



Programme 'PIREN-Seine'

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

Applicatif SENEQUE 3.4

notice d'utilisation

février 2007

Denis Ruelland¹, Marie Silvestre², Vincent Thieu², Gilles Billen²

¹. UMR 5569, Hydrosociences (CNRS/Montpellier2), Montpellier

². UMR Sisyphe, UPMC/CNRS, Paris

Sommaire

1. Introduction.....	3
1.1. Riverstrahler.....	3
1.2. L'Applicatif SENEQUE 3	5
2. Fonctionnalités et déroulement d'une session de modélisation-type	6
2.1. Accès aux bases de données	7
2.2. Création d'un projet de modélisation.....	7
2.3. Pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique	14
2.4. Visualisation des résultats	14
2.5. Gestion des projets et des scénarios de modélisation.....	19
2.6. Gestion des erreurs et création automatique d'un journal.....	20
3. Les bases de données et leur visualisation	21
3.1. Organisation physique des données	21
3.2. Données météorologiques	22
3.3. Données descriptives du réseau hydrographique	22
3.4. Données relatives aux rejets ponctuels	28
3.5. Données de validation.....	30
3.6. Données d'affichage	31
4. Fonctionnement et paramétrage de Riverstrahler.....	33
4.1. Création et structure des fichiers contraintes pour Riverstrahler	33
4.2. Calcul du fonctionnement biogéochimique par Riverstrahler.....	43
Références.....	48

1. Introduction

1.1. Riverstrahler

Riverstrahler est un modèle générique de modélisation de la qualité de l'eau et du fonctionnement biogéochimique des grands réseaux hydrographiques. Il a été développé d'abord sur la Seine, dans le cadre du programme PIREN-Seine (Billen et al., 1994, Garnier et al., 1995, Billen & Garnier 2000), puis a été appliqué à divers autres grands bassins fluviaux, comme la Moselle (Garnier et Billen, 2000), le Danube (Garnier et al., 2002), le Fleuve Rouge (Garnier et al., 2002), ...

Riverstrahler permet le calcul des variations géographiques et saisonnières (avec une résolution décennale) 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, Riverstrahler 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 Riverstrahler 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 le modèle 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 (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , PIP, SiO_2 , BSi), en matières en suspension et en carbone organique dissous et particulaire (3 classes de biodégradabilité). Les compartiments biologiques sont représentés par 3 classes taxonomiques d'algues (diatomées, chlorophycées,

cyanobactéries), 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 sont également prises en compte en temps que variables d'état. Le modèle considère également des variables benthiques (matière organique benthique, phosphore inorganique particulaire, silice biogénique benthique)

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, Figure 1) est donc utilisé pour toutes les composantes de l'hydrosystème. La plupart des paramètres cinétiques caractérisant ces processus sont fixés a priori, à partir d'observations ou d'expérimentations de terrain ou de laboratoire, et ne font donc l'objet d'aucune procédure de calage.

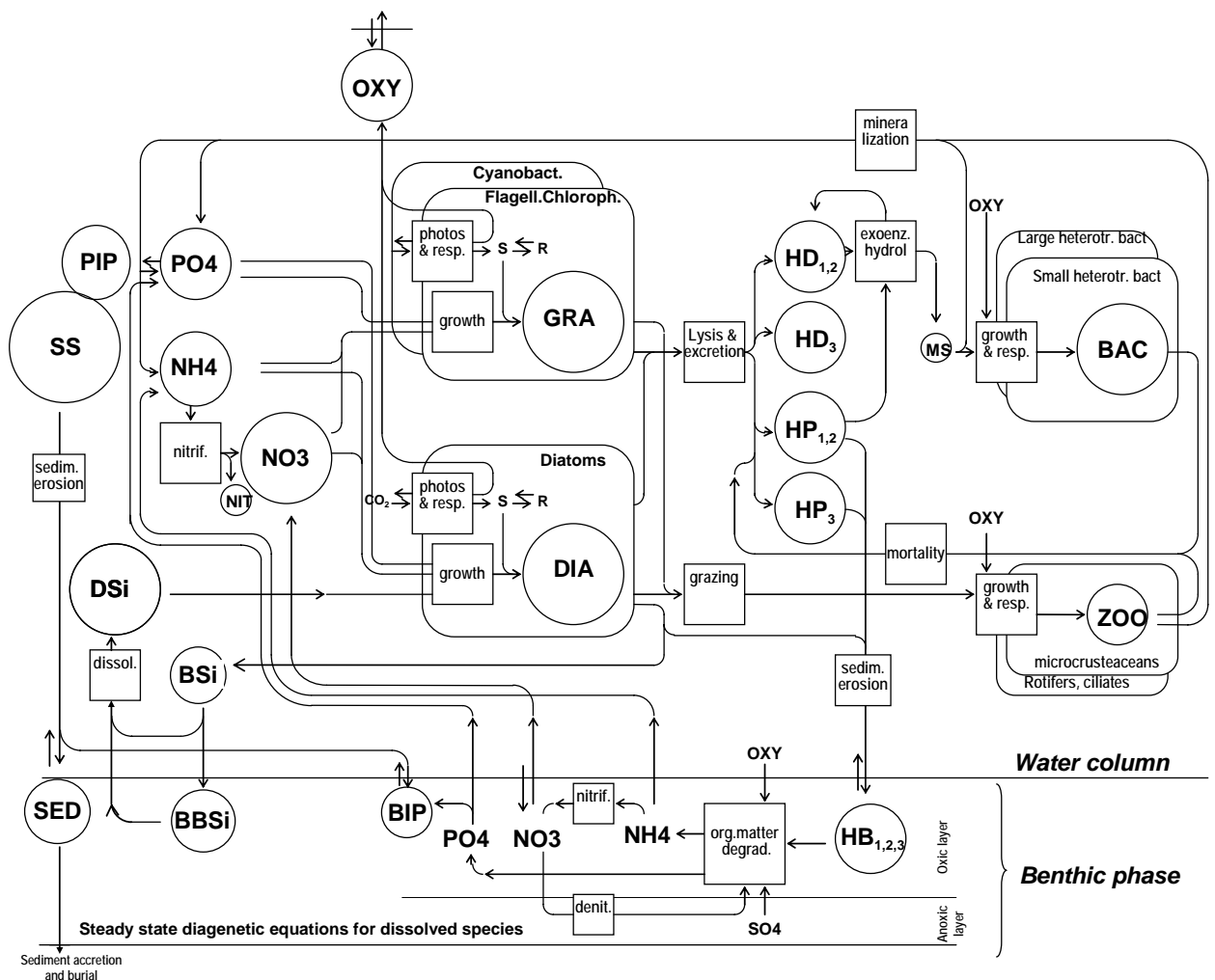


Figure 1. Représentation schématique du modèle RIVE des processus biogéochimiques dans les réseaux hydrographiques.

1.2. L'Applicatif SENEQUE 3

La principale limitation des versions précédentes du modèle Riverstrahler résidait dans le peu de souplesse laissé à l'utilisateur pour la définition du niveau de résolution spatiale du modèle. La lourdeur des opérations nécessaires pour constituer les fichiers de contraintes relatifs à un découpage donné de l'espace rendait difficile de modifier ce découpage en fonction de la définition du problème posé.

En permettant le géoréférencement et la structuration sous SIG des bases de données mobilisées pour définir les contraintes s'exerçant sur un bassin fluvial, l'applicatif SENEQUE a permis d'introduire une bien plus grande souplesse dans la définition de l'espace sur lequel s'applique le modèle Riverstrahler. SENEQUE a donc rendu possible le couplage direct de Riverstrahler à une base de données sous SIG (Ruelland, 2004). L'applicatif permet donc une véritable spatialisation de l'application du modèle Riverstrahler, en permettant d'adapter la résolution spatiale en fonction de 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 l'ensemble SENEQUE/Riverstrahler 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. Grâce à cette intégration, il a été possible de montrer que les résultats de qualité d'eau à l'exutoire d'un bassin sont largement indépendants de la résolution spatiale choisie pour mettre en œuvre le modèle Riverstrahler (Ruelland et al., 2007).

En pratique, l'applicatif SENEQUE 3 offre un interface utilisateur permettant à la fois de *visualiser et d'intégrer* un grand nombre des informations présentes dans la Base des Données, 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*.

L'Applicatif a été développé dans l'environnement de programmation de 4^{ème} génération alliant le Visual Basic et les potentialités SIG offertes par les modules MapObject. Il peut donc utiliser ou produire directement des fichiers au format d'Arc Info et d'Arc View. 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;

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'Arc-View.

(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 stockées 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.

