tout ou partie des contraintes du scénario de référence. La première option s'apparente à celle vue en 2.2.4. pour le paramétrage automatique des contraintes du scénario de référence. Par contre, le paramétrage détaillé des contraintes qui, s'il est retenu, doit être exhaustif au scénario de référence, est libre pour les autres scénarios du projet. En effet, le système conserve les paramètres utilisés pour le scénario de référence et les rappelle au niveau des interfaces de paramétrage. Ainsi, l'utilisateur est libre de ne changer que certains paramètres. Il peut choisir par exemple un régime météorologique différent de celui relatif à l'année de

modélisation qui a servi pour le scénario de référence ou encore changer les performances des stations d'épurations. Le système ne calcule alors de fichiers de contraintes que pour les variables qui diffèrent du scénario de référence : ce sont ces fichiers associés à ceux du scénario de référence pour les variables inchangées qui serviront au calcul des résultats du nouveau scénario, les interfaces de visualisation des résultats permettant ensuite la confrontation avec les scénarios antérieurs. Cet accès au paramétrage du calcul des fichiers de contraintes offre le maximum de souplesse pour les simulations et la confrontation des simulations.

A titre d'exemple, le paramétrage des contraintes de simulation relatives aux rejets ponctuels se fait en cliquant sur la case à cocher « apports ponctuels » au niveau de l'interface des contraintes. Une nouvelle boîte de dialogue apparaît : elle indique les données de référence (STEP et rejets industriels) qui ont été utilisées lors du calcul du *scénario de référence* et une liste de nouvelles données d'entrées (fig. 12).



**Figure 12** : Paramétrage du calcul des contraintes de rejets ponctuels

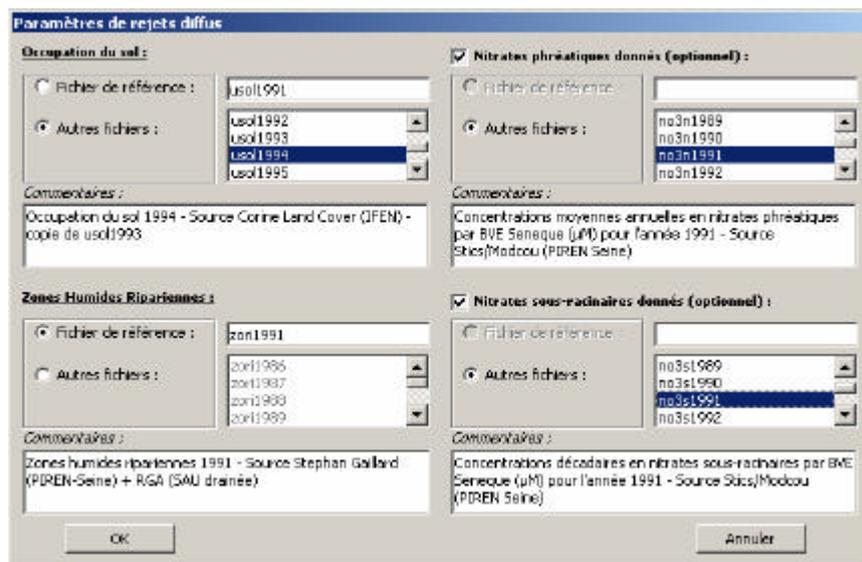
Comme mentionné au niveau de la structure physique des bases de données (cf. 3.), les données de STEP et de rejets industriels font référence à des couvertures géographiques de points auxquels sont associées des informations attributaires précises de rejets et de localisation par rapport aux entités du réseau hydrographique. Les nouvelles données d'entrée proposées sont donc toutes les couvertures géographiques disponibles dans la base respectant cette structure et qui ont été construites en dehors de l'application sur un progiciel SIG, puis stockées<sup>1</sup> sous un répertoire de l'application. Ainsi, sur la base d'une couverture existante, l'utilisateur peut avoir supprimé ou ajouté des points de STEP et/ou simplement avoir modifié les caractéristiques de fonctionnement au niveau des informations attributaires.