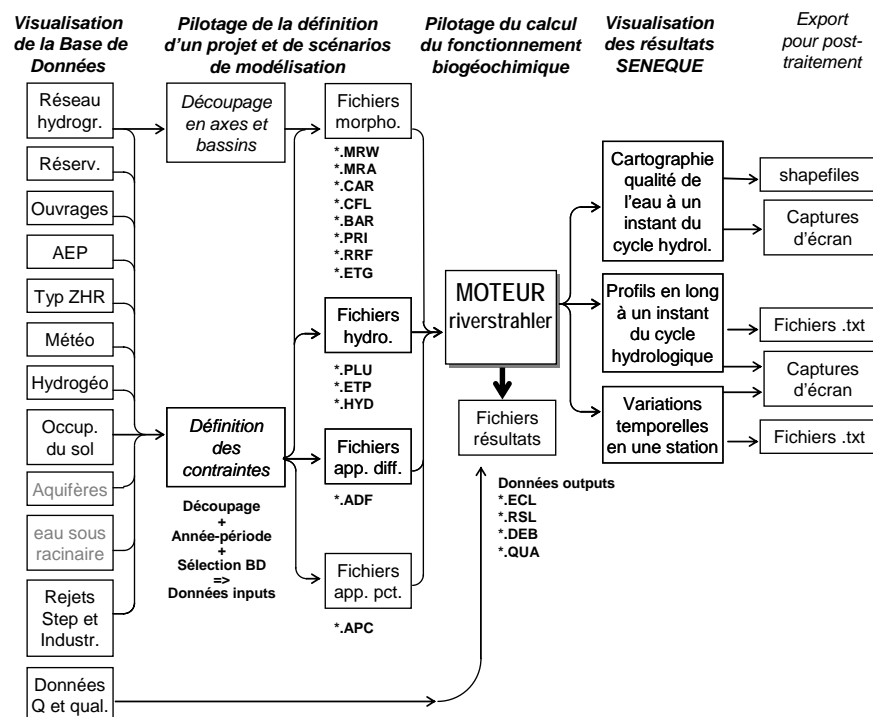


Figure 2.1. Organisation générale des fonctionnalités de l'applicatif SENEQUE

2.1. Accès aux bases de données

L'Applicatif est conçu de manière tout à fait générique pour pouvoir fonctionner sur tout bassin versant pour lequel une base de données correctement structurée est disponible. Les structures physiques requises pour ce jeu de données sont décrites plus loin dans cette notice. Un même utilisateur peut ainsi disposer de plusieurs jeux de données correspondant à différents bassins hydrographiques. Toute session d'utilisation de SENEQUE nécessite donc de désigner le nom et l'endroit de stockage sur le disque du jeu de données concerné. Il s'agit pour ce faire de renseigner un fichier *path.ini* situé dans le dossier 'bin' de l'application. Le fichier est structuré comme suit :

```
©SENEQUE; 3 - D.RUELLAND, G.BILLEN - CNRS  
Chemin d'accès aux bases de données : ex : d:\marne  
D:\dataseneque\seine  
Bassin Seine nouveau jeu nov 2006
```

En pratique, une fenêtre de dialogue de SENEQUE avertit l'utilisateur du jeu de données précédemment renseigné dans le fichier *path.ini* et, si l'utilisateur souhaite modifier ce choix, ouvre une fenêtre de navigation pour pointer le nouveau fichier *nom_bassin.ini* situé à la racine du jeu de données souhaité.

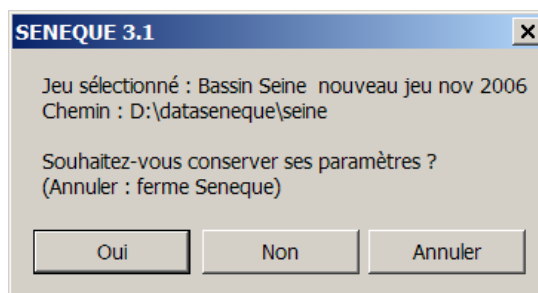


Fig. 2.2. Fenêtre de dialogue pour la désignation du jeu de données concerné par la session à ouvrir.

2.2. Création d'un projet de modélisation

Dans la philosophie de Seneque 3.4, un *projet* de modélisation est un ensemble de scénarios comparatifs simulés par le modèle. Il est défini par l'étendue géographique de la zone d'étude, et par le choix de son découpage en arc et sous-bassins.

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. 2.3 : 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.

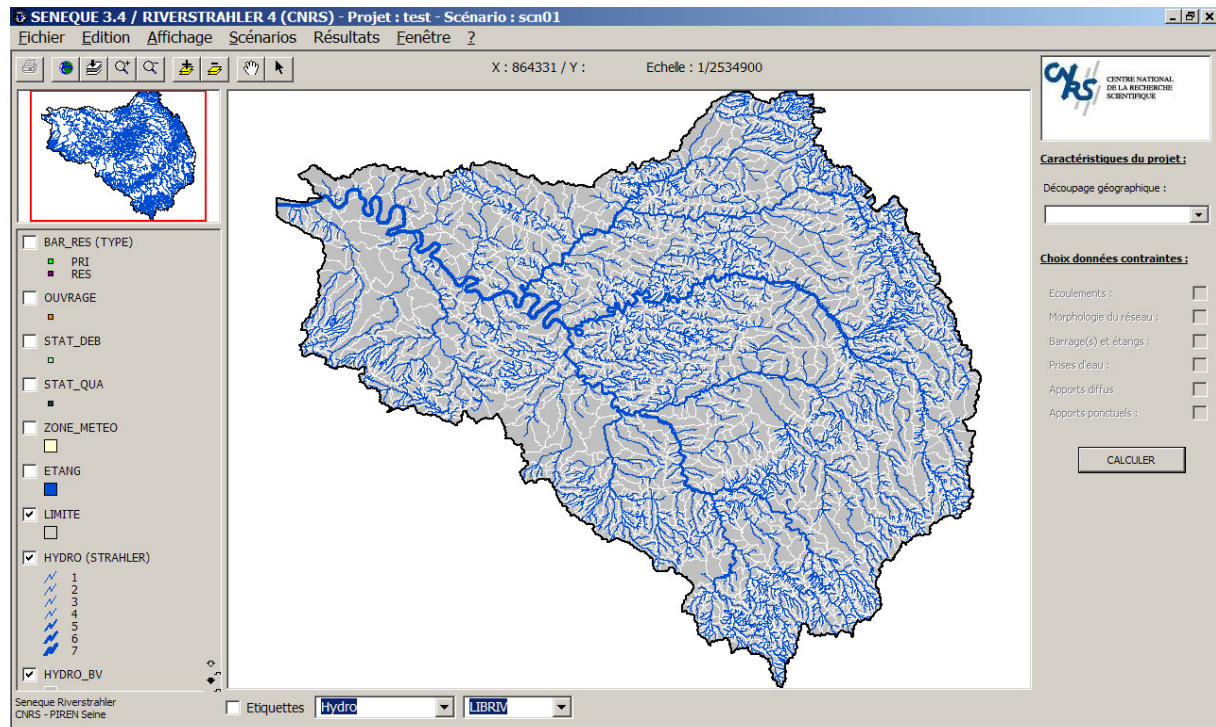


Figure 2.4 : Interface de visualisation des données et du paramétrage des contraintes

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.

L'utilisateur peut également décider à ce stade d'afficher d'autres couches d'information que celles contenues dans le jeu de données SENEQUE proprement dit, grâce au bouton



Une fenêtre d'exploration permet de désigner la couche SIG requise. Elle doit avoir le même système de projection que les couches du jeu de données (Lambert II étendu pour les jeux fournis avec l'application).

Une couche indiquant par exemple les principales villes du bassin, ou le réseau routier, peut ainsi être rendue visible pour mieux définir son projet de modélisation ou en analyser les résultats.

Pour enlever une telle couche optionnelle, on utilise à l'inverse le bouton



2.2.3. Délimitation spatiale du champ de modélisation

A ce stade, il s'agit de définir le *découpage* géographique de l'espace à modéliser et son découpage en axes et sous-bassins, qui sera commun à tous les scénarios du projet.

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^{aire}). 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.

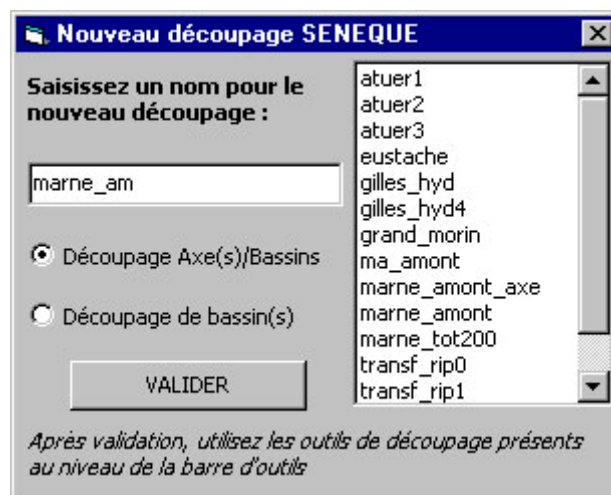


Figure 2.5 : Boîte de création des découpages de modélisation

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'appli propose alors des outils de sélection semi-automatiques (au niveau de la barre d'outils ; cf. fig. 2.6) 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 choisi 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 2.6 : Boîte de paramétrage pour la sélection automatique de bassins

Quelque soit la méthode de découpage (automatique ou semi-automatique), le système produit (en plus de la couverture de découpage réseau) une 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. Ce scénario (qui porte le numéro scn01 au sein du projet) définira par défaut les contraintes des autres scénarios de ce projet si elles ne sont pas spécifiées. Au stade du scénario de référence, les contraintes doivent être définies de manière exhaustive, concernant les aspects suivants (Figure 2.7):

- L'hydrologie (écoulements)
- Les barrages-réservoirs
- Les prises d'eau
- Les apports diffus
- Les apports ponctuels

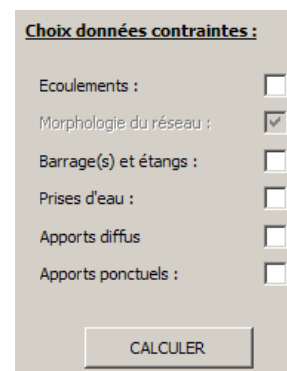


Figure 2.7. Choix des données de contraintes

En ce qui concerne les **écoulements**, la boîte de dialogue propose soit de désigner une « *année climatique* » (auquel cas, les écoulements seront calculés par le modèle Hydrostrahler à partir des

données de pluviométrie et d'évapotranspiration disponibles dans la base météo du jeu de données), soit de faire appel directement à une base de donnée « *écoulements* » précalculée par exemple à l'aide du logiciel HYDROCAL (ou de n'importe quel autre modèle hydrologique).

Paramètres de calcul des écoulements

Année climatique :

Année de référence :

Autre année : 2004
2003
2002

Commentaires :

Base de données "écoulements" :

Fichier de référence :

Autre fichier : debi1991
debi1992
debi1993

Commentaires :

OK Annuler

Figure 2.8. Boîte de dialogue pour la sélection du mode de calcul des écoulements.