Au niveau de la boîte des rejets ponctuels (fig. 12), l'utilisateur peut choisir de conserver les données de référence rejets de STEP et d'industries. Dans ce cas les contraintes de rejets ponctuels pour le *scénario* en cours seront les mêmes que pour le *scénario de référence* et le système refuse de

<sup>1</sup> Ces couvertures de STEP et de rejets industriels sont accompagnées d'un fichier de métadonnées (\*.mtd) qui intègre notamment leur description. Se référer aux données existantes pour la nomenclature.

calculer à nouveau des contraintes déjà établies précédemment. A l'inverse, il peut choisir de mobiliser une nouvelle couverture de la bibliothèque et modifier ainsi les contraintes de modélisation liées aux STEP sans changer le paramétrage lié aux rejets industriels : le système indique que ce dernier est inchangé mais construira de nouveaux fichiers de contraintes d'apports ponctuels pour prendre en compte la modification d'entrée des STEP.

Le paramétrage des contraintes d'apports diffus se déroule de la même façon (fig. 13). Il se distingue néanmoins par la possibilité d'intégration de sorties d'autres modèles en NO<sub>3</sub> sous-racinaires et phréatiques. Cette possibilité est optionnelle et n'est offerte que si de telles bases de données existent sur le disque sinon elle est désactivée. Par défaut, elle n'est donc pas prise en compte lors du paramétrage automatique des données par année.



**Figure 13** : Paramétrage du calcul des contraintes de apports diffus

Une fois ce paramétrage réalisé, l'utilisateur fait recalculer à l'application les fichiers de contraintes (cf. 2.2.5.) pour les « inputs » qui ont été reparamétrés. Ainsi, si les données météorologiques d'entrée n'ont pas été changées, le système ne recalcule pas de fichiers de contraintes « météo » pour le scénario en cours. Par contre, dans notre exemple, de nouveaux fichiers de contraintes STEP seront calculés. En théorie, le calcul des fichiers de contraintes est plus rapide que pour le scénario de référence à moins que l'utilisateur ait reparamétré tous les « inputs », ce qui serait un non-sens.

Le système indique la fin du calcul des fichiers de contraintes. L'interface de pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique se charge (cf. 2.3.). L'utilisateur fait alors calculer de nouveaux fichiers de résultats pour le *scénario* en cours. Ce calcul mobilise donc à la fois les nouveaux fichiers de contraintes spécifiques au *scénario* en cours et qui viennent d'être créés et les fichiers de contraintes du *scénario de référence* pour les « inputs » dont le paramétrage est resté inchangé.

A la fin de l'opération de calcul des résultats, l'interface de visualisation des résultats *en variations saisonnières* se charge et l'utilisateur peut confronter les résultats du *scénario en cours* avec ceux du *scénario de référence* ou d'autres créés au préalable.

### 2.5.3. Navigation entre *projets* et *scénarios* et suppressions

Les boîtes de gestion des *projets* (fig. 1) et de gestion des *scénarios* (fig. 9) sont accessibles au lancement de l'application comme on vient de le voir mais aussi au moment de la visualisation des résultats à partir des menus « projet » et « scénario » de l'application.

L'utilisateur peut décider à partir de ces accès d'ouvrir un autre *projet* de modélisation, d'en créer un nouveau. Il peut encore décider de charger un autre *scénario* dans le *projet* en cours ou en créer un nouveau... etc.

Une autre fonctionnalité offerte par ces boîtes consiste à assurer la suppression des *scénarios* et des *projets* de modélisation. Cette opération est particulièrement importante car elle autorise d'une part l'utilisateur à gérer ses *projets* et d'autre part elle permet d'éviter un trop grand encombrement des disques. En effet, étant donné le nombre et la taille des fichiers produits lors des opérations de modélisation sous SENEQUE 3, il est judicieux de supprimer régulièrement les *projets* ou *scénarios* qui ne sont plus utilisés.

La suppression d'un *scénario* entraîne la destruction de tous les fichiers relatifs à ce *scénario* (fichiers de contraintes, fichiers de résultats...). Il n'est pas possible de supprimer le *scénario de référence* d'un *projet* de modélisation sauf à supprimer le *projet* lui-même.

La suppression d'un *projet* de modélisation entraîne la destruction de tous les fichiers relatifs à ce *projet* et donc de tous les *scénarios* de ce projet. Par contre le *découpage* mobilisé par le *projet*, parce qu'il peut servir à d'autres projets, est conservé dans une bibliothèque spécifique.

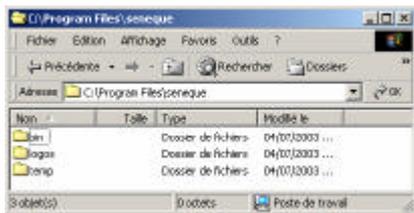
### 3. Les bases de données et leur visualisation

L'Applicatif SENEQUE 3 est livré avec un certain nombre de bases de données extraites de la base de données générale du PIREN-Seine centralisée à Jussieu. Elles sont structurées d'une manière précise et comportent déjà un certain nombre de prétraitements destinés à accélérer le fonctionnement de l'applicatif. On pourra se reporter à cette section de la notice pour les structures physiques de tout nouveau jeu de données SENEQUE à rassembler. Le jeu de données « Marne » respecte ces structures définies pour les besoins du logiciel SENEQUE 3 (Ruelland, 2003) et constitue de fait la référence pour toute autre zone. La conception de la base permet de gérer les variations spatio-temporelles des données. Ainsi, les noms de tables ou de couvertures peuvent changer en fonction des années. Sont indiqués avec \*<sup>1</sup>les noms invariants et stricts, \*\*<sup>2</sup>les noms variants par années XXXX et stricts, \*\*\*<sup>3</sup>les noms variables. Les données de type \*\* et \*\*\* doivent être accompagnées d'un fichier de métadonnées du même nom suivi de l'extension \*.mtd appelé par le système et renseignant de manière synthétique l'année de référence et la source de la donnée selon le format générique suivant :

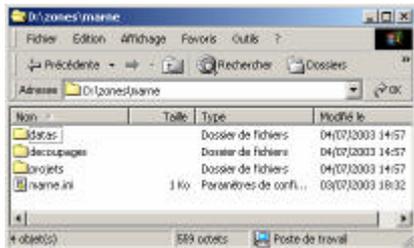
Ex :

```
©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2004
STEP avec coef. Réduc. Optim. (sur base step1999) ← ligne à
renseigner
```

#### 3.1. Organisation physique des données



Les fichiers nécessaires à l'applicatif sont situés dans le répertoire d'installation de SENEQUE (d'autres sont installés dans le système avec le setup d'install). L'exécutable SENEQUE se situe dans le répertoire '**bin**' qui contient aussi un fichier path.ini indiquant le chemin d'accès aux bases de données d'entrée pour la modélisation

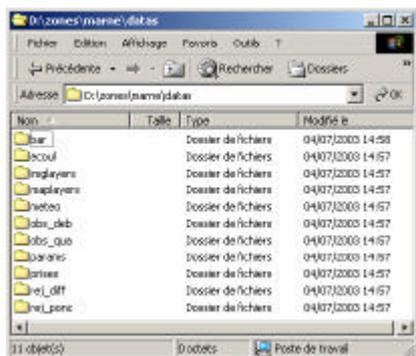


Les **bases de données d'entrées et de sorties** sont situées dans un dossier générique (de préférence au nom du bassin ex : d:\zones\marne\ ) n'importe où sur le disque (mentionner l'accès dans path.ini) sous le répertoire '**datas**'. Dans ce même dossier générique, on trouvera un dossier **decoupages** et un dossier **projets** permettant de stocker respectivement les découpages de plusieurs projets de modélisation et les fichiers relatifs aux différents projets de modélisation de l'utilisateur.

<sup>1</sup> Ces noms doivent être strictement respectés pour que l'applicatif puisse tourner

<sup>2</sup> Ces noms doivent être strictement respectés suivis de l'année XXXX pour que l'option de paramétrage automatique des contraintes par année puisse tourner

<sup>3</sup> Ces noms sont variables (éviter plus de 8 caractères) et ne sont mobilisables qu'avec l'option de paramétrage détaillé des contraintes



Ces bases respectent des structures physiques précises (présentées dans le détail ci-après) et sont archivées pour chaque zone d'étude selon des dossiers thématiques.

On distingue deux types de données d'entrées :

- les données géographiques (localisation spatiale des différents éléments pris en compte par le modèle).
- les données attributaires (tables associées par propriété aux données graphiques) ou tabulaires (tables ou fichiers non directement liés aux objets graphiques).

Toutes les données sont contenues dans des fichiers de type texte (format ASCII), des fichiers au format dbase, ou des shapefiles. Les coordonnées géographiques sont exprimées en Lambert II étendu.

## 3.2. Données météorologiques

### Zones météo

Localisation des stations météo et de leur aire de représentativité (ex : polygones de Thiessen ou maillage polygonal régulier).