En ce qui concerne les **barrages réservoirs**, il suffit de spécifier le nom des fichiers de résultats de qualité d'eau des barrages réservoirs concernés par le scénario dans la liste des fichiers disponibles.

Les contraintes '**prises d'eau**' concerne deux types de prélèvement hydrologiques, les prélèvements d'AEP et les dérivations destinées à l'alimentation des barrages réservoirs.

Paramètres de prises d'eau

Prélèvements d'eau (AEP, irrigation, industrie) :

Fichier de référence :

Autres fichiers : prel1999

Commentaires :

Débits dérivés de barrage(s) :

Année de référence :

Autre année : 1993
1994
1995

Commentaires :

OK Annuler

Figure 2.9. Boîte de dialogue pour la sélection des contraintes relatives aux prises d'eau.

En ce qui concerne les **apports diffus** (Fig. 2.10), il s'agit de renseigner tout d'abord la base de données 'usage du sol' à partir de laquelle seront calculés les concentrations sous-racinaires et phréatiques de chaque variable dans chaque objet du découpage choisi. Les classes d'usage du sol renseignées dans cette base correspondent à des concentrations types définies dans le fichier paramètre *usol.cle*. Une alternative à cette procédure, en ce qui concerne les nitrates, peut consister à choisir de faire appel à des bases de données distinctes de concentrations sous-racinaires et de concentrations phréatiques si elles sont disponibles dans le jeu de données (issues par exemple d'autres modèles de sol et d'aquifères). Dans tous les cas, il faut aussi désigner la couche de zones humides riveraines à partir de laquelle, et du fichier paramètre *zori.cle*, sera calculée la rétention riparienne.

Figure 2.10. Boîte de dialogue relative au choix des contraintes liées aux apports diffus

Le choix des contraintes en termes d'**apports ponctuels** consiste dans la sélection des fichiers de rejets des stations d'épuration et de rejets industriels (Fig. 2.11).

En ce qui concerne les premiers, deux options de calcul sont offertes. La première consiste à utiliser données de pollution traitée (Pollution entrante) et de coefficient de réduction telles qu'elles sont renseignées dans les fichiers fournies par les Agences de l'Eau ; la seconde consiste à utiliser seulement les données de charge (en équivalent habitant) et de type de traitement, pour calculer alors les flux déversés à partir des charges spécifiques par habitant correspondant à chaque type de traitement définies dans le fichier paramètre *apponct.cle*. Remarquons qu'en ce qui concerne les rejets de nitrates et de bactéries fécales, qui ne sont pas renseignés dans les fichiers des Agences, c'est cette deuxième procédure qui est utilisée de toute façon.

Figure 2.11. Boîte de dialogue pour la sélection des données de rejets ponctuels

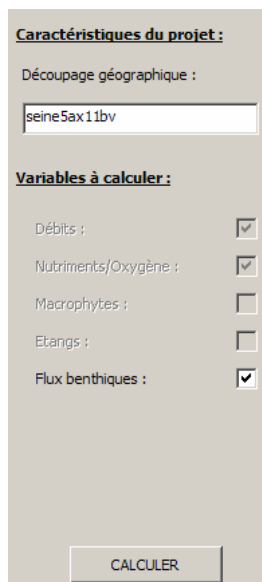
2.2.5. Lancement du calcul des fichiers de contraintes

Une fois le *découpage* défini et l'année de modélisation pour le scénario de référence sélectionnée, l'utilisateur clique sur le bouton « calculer » de l'interface (Fig. 2.4 et 2.7). Il déclenche ainsi le calcul des fichiers de contraintes qui seront mobilisées par le modèle Riverstrahler (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 (Fig. 2.12).



Caractéristiques du projet :

Découpage géographique :

seine5ax11bv

Variables à calculer :

Débits :

Nutriments/Oxygène :

Macrophytes :

Etangs :

Flux benthiques :

CALCULER

Figure 2.12 : Interface de pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique

Cette interface permet de spécifier certaines options de calculs réalisés par Seneque. A ce jour, seule l'option de prendre en compte ou non les flux benthiques est ouverte à l'utilisateur. Par défaut, ces flux sont pris en compte.

L'utilisateur déclenche 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 temps de calcul des fichiers de résultat de la modélisation est variable et des barres de progression indiquent l'état d'avancement des calculs.

Pour chaque objet (axe ou bassin) du découpage, Riverstrahler crée deux fichiers de résultats, l'un (*.RSL) relatif aux variables planctoniques, l'autre (*.RSB) relatif aux variables benthiques.

2.4. Visualisation des résultats

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

3 types de visualisation sont possibles :

- *variations temporelles* (pour découpages de type « axe(s)/bassins » et « bassin(s) ») avec possibilité de confrontation aux données observées disponibles dans la base,
- *profils longitudinaux* (pour découpages de type « axe(s)/bassin(s) » uniquement) avec confrontation aux données observées,
- *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 « Résultats » 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 en un 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 les boutons d'un clavier situé en bas à droite de l'écran.

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.

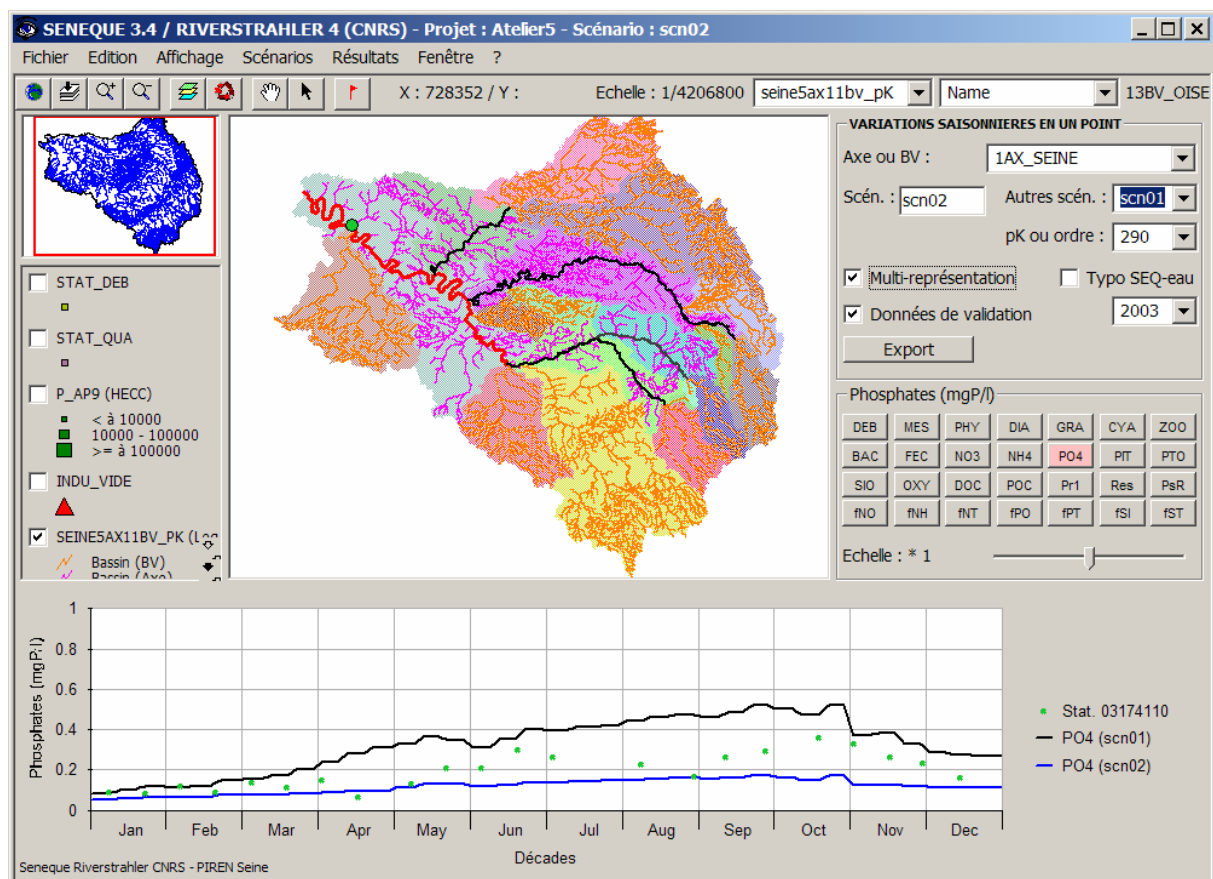


Figure 2.13 : Interface de visualisation des résultats en variations saisonnières

- **Confrontation 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. plus loin), 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 noire représente les résultats du scénario de confrontation. 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 (matérialisée 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.