<b>Couverture des zones météo</b>		Nom : <b>zone_meteo.shp*</b> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : Météo-France / ENSMP		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
CODE_STAT	STR	8		Identifiant zone météo
AREA_KM2	DEC	10	2	Surface de la zone en km <sup>2</sup>

### Données météo

Données journalières de pluviométrie et d'évapotranspiration potentielle

<b>Données météorologiques</b> Pas journalier (Une table par zone météo)		Nom : <b>Code_stat.dbf</b> (en référence au zonage météo)* Localisation : ..\datas\meteo\ Format : dBase Type : tabulaire Source : Météo-France / ENSMP Remarque : données rangées chronologiquement et concernant la même période pour toutes les stations (séries discontinues tolérées)		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
CODE_STAT	STR	8		Identifiant zone météo
DATE	STR	8		Date de la mesure
YEAR	ENT	4		Année
MONTH	ENT	2		Mois
DAY	ENT	2		Jour
PLU	DEC	6	2	Pluviométrie (mm/j)
ETP	DEC	6	2	Évapotranspiration (mm/j)

### 3.3. Données descriptives du réseau hydrographique

Les couvertures Hydro et Hydro\_bv représentent le réseau hydrographique et les bassins versants élémentaires correspondants. Ces deux couvertures doivent être topologiquement cohérentes : à un tronçon du réseau hydrographique doit correspondre un, et un seul, Bassin Versant Élémentaire (BVE) et inversement.

#### Arcs élémentaires du réseau hydrographique

Cette couverture renseigne la structure topologique des arcs constitutifs du réseau hydrographique, et un certain nombre de propriétés morphologiques des tronçons de cours d'eau correspondants.

<b>arcs élémentaires du réseau hydrographique</b>		Nom : <b>hydro.shp*</b> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : linéaire Source : PIREN-Seine d'après BD Carthage		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_HYD	ENT	10		Identifiant de l'arc
LIBRIV	STR	50		Nom simplifié de la rivière
FNODE	ENT	8		N° du nœud amont de l'arc
TNODE	ENT	8		N° du nœud aval de l'arc
STRAHLER	ENT	2		Ordre de Strahler de l'arc
VERDIN	ENT	10		Code Verdin
LEVEL	ENT	2		Niveau de classification Verdin
LENGTH_M	DEC	10	2	Longueur de l'arc en m
LENGTHD_KM	DEC	8	3	S des longueurs des arcs amont du drain en km
LENGTHB_KM	DEC	10	3	S des longueurs des arcs en amont en km
SLOPE_P	DEC	5	3	Pente en fraction
WIDTH_M	DEC	5	1	Largeur de la rivière en m
DEPTH_M	DEC	5	2	Profondeur de la rivière en m
SBV_KM2	DEC	10	3	Surface du bv à l'arc en km <sup>2</sup>

Des tables (optionnelles) d'écoulements en provenance de mesures ou de sorties d'autres modèles peuvent être mobilisées en liaison avec le réseau hydrographique (chaque arc doit être distingué par un écoulement décadaire de base et de surface). En ce cas, le calcul des écoulements par le modèle à partir des données météorologiques est court-circuité et ces données sont directement injectées dans le calcul.

<b>Tables (optionnelles)<sup>1</sup> d'écoulements</b>		Nom : <b>variable.dbf***</b> Localisation : ..\datas\ecoul\ Format : dBase Type : tabulaire Source : variable		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_HYD	ENT	10		Identifiant du tronçon de rivière en lien avec couverture hydro
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
ECS01LSK	DEC	8	3	Écoulements de surface à la décade 1 (en l/s/km)
...	...	...	...	...
ECS36LSK	DEC	8	3	Écoulements de surface à la décade 36 (en l/s/km)
ECB01LSK	DEC	8	3	Écoulements de base à la décade 1 (en l/s/km)

<sup>1</sup> Ces tables ne sont pas mobilisées lors de la sélection automatique des contraintes par années. Elles sont mobilisables dans le cadre du paramétrage détaillée des contraintes si elles existent.

...	...	...	...	...
ECB36LSK	DEC	8	3	Ecoulements de base à la décade 36 (en l/s/km)

### Bassins versants élémentaires

Cette couverture permet de délimiter le bassin versant propre de chaque arc. Elle est en lien avec des fichiers dBase renseignant par année les caractéristiques en occupation du sol, en composition lithologique, le % de linéaire des différents types de corridors fluviaux présents et l'importance du drainage agricole, pour chaque bassin versant élémentaire.

<b>Couverture des bassins versants élémentaires (BVE)</b>		Nom : <b>hydro_bv.shp*</b> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : PIREN-Seine		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec l'arc
AREA_M2	DEC	16	2	Surface du BVE en m <sup>2</sup>
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
SBV_KM2	DEC	10	3	Surface du bassin versant au BVE en km <sup>2</sup>

<b>Tables d'occupation du sol</b> (Une table par année)		Nom : <b>usolXXXX.dbf**</b> (ou <i>variable.dbf***</i> ) Localisation : ..\datas\rej_diff\usol\ Format : dBase Type : tabulaire Source : Corine Land Cover		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec couverture BVE
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
CL_1	DEC	5	3	Fraction du type d'ocsol 1 dans le BV
CL_2	DEC	5	3	Fraction du type d'ocsol 2 dans le BV
...	...	...	...	...
CL_24	DEC	5	3	Fraction du type d'ocsol 24 dans le BV
CL_25	DEC	5	3	Fraction du type d'ocsol 25 dans le BV

<b>Table de géologie</b>		Nom : <b>geol.dbf*</b> Localisation : ..\datas\rej_diff\geol\ Format : dBase Type : tabulaire Source : BRGM		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec couverture BVE
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
CL_1	DEC	5	3	Fraction du type de litho 1 dans le BV
CL_2	DEC	5	3	Fraction du type de litho 2 dans le BV
...	...	...	...	...
CL_24	DEC	5	3	Fraction du type de litho 24 dans le BV
CL_25	DEC	5	3	Fraction du type de litho 25 dans le BV

<b>Tables de zones humides riveraines</b>		Nom : <b>zoriXXXX.dbf**</b> (ou <i>variable.dbf***</i> ) Localisation : ..\datas\rej_diff\zori\ Format : dBase Type : tabulaire Source : BRGM		
---	--	---	--	--

(Une table par année**)		Format : dBase Type : tabulaire Source : PIREN-Seine		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec couverture BVE
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
CL_1	DEC	5	3	Fraction de linéaire concerné par le type 1 de ZHR
CL_2	DEC	5	3	Fraction de linéaire concerné par le type 2 de ZHR
...	...	...	...	...
CL_24	DEC	5	3	Fraction de linéaire concerné par le type 24 de ZHR
CL_25	DEC	5	3	Fraction de SAU drainée dans le bassin à l'année XXXX

<b>Tables (optionnelles)<sup>1</sup> de nitrates phréatiques</b>		Nom : <i>variable.dbf</i> *** (par convention <b>no3nXXXX.dbf</b> ) Localisation : ..\datas\rej_diff\no3n\ Format : dBase Type : tabulaire Source : Stics/Modcou - Ecole des Mines/PIREN-Seine ou AUTRES		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec couverture BVE
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
NO3N	DEC	8	2	Concentration moyenne annuelle NO3 phréatiques (µM)

<b>Tables (optionnelles)<sup>2</sup> de nitrates sous-racinaires</b>		Nom : <i>variable.dbf</i> *** (par convention <b>no3sXXXX.dbf</b> ) Localisation : ..\datas\rej_diff\no3s\ Format : dBase Type : tabulaire Source : Stics/Modcou - Ecole des Mines/PIREN-Seine ou AUTRES		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_BV	ENT	10		Identifiant du BVE en lien avec couverture BVE
SBD_KM2	DEC	8	3	Surface du BVE en km <sup>2</sup>
NO3S_1	DEC	8	2	Concentration décadaire moyenne (dec 1) NO3 sous-racinaires (µM)
NO3S_2	DEC	8	2	Concentration décadaire moyenne (dec 2) NO3 sous-racinaires (µM)
...	...	...	...	...
NO3N_35	DEC	8	2	Concentration décadaire moyenne (dec 35) NO3 sous-racinaires (µM)
NO3N_36	DEC	8	2	Concentration décadaire moyenne (dec 36) NO3 sous-racinaires (µM)

### Ouvrages hydrauliques

Il s'agit de la localisation et de la caractérisation des ouvrages de régulation de la profondeur des cours d'eau.

<b>Ouvrages hydrauliques</b>	Nom : <b>ouvrage.shp</b> * Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : PIREN-Seine d'après BD Carthage Remarque : les ouvrages hydrauliques sont obligatoirement accrochés sur
------------------------------	--

<sup>1</sup> Ces tables ne sont pas mobilisées lors de la sélection automatique des contraintes par années. Elles sont mobilisables dans le cadre du paramétrage détaillé des contraintes si elles existent.