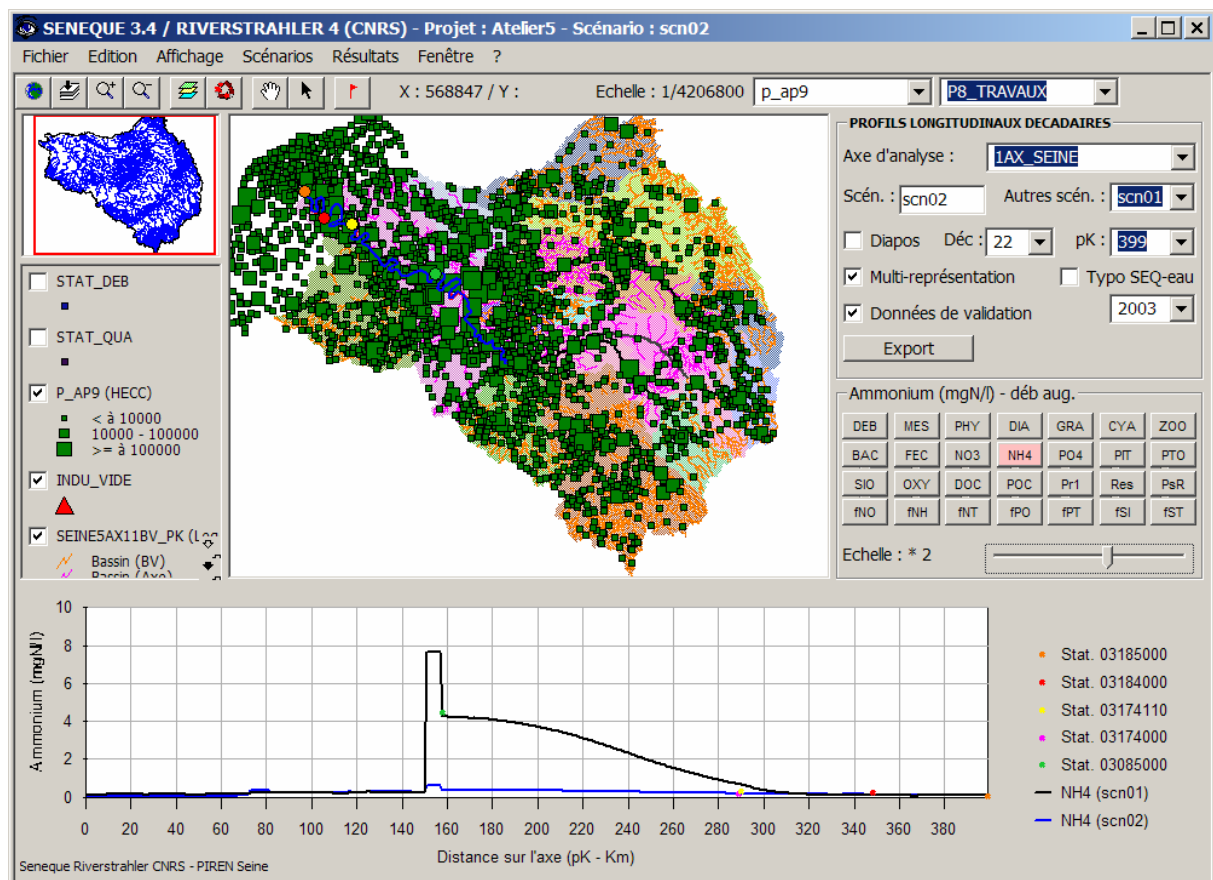


Figure 2.14 : Interface de visualisation des résultats en profils longitudinaux

- **Confrontation 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 du 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, 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 une 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.

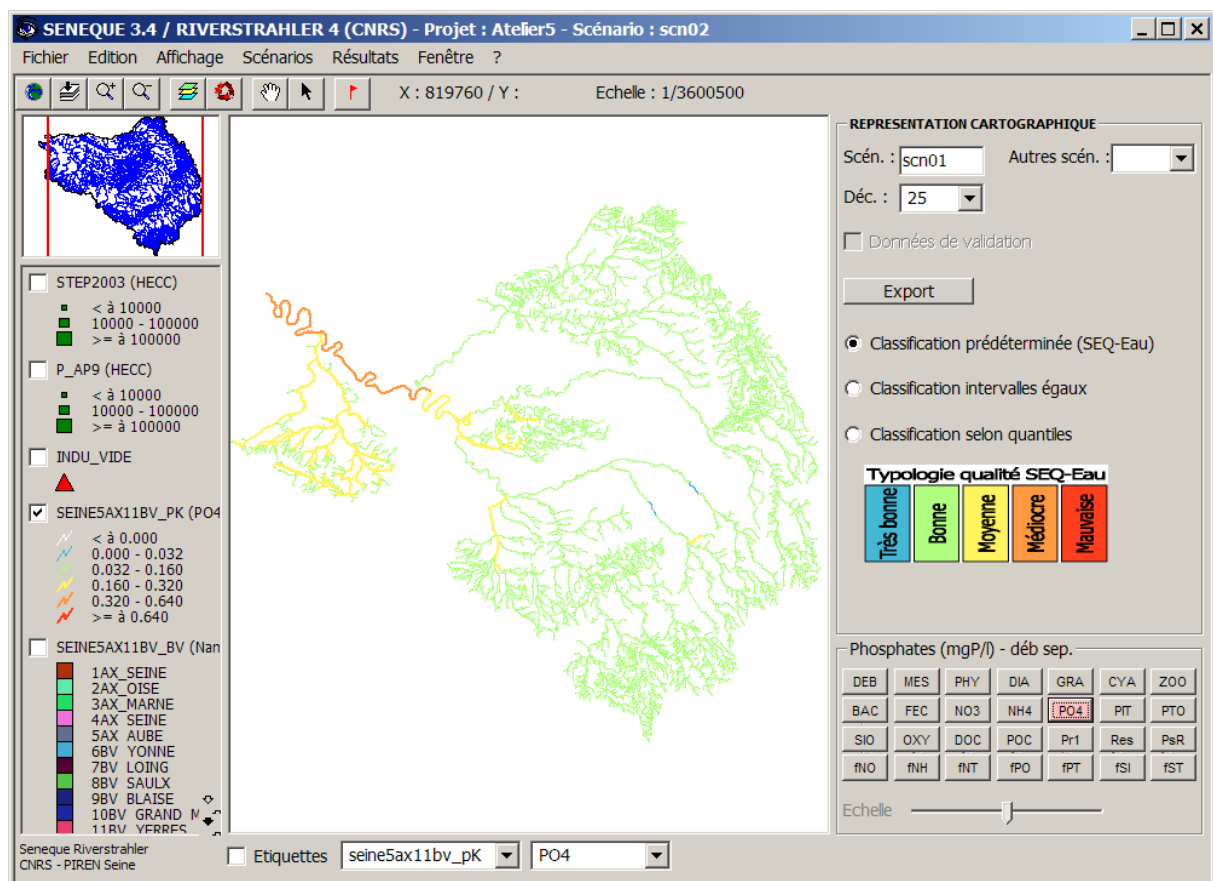


Figure 2.15 : Interface de visualisation des résultats en cartographie

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, 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 3.4 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.

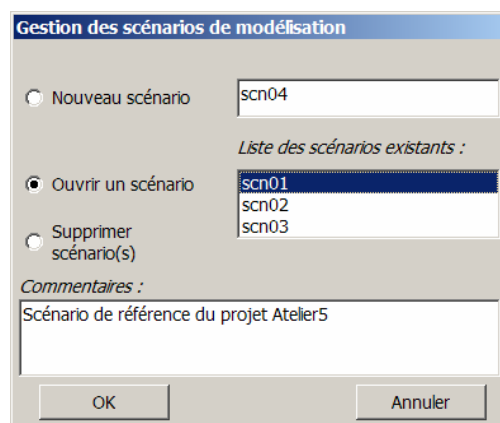


Figure 2.16 : Boîte de gestion des *scénarios* d'un projet de modélisation

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 « Résultats ».

2.5.2. Création d'un nouveau scénario de modélisation

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 précédemment décrite.

Dans ce cas de figure, il ne s'agit plus d'un scénario de référence. L'utilisateur peut donc se contenter de définir les contraintes modifiées par rapport au scénario de référence préalablement calculé lors de la création du projet. Les contraintes non spécifiées seront prises identiques à celles du scénario de référence. Le déclenchement du calcul des contraintes commande donc seulement le calcul des nouvelles contraintes imposées. Le système indique la fin de ce calcul des contraintes et l'interface de pilotage du calcul du fonctionnement biogéochimique se charge. 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. Suppressions de projets et scénarios

Une autre fonctionnalité offerte par la boîte de gestion des scénarios 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 3.4, 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, et ne peut être éliminé que manuellement.

2.6. Gestion des erreurs et création automatique d'un journal

A chaque session d'utilisation de Seneque, un journal de bord retraçant les actions ou les erreurs générées par l'application est automatiquement créé, il s'agit d'un fichier de log.

Lorsque l'utilisateur lance Seneque et choisit le jeu de données sur lequel il veut travailler, l'application crée ce fichier à la racine du jeu de données : par exemple dans C:\Seneque\jdd \seine. Il s'agit d'un fichier texte (.txt) dont le nom correspond à la date de création : par exemple log_20070206.txt pour un fichier créé le 6 février 2007.

Jusqu'à 100 fichiers de log peuvent être gardés en mémoire pour chaque jeu de données et par jour. Ils sont alors numérotés de la manière suivante : log_20070206_1.txt. A partir du 100^{ème} fichier, l'utilisateur est invité à en supprimer pour pouvoir lancer Seneque.

Ce fichier de log permet de :

- retracer les actions effectuées lors de cette session (étapes réalisées dans la création d'un nouveau découpage ou d'un projet, etc.),
- retranscrire l'intitulé exact d'une erreur, si l'application venait à en générer une. De fait, pour aider à corriger d'éventuelles erreurs, ce fichier de log se révèle très précieux, il est donc à transmettre aux développeurs.

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.

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

- * les noms invariants et stricts,
- ** les noms variants par années XXXX et stricts,
- *** les noms variables (éviter plus de 8 caractères).

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  
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 (l'accès en est mentionné dans path.ini) sous le répertoire '**datas**'. Dans ce même dossier générique, on trouvera un dossier '**découpages**' 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.

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 (polygones de Thiessen ou maillage polygonal régulier)

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

Données météo

Données journalières de pluviométrie et d'évapotranspiration potentielle

Données météorologiques Pas journalier (Une table par zone météo)		Nom : <i>Code_stat.dbf</i> (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)		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
CODE_STAT	STR	8		Identifiant zone météo
DATE	ENT	8		Date mesure (format : AAAAMMJJ)
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.

arcs élémentaires du réseau hydrographique		Nom : hydro.shp* 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 km²

Notons que la donnée de profondeur (depth_m) représente une profondeur minimale, qui permet de rendre compte de situations de régulation de profondeur par exemple par des seuils ou des barrages de navigation. Dans tous les cas, le calcul de la profondeur est effectué par Riverstrahler à partir du débit, de la largeur et de la pente. Si le résultat de ce calcul fournit une valeur de profondeur inférieure à la valeur mentionnée ici, c'est cette dernière qui est retenue.