<sup>2</sup> Ces tables ne sont pas mobilisées lors de la sélection automatique des contraintes par années. Elles sont mobilisables dans le cadre du paramétrage détaillée des contraintes si elles existent.

		le réseau hydrographique.		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_OUV	ENT	10		Identifiant de l'ouvrage
NAME	STR	50		Nom de l'ouvrage
TYPE_OUV	STR	3		Type ouvrage
CHUTE_M	DEC	5	2	Hauteur de chute en m
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc correspondant
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance de l'ouvrage par rapport au début de l'arc correspondant en m

### Usines de production d'eau potable prélevant sur les cours d'eau

<b>Prélèvements</b> (Une couverture par année**)	Nom : <b>prelXXXX.shp**</b> (ou <i>variable.dbf***</i> ) Localisation : ...\\datas\prises\prel\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : AESN Remarque : les prélèvements de surface sont obligatoirement accrochés sur le réseau hydrographique.			
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_PRE	ENT	10		Identifiant de l'ouvrage
NAME	STR	50		Nom de l'ouvrage
TYPE	STR	4		Prélèvement SURF ou SOUT
PRELEV	STR	3		Type AEP, IRR ou IND
DEB_M3S	DEC	6	2	Débit prélevé en m3/s

### Distribution des étangs et plans d'eau en connexion avec le réseau hydrographique

<b>Couverture des étangs</b>	Nom : <b>etang.shp*</b> Localisation : ...\\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : BD Carto			
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_ETG	ENT	10		Identifiant de l'étang
AREA_M2	STR	16	2	Surface en m <sup>2</sup>

### Position des prises et des restitutions des barrages réservoirs

<b>Couverture des barrages-réservoirs</b>	Nom : <b>bar_res.shp*</b> Localisation : ..\\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : AESN Remarque : les barrages-réservoirs sont obligatoirement accrochés sur le réseau hydrographique.			
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_BAR	ENT	10		Identifiant de l'ouvrage
NAME	STR	4		Nom de l'ouvrage
TYPE	STR	3		Type de connexion (PRI ou RES)
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc de prise ou de restitution
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance de la prise ou de la restitution sur l'arc en m

### Débits dérivés et restitués des barrages réservoirs

<b>Données ddr</b> (Un fichier par année** et par barrage)		Nom : <i>nom_barXXXX</i> .ddr** (en référence au nom du barrage-réservoir) Localisation : ..\datas\prise\ddr\ Format : fichier texte Type : tabulaire Source : IIBRBS		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
JOUR	ENT	3		Jour Julien
PRISE	DEC	5	1	Prise en m3/s
RESTI	DEC	5	1	Restitution en m3/s

### 3.4. Données relatives aux rejets ponctuels

**rejets urbains (les structures physiques de ces tables sont amenées à changer rapidement)**  
identification, localisation et caractérisation des rejets des collectivités

<b>Couverture des step d'une année</b> (Une couverture par année**)		Nom : <i>stepXXXX</i> .shp** (ou <i>variable.dbf***</i> ) Localisation : ..\datas\rej_ponc\step\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : AESN Remarque : les STEP ne sont pas obligatoirement accrochées sur le réseau hydrographique. La localisation du rejet apparaît uniquement dans la table attributaire		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_STE	ENT	10		Identifiant de la step
INSEE	STR	5		Numéro INSEE de la commune
COMMUNE	STR	50		Nom de la commune
CAPACITE	ENT	12		Capacité théorique en EQ
HECC	ENT	12		Capacité effective en EQ
COTE	STR	2		Type de traitement (B0, B1...) AESN
PENTMES	DEC	10	2	Pollution entrante MES Kg/j
PENTMO	DEC	10	2	Pollution entrante MO Kg02/j
PENTNR	DEC	10	2	Pollution entrante NR KgN/j
PENTMP	DEC	10	2	Pollution entrante MP KgP/j
CROMES	ENT	2		Coefficient de réduction MES %
CROMO	ENT	2		Coefficient de réduction MO %
CRONR	ENT	2		Coefficient de réduction NR %
CROMP	ENT	2		Coefficient de réduction MP %
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc de rejet correspondant
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance du rejet par rapport au début de l'arc correspondant en m

**rejets industriels (les structures physiques de ces tables sont amenées à changer rapidement)**

identification, localisation et caractérisation des rejets industriels non raccordés aux steps des collectivités

<b>Couverture des rejets industriels</b> (Une couverture par année**)		Nom : <i>induXXXX</i> .shp** (ou <i>variable.dbf***</i> ) Localisation : ..\datas\rej_ponc\indu\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : AESN		
--	--	---	--	--

		Format : shapefile Type : ponctuel Source : AESN Remarque : les rejets indus. ne sont pas obligatoirement accrochés sur le réseau hydrographique. La localisation du rejet apparaît uniquement dans la table attributaire		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_REJ	ENT	10		Identifiant du rejet industriel
INSEE	STR	5		Numéro INSEE de la commune
COMMUNE	STR	50		Nom de la commune
RAISON_SOC	STR	50		Raison sociale
RACCORD	STR	1		Raccordement aux STEP (O ou N)
POUTMES	ENT	10	2	Pollution sortante MES Kg/j
POUTMO	ENT	10	2	Pollution sortante MO Kg0 <sup>2</sup> /j
POUTNR	ENT	10	2	Pollution sortante NR KgN/j
POUTMP	ENT	10	2	Pollution sortante MP KgP/j
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc de rejet correspondant
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance du rejet par rapport au début de l'arc correspondant en m

### 3.5. Données de validation

Ces données ne sont pas directement utilisées pour les calculs de SENEQUE, mais pour la validation de leurs résultats.

#### Mesures de débit

<b>Couverture des stations de mesure de débit</b>		Nom : <i>stat_deb.shp</i> * Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : Banque hydro, AESN Remarque : les stations de débit doivent être accrochées sur le réseau hydrographique		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_DEB	ENT	10		Identifiant station
CODE_STAT	STR	8		Code station
NAME	STR	50		Nom station
SBV_KM2	DEC	10	3	Surface du BV au point en km <sup>2</sup>
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc correspondant
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance de la station par rapport au début de l'arc correspondant en m

<b>Mesures débits</b> (Une table par station de débits)		Nom : <i>Code_stat.dbf</i> * (en référence aux stations de mesure débits) Localisation : ..\datas\obs_deb\ Format : dBase Type : tabulaire Source : DIREN Remarque : données rangées chronologiquement		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
CODE_STAT	STR	8		Code station
DATE	STR	8		Date mesure
YEAR	ENT	4		Année mesure
DAY_JUL	ENT	3		Jour julien mesure

DEB_M3S	DEC	10	3	Débit en m3/s
DEC_NO	ENT	2		Numéro décade mesure
DEC_M3S	DEC	10	3	Débit décadaire moyen en m3/s

### Mesures de qualité de l'eau

<b>Couverture des stations de mesure de qualité</b>		Nom : <b>stat_qua.shp*</b> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : RNB, AESN, PIREN-Seine Remarque : les stations de qualité doivent être accrochées sur le réseau hydrographique		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
ID_QUA	ENT	10		Identifiant station
CODE_STAT	STR	8		Code station
NAME	STR	50		Nom station
SBV_KM2	DEC	10	3	Surface du BV au point en km <sup>2</sup>
ARC_REJET	ENT	10		Identifiant de l'arc correspondant
LEN_REJET	DEC	10	3	Distance de la station par rapport au début de l'arc correspondant en m

<b>Mesures qualité</b> (Une table par station de qualité)		Nom : <b>Code_stat.dbf*</b> (en référence aux stations de mesure qualité) Localisation : ..\datas\obs_qua\ Format : dBase Type : tabulaire Source : RNB + PIREN-Seine Remarque : données rangées chronologiquement ; -1.000000 → donnée absente (-999 pour T°C)		
<b>Nom du champ</b>	<b>Type</b>	<b>Larg.</b>	<b>Déci.</b>	<b>Description</b>
CODE_STAT	STR	8		Code station
DATE	STR	8		Date mesure
YEAR	ENT	4		Année mesure
MONTH	ENT	2		Mois mesure
DAY	ENT	2		Jour mesure
DAY_JUL	ENT	3		Jour julien mesure
TEMP	DEC	7	2	T°C eau
PH	DEC	7	2	pH
MES	DEC	12	6	MES (mg/l)
DBO	DEC	12	6	DBO (mg O <sub>2</sub> /l)
DCO	DEC	12	6	DCO (mg O <sub>2</sub> /l)
COD	DEC	12	6	COD (mg C/l)
FEC	DEC	12	6	Coliformes fécaux (nb/l)
NH4	DEC	12	6	Ammonium (mg NH <sub>4</sub> /l)
NO2	DEC	12	6	Ammoniac (mg NO <sub>2</sub> /l)
NO3	DEC	12	6	Nitrates (mg NO <sub>3</sub> /l)
SIO	DEC	12	6	Silice (mg SIO <sub>2</sub> /l)
OXY	DEC	12	6	Oxygène (mg O <sub>2</sub> /l)
PTO	DEC	12	6	Phosphore total (mgP/l)
PIT	DEC	12	6	PIT (mgP/l)
PO4	DEC	12	6	Phosphates (mp PO <sub>4</sub> /l)
PHY	DEC	12	6	Phytoplancton (µgChla/l)