Données d'écoulement spécifique

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.

Tables (optionnelles)¹ d'écoulements		Nom : variable.dbf*** 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 km²
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)
...
ECB36LSK	DEC	8	3	Écoulements 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.

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

Tables d'occupation du sol (Une table par année)		Nom : usolXXXX.dbf ** (ou <i>variable.dbf</i> ***) Localisation : ..\datas\rej_diff\usol\ Format : dBase Type : tabulaire Source : Corine Land Cover		
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 ²
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

Table de géologie		Nom : geol.dbf * Localisation : ..\datas\rej_diff\geol\ Format : dBase Type : tabulaire Source : BRGM		
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 ²
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

Tables de zones humides riveraines (Une table par année**)		Nom : zoriXXXX.dbf ** (ou <i>variable.dbf</i> ***) Localisation : ..\datas\rej_diff\zori\ 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 ²
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

Les formats exemplatifs montrés ici comportent 25 classes. Ce nombre n'est pas limitatif, et le nombre de classes est laissé à au choix de celui qui réalise la base de données, avec cependant deux contraintes :

Le fichier paramètre clé (voir plus loin) qui associe à des valeurs numériques à chaque classe (de lithologie, d'usage du sol, de zone humide riveraine,...) doit comporter le même nombre de lignes que de champs dans ces fichiers.

D'autre part, en ce qui concerne les zones humides riveraines, le dernier champ renseigné (ici CL_25) doit impérativement renseigner une fraction de surface intéressée par le drainage agricole.

Tables optionnelles de concentration en nitrates phréatiques et sous racinaires

Tables (optionnelles)¹ de nitrates phréatiques		Nom : <i>variable.dbf***</i> (par convention no3nXXXX.dbf) 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 ²
NO3N	DEC	8	2	Concentration moyenne annuelle NO3 phréatiques (µM)

Tables (optionnelles)² de nitrates sous-racinaires		Nom : <i>variable.dbf***</i> (par convention no3sXXXX.dbf) 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 ²
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 qui provoquent une chute d'eau et donc une réaération de l'eau de la rivière.

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

Prélèvements (Une couverture par année**)		Nom : preXXXX.shp** (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 m ³ /s

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

Couverture des étangs		Nom : etang.shp* 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 ²

Position des prises et des restitutions des barrages réservoirs

Couverture des barrages-réservoirs		Nom : bar_res.shp* 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

Données ddr (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 par les ouvrages d'assainissement collectifs

identification, localisation et caractérisation des rejets des collectivités

Couverture des step d'une année (Une couverture par année**)		Nom : stepXXXX.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_STEP	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 KgO ₂ /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

Le format de ces données est calqué sur les fichiers disponibles dans les Agences de l'Eau françaises. Une option alternative existe, comme il a été mentionné plus haut, de renseigner les rejets urbains à partir des seules données de capacité effective (HECC) et de type de traitement. Dans tous les cas, un fichier paramètres (apponct.cle) (voir plus loin) doit être renseigné pour associer les rejets spécifiques de nitrates et de bactéries fécales, voire de toutes les autres variables si l'option alternative est retenue, à chaque classe de traitement.

rejets industriels

identification, localisation et caractérisation des rejets industriels non raccordés aux steps des collectivités. Ces rejets sont renseignés directement en flux rejetés.

Couverture des rejets industriels (Une couverture par année**)		Nom : induXXXX.shp** (ou <i>variable.dbf***</i>) Localisation : ..\datas\rej_ponc\indu\ 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 KgO ₂ /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 bien pour la validation de leurs résultats.

Mesures de débit

Couverture des stations de mesure de débit		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 ²
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

Mesures débits (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	ENT	8		Date mesure (format : AAAAMMJJ)
YEAR	ENT	4		Année mesure
DAY_JUL	ENT	3		Jour julien mesure
DEB_M3S	DEC	10	3	Débit en m ³ /s
DEC_NO	ENT	2		Numéro décade mesure
DEC_M3S	DEC	10	3	Débit décadaire moyen en m ³ /s

Mesures de qualité de l'eau

Couverture des stations de mesure de qualité		Nom : <i>stat_qua.shp*</i> Localisation : ..\datas\maplayers\ Format : shapefile Type : ponctuel Source : RNB, AESN, PIREN-Seine Remarque : les stations de qualité doivent être accrochées sur le réseau hydrographique		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
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 ²
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

Mesures qualité (Une table par station de qualité)	Nom : <i>Code_stat</i> .dbf* (en référence aux stations de mesure qualité) Localisation : ..\datas\obs_qual\ Format : dBase Type : tabulaire
--	---

		Source : RNB + PIREN-Seine Remarque : données rangées chronologiquement ; -1.000000 → donnée absente (-999 pour T°C)		
Nom du champ	Type	Larg.	Déci.	Description
CODE_STAT	STR	8		Code station
DATE	ENT	8		Date mesure (format : AAAAMMJJ)
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 ₂ /l)
DCO	DEC	12	6	DCO (mg O ₂ /l)
COD	DEC	12	6	COD (mg C/l)
FEC	DEC	12	6	Coliformes fécaux (nb/l)
NH4	DEC	12	6	Ammonium (mg NH ₄ /l)
NO2	DEC	12	6	Ammoniac (mg NO ₂ /l)
NO3	DEC	12	6	Nitrates (mg NO ₃ /l)
SIO	DEC	12	6	Silice (mg SiO ₂ /l)
OXY	DEC	12	6	Oxygène (mg O ₂ /l)
PTO	DEC	12	6	Phosphore total (mgP/l)
PIT	DEC	12	6	PIT (mgP/l)
PO4	DEC	12	6	Phosphates (mp PO ₄ /l)
PHY	DEC	12	6	Phytoplancton (µgChla/l)

3.6. Données d'affichage

Ces couvertures permettent une restitution cartographique des bases de données originales utilisées par Seneque 3.4. Elles sont redondantes avec certaines informations déjà intégrées par prétraitement à d'autres fichiers décrit plus haut.

Aucune de ces couches n'est strictement nécessaires au fonctionnement de l'applicatif. Par ailleurs, comme on l'a vu plus haut, d'autres couches peuvent être intégrées pour offrir une visualisation de certaines caractéristiques du bassin durant la phase de conception des scénarios.

Couverture de la limite du bassin Il s'agit d'une agrégation des bassins de la couverture de hydro_bv.shp	Nom : <i>limite</i> .shp* 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 ²

Couverture hydrogéologique	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 ²
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

Couverture de l'occupation du sol	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 ²
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 raster du relief (MNT) sous forme de grilles au format Arc-Info (mnt.jpg). Cette couche n'est également utilisée que pour l'affichage.

4. Fonctionnement et paramétrage de Riverstrahler

Bien qu'il soit totalement intégré dans l'environnement SENEQUE, le modèle Riverstrahler peut fonctionner de manière autonome de l'applicatif. Un code 'ModRIVE.BAS' ne reprenant que le module Riverstrahler, et tout le module Riverstrahler de SENEQUE, est d'ailleurs disponible pour les besoins de développement de ce modèle.

La communication entre Riverstrahler et SENEQUE se fait exclusivement par l'intermédiaire de fichiers ascii (fichiers contraintes créés par SENEQUE et lus par Riverstrahler, et fichiers résultats créés par Riverstrahler et lus par SENEQUE)

Nous détaillons dans cette partie de la notice la structure et les principes de création de ces fichiers.

4.1. Création et structure des fichiers contraintes pour Riverstrahler

Les contraintes à renseigner pour un calcul Riverstrahler concernent:

1. la morphologie des cours d'eau de chaque bassin et de chaque branche
2. les conditions hydrologiques (écoulements superficiels et phréatiques) ainsi que les restitutions ou les dérivations liés à la gestion des barrages ou aux prises d'eau.
3. les apports diffus liés à l'occupation et à l'usage du sol.
4. les apports ponctuels liés aux ouvrages d'assainissement et aux rejets industriels.

Chaque *scénario* est donc identifié par un fichier .scn qui désigne les différents fichiers contraintes correspondants à chaque objet (bassins et branches) de l'espace couvert par le projet.

4.1.1. Morphologie des cours d'eau et des annexes hydrauliques

Une caractéristique essentielle du modèle SENEQUE est de s'appuyer sur une description différente de la morphologie des cours d'eau selon que ceux-ci sont considérés comme des *branches* (décrite individuellement avec une résolution kilométrique) ou comme des constituants d'un *sous-bassin amont* (idéalisé par un schéma régulier de confluences de cours d'eau de caractéristiques moyennes selon les ordres de Strahler). Par ailleurs, les *annexes hydrauliques* en communication sont prises en compte, soit sous forme individualisée lorsqu'elles sont connectées sur des branches, en tenant compte de leur morphologie précise et des valeurs réelles journalières des débits dérivés et restitués, soit sous forme statistique, lorsqu'il s'agit d'étangs connectés sur les cours d'eau d'un bassin, et dont on considère alors des caractéristiques moyennes par ordre hydrologique.

La nomenclature et le format des fichiers correspondants est la suivante.

bassin\$.MRW Fichiers relatifs aux caractéristiques géomorphologiques du sous-bassin 'bassin\$'. Ils se présentent selon le format:

'ordre', 'nb', 'Length', 'Prof min', 'Width', 'Slope', 'SBV', 'SBD'
'niv', 'nb', 'Km', 'Km', 'm', 'm/m', 'Km²', 'Km²'
ord, no, lo, profmin, la, slop, SBV, SBD

.... (maxord lignes, 1 ligne par ordre hydrologique)

où

ord est le l'ordre de Strahler concerné

no est le nombre de tributaires de chaque ordre

lo, leur longueur moyenne (en km)

profmin, leur profondeur minimale

la, la largeur moyenne des tributaires de chaque ordre (en m). Elle est calculée à partir de la largeur attributive de chaque arc SIG. Cette donnée est entrée individuellement dans la BD, lorsque des mesures de terrain sont disponibles, sinon, une relation empirique avec la surface de bassin versant est utilisée :

$$la = 0.8 * \text{SQR}(SBV)$$

slop, la pente moyenne des tributaires de chaque ordre (en m/m). Elle est calculée à partir de la pente moyenne de chaque arc SIG constitutif des tributaires, définie sur base du MNT.

SBV, la surface de bassin versant moyenne des tributaires de chaque ordre (en km²)

SBD, la surface moyenne de bassin versant direct (c-à-d la partie du bassin versant qui n'appartient pas au bassin versant des affluents) (en km²). Notons que pour les tributaires d'ordre 1, le bassin versant direct est identique au bassin versant.

bassin\$.ETG Fichiers fournissant les caractéristiques des étangs distribués sur les différents ordres hydrologiques du sous-bassin 'bassin\$'.

Ces caractéristiques sont présentées selon le format:

'ordre', 'fréq', 'fractdeb', 'surf ha'

ordre, fréq(o), fractdeb(o), surf(o)

... (une ligne par ordre hydrologique)

où

fréq(o) est la fréquence de présence d'étangs sur l'ordre o (valeur de 0 à 1)

fractdeb(o) est la fraction du débit du cours d'eau dérivée vers l'étang (cette fraction est supposée constante en moyenne tout au long du cycle hydrologique) (valeur de 0 à 1).

surf(o) est la surface moyenne des étangs de l'ordre o (en ha).

Par défaut dans la procédure de création automatique des fichiers contraintes par l'Applicatif, aucun étang n'est pris en compte. Une option permet de créer ces fichiers : il est fait alors appel à l'utilisateur pour préciser les caractéristiques des étangs dans chaque sous-bassin.

branche\$.CAR fichier relatif aux caractéristiques générales de l'axe 'branche\$'.

Le format en est :

'SBP', 'Strahler', 'Longueur'

'Km²', 'no', 'Km'

SBP : surface du bassin propre de l'axe (y compris celle des bassins d'axes qui lui sont rattachés).

Strahler : ordre de strahler de l'exutoire de l'axe.

Longueur : longueur de l'axe en Integer Km (équivalent au pK max).

branche\$.MAX fichier relatif aux caractéristiques morphologiques de l'axe 'branche\$'. Ce fichier fourni, pK par pK les caractéristiques morphologiques de l'axe, selon le format :

'pK', 'profmin m', 'larg m', 'pente m/m'

pK%, profmin, la, slope

...une ligne par tronçon d'un km de cours d'eau.

pK% est le point kilométrique (entier) de l'axe. Le fichier commence toujours au pK% = 0.

Profmin est la profondeur minimale du cours d'eau. Qu'il s'agisse d'un cours d'eau régulé ou non, elle constitue une borne inférieure au calcul de la profondeur en fonction du débit, de la pente et de la largeur, selon la formule de Manning.

la (en m) est la largeur moyenne du cours d'eau. Cette largeur est calculée à partir de la largeur attributive de chaque arc SIG. Cette donnée est entrée individuellement dans la BD, lorsque des mesures de terrain sont disponibles, sinon, une relation empirique avec la surface de bassin versant est utilisée : $la = 0.8 * \text{SQR}(\text{SBV})$.

s (en m/m) est la pente du cours d'eau. Les données de pente sont calculées pour chaque arc SIG à partir d'un modèle numérique de terrain.

Branche\$.BAR : fichier relatif aux barrages de navigation présents sur l'axe *branche\$*. Il mentionne simplement le pK du barrage (*pK%*) et la hauteur de chute correspondante (*chut*, en m), éventuellement pour plusieurs classes de débit. Les classes de débits, au nombre de *nb%*, sont caractérisées par leur borne supérieure *Qi*

Le format en est :

```
'pK', 'nbre de classe', 'Q m3/s', 'hauteur de chute m'  
pK%, nb%  
'', '', Q1, chut  
'', '', Q2, chut  
'', '', Q3, chut  
...  
pK%, nb%  
'', '', Q1, chut  
'', '', Q2, chut  
'', '', Q3, chut  
...
```

Dans l'état actuel du développement de SENEQUE, seules 2 classes sont considérées : une classe en « débit normal » (y compris période d'étiage) et une classe en « débit de crue » à partir d'un seuil spécifique (spécifié à 12 L/s/Km²).

Pour la première classe, les hauteurs de chute pour les ouvrages (barrages-ecluses) sont entrées individuellement dans la BD, lorsque des mesures de terrain sont disponibles, sinon, une relation empirique relative à l'ordination de Strahler est utilisée :

Ordre 1 à 3 : 0,3 m

Ordre 4 : 0,5 m

Ordre 5 : 1 m

Ordre 6 : 2 m

Pour la deuxième classe (débit de crue), les hauteurs de chute sont considérées comme nulles.

Branche\$.CFL fichier relatif aux confluences de sous-bassins, d'axes secondaires ou de réservoirs aboutissant sur l'axe *branche\$*. Il mentionne simplement le pK de la confluence (*pK%*) et le nom de l'affluent ou du réservoir restituant (*affluent\$*).

Le format en est :

```
'pK', 'Type', 'affluent'  
pK%, confType$, affluent$  
...
```

pK% est le point kilométrique entier de la confluence.

confType\$ est le type de l'affluent : AXE, BV ou RES

affluent\$ est le nom de l'affluent ou du réservoir restituant.

Tout fichier .CFL commence par la mention du sous-bassin qui donne naissance à l'axe *branche\$*. Conventionnellement, ce fichier est localisé en pK = 0. Si l'axe débute à la confluence de 2

sous-bassins, le second sera mentionné en $pk = 0$ aussi. Il peut donc y avoir plus d'une confluence par $pk\%$ du fait de la structure SIG de la couverture hydro.

branche\$???? .PRI fichier relatif aux prises d'eau sur l'axe branche\$. Il mentionne simplement le pk de la prise ($pk\%$), le type de prise ($prise\%$) et soit le débit prélevé, soit le nom du fichier des débits dérivés et restitués du réservoir correspondant.

Le format en est :

'pk', 'type de prise', 'm3/s ou fich.DDR'
 $pk\%$, $prise\%$, Q / reservoir\$
...

$pk\%$ est le point kilométrique entier de la prise.

$prise\%$ est soit 'AEP' dans le cas d'un prélèvement d'une usine d'eau potable, soit 'RES' dans le cas de la prise d'eau d'un réservoir. Dans le cas 'AEP', Q mentionne le débit (supposé constant) de la prise d'eau ; dans le cas 'RES', reservoir\$ mentionne le nom du fichier des débits dérivés et restitués du réservoir correspondant, où sont indiqués, pour l'année considérée, les dérivations à prendre en compte.

4.1.2. Conditions hydrologiques

Riverstrahler utilise nécessairement des données d'écoulement spécifique supposé permanent par période décadaire, et distinguant une composante superficielle et une composante phréatique. Ces données figurent pour chaque objet (bassin ou branche) dans un fichier

objet\$.ECL selon le format

"dec", "ecs(mm/dec)", "ecb(mm/dec)"
dec, ecs, ecb
... 36 lignes pour 36 décades

Ces données peuvent être calculées par l'applicatif SENEQUE au moment de la création des fichiers contraintes de chaque scénario à partir de la base de données météo, grâce au modèle HYDROSTRAHLER. Ce calcul, réalisé année par année, est cependant peu satisfaisant, d'une part à cause de l'incertitude sur la paramétrisation des coefficients intervenant dans HYDROSTRAHLER, d'autre part, surtout, à cause de l'impossibilité de prendre en compte, dans un calcul annuel, la mémoire hydrologique interannuelle du système conférée par les aquifères. C'est la raison pour laquelle il est préférable de faire appel au modèle HYDROCAL qui permet de constituer par ajustement sur les données observées de débit, un jeu pluri-annuel de valeurs d'écoulements qui est alors mobilisable directement par SENEQUE.

reserv\$????.DDR fichier des débits journaliers dérivés et restitués du barrage-réservoir reserv\$ dans le scénario ????, selon le format :

'jour', qderiv', 'qrest'
' ', m3/s, 'm3/s'
t, qderiv, qrest

t est le jour en jour julien (1 à 365)

qderiv et qrest sont les débits dérivés et restitués en m^3/s

4.1.3. Apports diffus

Le modèle SENEQUE calcule le débit de chaque cours d'eau à partir d'une contribution superficielle et d'une contribution phréatique du bassin versant. La valeur absolue, et l'importance relative de ces deux composantes varient selon le moment du cycle hydrologique, mais la composition chimique de ces deux composantes est supposée constante. C'est cette composition qui permet la prise en compte des apports diffus, et qui doit être définie comme une contrainte du modèle SENEQUE. Le modèle considère aussi que le passage des eaux superficielles et souterraines à travers les éventuelles zones humides riveraines des cours d'eau est susceptible de modifier cette composition avant même que ces eaux ne rejoignent les eaux de surface.

Le fichier des apports diffus renseigne donc, pour les cours d'eau de chaque ordre dans un bassin, ou pour chaque branche, principale ou secondaire, la concentration des principales variables de qualité dans la composante phréatique et la composante superficielle du débit généré dans leur bassin versant propre. Il définit également le taux de transfert de ces substances à travers le filtre riparien.

La nomenclature et le format sont les suivants :

objet\$????.ADF Fichier des concentrations moyennes des principales variables, dans l'eau superficielle et dans l'eau phréatique du sous-bassin ou de la branche 'objet\$' pour le scénario ????