### 3.6. Données d'affichage

Ces couvertures sont nécessaires pour permettre une restitution cartographique des bases de données originales utilisées par SENEQUE 3. Elles sont redondantes avec certaines informations déjà intégrées par prétraitement à d'autres fichiers décrit plus haut, en vue d'optimiser le fonctionnement de l'applicatif.

<b>Couverture de la limite du bassin</b> Il s'agit d'une agrégation des bassins de la couverture de hydro_bv.shp		Nom : <b>limite.shp*</b> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : PIREN-Seine		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_LIM	ENT	1		Identifiant du BV
SBV_KM2	DEC	10	3	Surface du bassin versant en km <sup>2</sup>

<b>Couverture hydrogéologique</b>		Nom : hydrogeo.shp* Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : BRGM – Piren-Seine		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_GEO	ENT	10		Identifiant
AREA_KM2	DEC	12	3	Surface en km <sup>2</sup>
ETAGE	STR	100		Étage géologique
FACIES	STR	100		Faciès
PERMEABI	STR	20		Perméabilité
CODE_PER	DEC	2		Code perméabilité
LEGEND	STR	30		Intitulé de légende SENEQUE

<b>Couverture de l'occupation du sol</b>		Nom : landuse.shp* Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : surfacique Source : IFEN (www.ifen.fr)		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
ID_LAN	ENT	10		Identifiant
AREA_KM2	DEC	12	3	Surface en km <sup>2</sup>
CLC1	ENT	1		Classification Corine Landcover niveau 1
CLC2	ENT	2		Classification Corine Landcover niveau 2
CLC3	ENT	3		Classification Corine Landcover niveau 3
LEGEND	STR	30		Intitulé de légende SENEQUE

Le répertoire 'imglayers' contient en outre une image JPEG du MNT de la zone (mnt.jpg). Cette couche n'est utilisée que pour l'affichage.



## 4. Références

- Billen G., Garnier J., Hanset P. (1994). *Modelling phytoplankton development in whole drainage network : the RIVERSTRAHLER Model applied to the Seine river system*. Hydrobiologia, n°289, pp. 119-137
- Billen G., Garnier J. (1999). *Nitrogen transfers through the Seine drainage network : a budget based on the application of the RIVERSTRAHLER Model*. Hydrobiologia, n°410, pp. 139-150.
- Billen G., Garnier J., Ficht A., Cun C. (2001). *Modeling the response of water quality in the Seine river Estuary to human activity in its watershed over the last 50 years*. Estuaries, vol. 24, n°. 6B, pp. 977-993.
- Garnier J., Billen G., Coste M. (1995). *Seasonal succession of diatoms and chlorophyceae in the drainage network of the Seine river : observations and modeling*. Limnology and Oceanography n°40, pp. 750-765.
- Garnier J., Billen G., Palfner L. (2000). *Understanding the oxygen budget and related ecological processes in the river Mosel : the RIVERSTRAHLER approach*. London : Hydrobiologia n°410, pp. 151-166.
- Ruelland D., Billen G. (2002). *Applicatif SENEQUE 3 - Notice de développement*. Paris : Programme PIREN-Seine, CNRS, 46 p.
- Ruelland D., Billen G. (2003). *SENEQUE 3, un logiciel SIG de modélisation prospective de la qualité des eaux de surface*. Paris : Programme PIREN-Seine, CNRS, 10 p.
- Ruelland D., (2003). *Intégration d'un Système d'Information Géographique et d'un modèle hydrologique*. Colloque international : Géomatique et applications, apports des SIG au monde de la recherche, Orléans, 13-14 mars 2003, à paraître. 12 p.