Les données sont organisées selon le format suivant :

'ORDRE', 'NO3s', 'NH4s', 'PITs', 'SIOs', 'HD1s', 'HD2s', 'HD3s', 'HP1s', 'HP2s', 'HP3s', 'MESs', 'FECs', 'ftripNs',
'ftripPs', 'ftripMESs', 'NO3n', 'NH4n', 'PITn', 'SIOn', 'HD1n', 'HD2n', 'HD3n', 'HP1n', 'HP2n', 'HP3n', 'MESn', 'FECn',
'ftripNn', 'ftripPn', 'ftripMESn'
'niv', 'µM', 'µM', 'µM', 'µM', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mg/l', 'nb/l', ' ', ' ', ' ', 'µM', 'µM',
'µM', 'µM', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mg/l', 'nb/l', ' ', ' ', ' '
o%, NO3s, NH4s, PITs, SIOs, HD1s, HD2s, HD3s, HP1s, HP2s, HP3s, MESs, FECs, ftripNs, ftripPs, ftripMESs, NO3n,
NH4n, PITn, SIOn, HD1n, HD2n, HD3n, HP1n, HP2n, HP3n, MESn, FECn, ftripNn, ftripPn, ftripMESn

... (1 ligne par ordre hydrologique pour les bassins; une seule ligne pour le bassin versant propre de chaque branche)

avec

o% : ordre de Strahler du bassin concerné (0 pour un axe)

NO3 (µM) nitrates

NH4 (µM) ammonium

PIT (µM) phosphore inorganique total

SIO (µM) silice dissoute

HD1,2,3 (mgC/l) carbone organique dissous rapidement, lentement et non biodégradable

HP1,2,3 (mgC/l) carbone organique particulaire rapidement, lentement et non biodégradable

MES (mg/l) matière en suspension

FEC (nb bact/l) nbre de coliformes fécaux

s réfère aux eaux d'écoulement superficiel (sans transfert par les aquifères)

n réfère à la contribution phréatique du débit (débit de base)

ftripNs/n(o), ftripPs/n(o), ftripMESs/n(o) sont les facteurs de transfert riparien pour l'ordre (o) de l'azote, du phosphore et des MES respectivement, pour la composante superficielle(s) ou phréatique(n) du débit.

Définition des fichiers .ADF

L'applicatif SENEQUE génère les *fichiers .ADF* à partir des couvertures relatives à la distribution de la surface des bassins versants élémentaires entre diverses classes d'usage du sol, de zones humides riveraines et de lithologie, en associant à chacune de ces couvertures un *fichier-clé* qui explicite la traduction en terme d'apports diffus de chacune des classes considérées.

Le fichier paramètres **usol.cle** associé à un jdd SENEQUE renseigne, pour chaque classe d'usage du sol considérée (en nombre non limité), les concentrations en MES, carbone et nutriments conférées aux eaux de lessivage par l'interaction eau-sol.

Il a le format suivant :

2 lignes de titres

'n°classe', 'nom de classe', 'NO3s','NH4s','PITs','HD1s','HD2s','HD3s', 'HP1s', 'HP2s', 'HP3s', 'MESs', 'FECs', 'tripNs', 'tripPs', 'tripMESs','NO3n','NH4n','PITn','HD1n','HD2n','HD3n', 'HP1n', 'HP2n', 'HP3n', 'MESn', 'FECn', 'tripNn', 'tripPn', 'tripMESn'

'niv','nom', 'µM', 'µM', 'µM', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mg/l', 'nb/l', ',', ',', ',', 'µM', 'µM', 'µM', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mgC/l', 'mg/l', 'nb/l', ',', ',', ','

c%, nomclasse\$, NO3sc, NH4sc, PITsc, , HD1sc, HD2sc, HD3sc, HP1sc, HP2sc, HP3sc, MESsc, FECsc, tripNsc, tripPsc, tripMESsc, NO3nc, NH4nc, PITnc, HD1nc, HD2nc, HD3nc, HP1nc, HP2nc, HP3nc, MESnc, FECnc, FECnc, tripNnc, tripPnc, tripMESnc

....

(autant de lignes que de classes d'usage du sol considérées dans le fichier usol.dbf)

avec

NO3 (µmol/l): nitrates

NH4 (µmol/l): ammonium

PIT (µmol/l): phosphore inorganique total

HD1, HD2, HD3 (mgC/l): C org. dissous rapidement, lentement et non biodégradable

HP1, HP2, HP3 (mgC/l): C org. particulaire rapidement, lentement et non biodégradable

MES (mg/l) : matière en suspension

FEC (nb/l) : bactéries fécales

Les indices sc et nc représentent respectivement la composition de la composante superficielle et phréatique du débit.

La concentration en matières en suspension de la composante superficielle reflète directement l'érodabilité des sols, liée aux pratiques agricoles (Par définition, la composante phréatique est beaucoup plus faible).

Les concentrations en carbone organique particulaire sont définies par le contenu en matière organique des suspensions renseigné dans le fichier paramètre **initbenth.prm** (voir plus loin), et dépendent donc directement des MES.

La concentration en phosphore total dépend également du contenu en P inorganique des sols (cPIP), et des relations d'équilibre imposées entre PO4, PIP et MES, dont les paramètres (Pac et KPads) sont renseignées dans le fichier **seneq2.prm** (voir plus loin):

$$\text{PIT} = \text{PIP} + \text{PO4} \\ \text{cPIP} * \text{MES} + \text{KPads} * \text{cPIP} / (\text{Pac} - \text{cPIP})$$

où cPIP est le contenu en P des sols (en µmolP/mg)

Pac est le niveau de saturation en P (en µmolP/mg)

KPads est la constante de demi-saturation de l'adsorption ($\mu\text{molP/l}$)

Les autres variables sont indépendantes et sont à renseigner à partir de la connaissance du bassin.

En outre, pour les **nitrates**, on prévoit une option permettant de rechercher les données relatives aux concentrations des eaux superficielles et/ou des eaux phréatiques dans une couverture spatiale prétraitée renseignant ces informations par bassin élémentaire, et issue de résultats de modèles ou d'informations empiriques.

En ce qui concerne la **silice**, les valeurs sont indépendantes de l'usage du sol, mais sont déterminées par la composition lithologique du bassin versant. La procédure de calcul par l'application SENEQUE est similaire à celle décrite ci-dessus, la couverture lithologique et le fichier associé **geol.cle** remplaçant la couverture usol.

Le fichier geol.cle a le format suivant :

2 lignes de titres

'n°classe', 'nom de classe', 'SIOs', 'SIOnc', 'tecs', 'tinf', 'ten'

'niv', 'nom', ' μM ', ' μM ', 'j⁻¹', 'j⁻¹', 'j⁻¹'

c%, nomclassec\$', SIOsc, SIOnc, teesc, tinf, tenc

...

(autant de lignes que de classes lithologiques considérées dans le fichier geol.dbf).

avec

SIOsc et SIOnc (μM): concentration en silice dissoute des écoulements superficiel et phréatiques caractéristiques de chaque classe lithologique.

tecs, tinf et ten : paramètres hydrologiques du modèle Hydrostrahler associés à chaque classe lithologique.

Les **taux de transfert riparien** (tripNs/n, tripPs/n, tripMESs/n) sont définis à partir de la couche *zori.dbf*, fournissant pour chaque arc hydrographique la distribution du linéaire entre diverses classes typologiques de corridor fluvial, et au fichier **zori.cle** associé. Celui-ci est a le format suivant :

2 lignes de titres

'n°classe', 'nom de classe', 'retripNs', 'retripNn', 'retripPs', 'retripPn', 'retripMESs', 'retripMESn',

'niv', 'nom', 'sd', 'sd', 'sd', 'sd', 'sd', 'sd'

c%, nomclassec\$', ftripNsc, ftripPsc, ftripMESsc, ftripNnc, ftripPnc, ftripMESnc

autant de lignes que de classes typologiques de zones riveraines considérées, plus une. La dernière ligne réfère toujours à la fraction de surface drainée dans le bassin. Les coefficients correspondants du fichier cle renseignent sur le coefficient de pondération à affecter à ce drainage.

avec

ftripNs/n : taux de transfert riparien à 20°C pour les nitrates de la composante superficielle/phréatique

ftripPs/n : taux de transfert riparien à 20°C pour les phosphates de la composante superficielle/phréatique

ftripMESs/n : taux de transfert riparien à 20°C pour les matières en suspension de la composante superficielle/phréatique

4.1.4. Apports ponctuels

Les apports ponctuels correspondent aux rejets d'eaux brutes ou traitées par les collectivités locales et par les industriels non raccordés aux systèmes d'assainissement des collectivités. Les fichiers utilisés par Riverstrahler renseignent, par ordre hydrologique pour les bassins, par point kilométrique pour les branches, les flux nets de polluants déversés, selon la nomenclature et le format suivants :

objet\$????.APC Fichier des apports ponctuels dans le bassin ou la branche 'objet\$', pour le scénario ????

'ordre ou pK', 'eqhab', 'rMES', 'rCorg', 'rNO3', 'rNH4', 'rPO4', 'rFEC'
'', 'nb', 'kgMES/j', 'kgC/j', 'kgN/j', 'kgN/j', 'kgP/j', '10⁹bact/j'
ordre/pK, eqhab, rMES, rCorg, rNO3, rNH4, rPO4, rFEC

... (une ligne par ordre hydrologique ou par pK)

avec

eqhab : nombre d'habitants équivalents brut sur l'ensemble des tributaires de cet ordre dans le cas d'un bassin, sur le tronçon caractérisé par ce pK dans le cas d'une branche

rMES : rejet effectif de MES en kg/jour

rCorg : rejet effectif de carbone organique biodégradable en kgC/jour

rNO3 : rejet effectif de nitrates en kgN/jour

rNH4 : rejet effectif d'ammonium en kgN/jour

rPO4 : rejet effectif d'ortho-phosphate en kgP/jour

rFEC : rejet effectif de bactéries fécales en 10⁹bact/jour

C'est ce seul fichier qui est lu et interprété par Riverstrahler : les valeurs des 6 variables synthétiques ci-dessus servent à renseigner les apports ponctuels de toutes les autres variables de RIVE.

Dans un souci de généralité et de souplesse du modèle, deux options sont prévues dans SENEQUE 3.4 pour le calcul des fichiers .APC.

a. à partir des informations de pollution entrante et des coefficients d'abattement renseignés dans les bases step.dbf

Cette option valorise au mieux les informations disponibles dans les fichiers des Agences de l'Eau.

rCorg est calculé à partir des données de pollution entrante en matières oxydables (PentMO) et de son coefficient de réduction (croMO).

On considère une relation établie empiriquement entre DBO5 et MOx : $DBO5 = MOx / (1.5 + croMOx/100)$

Puis celle entre COTB et DBO5 : $COTB = (0.45 + croMO/100) * DBO5$

Pour les rejets industriels, on considère simplement l'équivalence moyenne des eaux usées domestiques : $COTB = 0.45 * 2.3 * MOx = 1.0 * MOx$

$$rCorg = \sum [PentMO (1 - croMO/100) * (0.45 + croMO/100) / (1.5 + croMO/100)] + \sum [MOréjetéindust]$$

rNH4 est calculé à partir des données relatives à l'azote réduit (NTK) en considérant que le contenu en azote de la matière organique est $C/N \text{ mat.org.} = 7 \text{ gC/gN}$.

$$rNH4 = \sum [PentNR.(1 - croNR/100) - PentMO(1 - croMO/100) * (0.45 + croMO/100) / (1.5 + croMO/100) / 7] + \sum [NRréjetéindust - MOréjetéindust / 7]$$

rPO4 est calculé à partir des données relatives à la matière phosphorée totale en considérant que le contenu en phosphore de la matière organique est C/P mat.org. = 40 gC/gP.

$$rPO4 = \Sigma [\text{PentMP} \cdot (1 - \text{croMP}/100) - \text{PentMO} \cdot (1 - \text{croMO}/100) \cdot (0.45 + \text{croMO}/100) / (1.5 + \text{croMO}/100) / 40] \\ + \Sigma [\text{MPrejetéindust} - \text{MOrejetéindust} / 40]$$

rNO3 et rFEC. Aucune donnée directe n'est disponible dans les fichiers originaux transmis par les Agences de l'Eau sur les rejets de nitrates des step ou des industriels, ni sur leur rejet de bactéries fécales. Ces rejets doivent donc être estimés à partir de la connaissance du type de traitement appliqué. Cette information n'étant pas disponible en ce qui concerne les industriels, les rejets de nitrates et de bactéries fécales des industriels sont négligés.

Pour les rejets de STEPs, on fait appel à un fichier paramètres (**apponct.cle**) qui renseigne les rejets spécifiques de nitrates et de bactéries fécales par équivalent-habitant pour chaque type de traitement renseigné par le champ 'code step' (ou 'cote') de la base de donnée des stations d'épuration (voir plus loin) :

$$rNO3 = \Sigma [\text{equhab} * \text{rspNO3}(\text{code})]$$

$$rFEC = \Sigma [\text{equhab} * \text{rspFEC}(\text{code})]$$

b. à partir de l'information sur la charge en équivalent habitant et le type de traitement

SENEQUE 3.4 propose une alternative aux traitements décrits ci-dessus.

Il s'agit de calculer les fichiers .APC uniquement à partir des informations de code step et de capacité effective (equhab), comme il est fait de toute façon pour les nitrates et les bactéries fécales:

$$rVAR = \Sigma [\text{equhab} * \text{rspVAR}(\text{code})]$$

Le fichier paramètre '**apponct.cle**' qui renseigne les rejets spécifiques par équivalent habitant est modulable par l'utilisateur, pour autant qu'il respecte la nomenclature des step utilisée dans le jeu de données correspondant. Il doit contenir autant de classes que n'en comporte la nomenclature des step.

A titre d'exemple, le fichier suivant est utilisé dans le jeu Seine :

N°	cote	type de traitement	rspMES g/hab/j	rspCorg gC/hab/j	rspNO3 gN/hab/j	rspNH4 gN/hab/j	rspPO4 gP/hab/j	rspFEC 109 b/hab/j
1	NT	Non traite	80	24	0	9	1.5	80
2	D	decantation	16	18	0	9	1.5	50
3	PC	traitement physico-chimique	10	12	0	9	1	50
4	B0	traitement biologique classique	10	4	0.1	8	1.6	5
5	B1	lagunage	4	1.8	5	4	0.7	0.02
6	B2	traitmt biologique + nitrification	8	2.4	8	2	1.7	0.5
7	B3	traitmt biol + nit + denitrification	8	2	4	1	1.7	0.3
8	B4	traitmt biol + dephosph. biol.	8	3	0.1	8	0.2	0.5
9	B5	traitmt biol + dephosph. ph-ch.	8	3	0.1	8	0.2	5
10	B6	traitmt biol + nit + dephosph. biol.	8	2.4	8	2	0.2	0.3
11	B7	traitmt biol + nit + dephosph. ph-ch.	8	2.4	8	2	0.2	0.5
12	B8	traitmt biol + nit + denit + dephosph. biol.	8	2	4	1	0.18	0.3
13	B9	traitmt biol + nit + denit + dephosph. ph-ch.	8	2	4	1	0.18	0.3
14	EE	epandage	4	1.8	1.5	1.5	0.25	0.02
15	U0	traitement biologique classique + UV	10	4	0.1	8	1.6	0.002
16	U1	lagunage + UV	4	1.8	5	4	0.7	0.002
17	U2	traitmt biologique + nitrification + UV	8	2.4	8	2	1.7	0.002
18	U3	traitmt biol + nit + denitrification + UV	8	2	4	1	1.7	0.002
19	U4	traitmt biol + dephosph. biol. + UV	8	3	0.1	8	0.2	0.002
20	U5	traitmt biol + dephosph. ph-ch.+ UV	8	3	0.1	8	0.2	0.002
21	U6	traitmt biol + nit + dephosph. biol.+ UV	8	2.4	8	2	0.2	0.002
22	U7	traitmt biol + nit + dephosph. ph-ch.+ UV	8	2.4	8	2	0.2	0.002
23	U8	traitmt biol + nit + denit + dephosph. biol.+ UV	8	2	4	1	0.18	0.002
24	U9	traitmt biol + nit + denit + dephosph. ph-ch.+ L	8	2	4	1	0.18	0.002

Procédure pour le calcul des apports ponctuels des diverses variables de RIVE

Les fichiers .APC ne renseignent pas toutes les variables impliquées dans la dynamique de la matière organique telle que représentée dans RIVE. Certaines hypothèses sont donc encore faites au niveau du code de Riverstrahler pour renseigner les apports ponctuels de ces variables.

Partition du carbone organique biodégradable en classes de biodégradabilité

Fractions particulières :

La concentration en MES est d'abord évaluée comme $MES (mg/l) = rMES * 10^6 / (200 * eqhab)$
(sur base de 200 l.hab/jour)

Elle permet de calculer la fraction particulière du COTB :

if MES > 3 et < 400

$$fPart = \{ 0.46 * \log [rMES / (0.2 * equhab)] - 0.2 \}$$

else if MES < 3

$$fPart = 0$$

else if MES > 400

$$fPart = 1$$

$$rHP1 = 0.5 * fPart * rCorg$$

$$rHP2 = 0.5 * fPart * rCorg$$

$$rHP3 = 0.2 * rCorg$$

Fractions dissoutes:

$$rHD1 = 0.5 * (1 - fPart) * rCorg$$

$$rHD2 = 0.5 * (1 - fPart) * rCorg$$

$$rHD3 = 0.00175 * equhab \quad (1.75 \text{ gCorg réfract / hab / jour})$$

Ces relations sont utilisées dans le calcul des apports ponctuels à chaque pK pour les objets axes. Pour les bassins amont, pour le calcul desquels les apports ponctuels sont regroupés par ordre, on se contente des relations approchées :

$$\begin{aligned} rHP1 &= 0.25 * rCorg \\ rHP2 &= 0.25 * rCorg \\ rHP3 &= 0.2 * rCorg \\ rHD1 &= 0.25 * rCorg \\ rHD2 &= 0.25 * rCorg \\ rHD3 &= 0.00175 * equhab \end{aligned}$$

Apports de biomasse bactérienne liés aux rejets d'eaux usées

$$\begin{aligned} rBAG \text{ (biomasse bactéries allochtones, kgC/j)} &= 0.095 * rCorg \\ rBAP \text{ (biomasse bactéries autochtones, kgC/j)} &= 0.026 * rCorg \\ rNIT \text{ (biomasse bactéries nitrifiantes, kgC/j)} &= 0.001 * rCorg \end{aligned}$$

4.2. Calcul du fonctionnement biogéochimique par Riverstrahler

4.2.1. Paramètres cinétiques

Le calcul de la qualité de l'eau et des sédiments par Riverstrahler fait appel à une description détaillée de la cinétique des processus biogéochimiques résumée dans la figure 1, au début de cette note. Deux fichiers rassemblent les valeurs des paramètres cinétiques utilisés.

seneq2.prm rassemble la plus grande partie des paramètres physiologiques. Ceux-ci ont un grand niveau d'invariance de bassin à bassin, tout au moins sous un même régime climatique, et ce fichier a donc une grande généricité. Les valeurs renseignées dans ce fichier résultent pour la plupart de déterminations expérimentales directes et ne devraient pas être modifiées sensiblement.

©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2003 modif 25 aout 06

phytoplankton, units,	DIA,	GRA,	CYA
kmax20, h-1,	0.2,	0.25,	0.1
alf, h-1(μEm-2s-1)-1,	0.0012,	0.0012,	0.001
srmax20, h-1,	0.1,	0.25,	0.065
ks, sd,	0.06,	0.06,	0.06
kcr20, h-1,	0.2,	0.2,	0.2
mufmax20, h-1,	0.05,	0.09,	0.035
Kpp, μmol/l,	0.5,	2,	0.5
Kpn, μmol/l,	1,	1,	1
Kpsi, μmol/l,	7,	0,	0
maint20, h-1,	0.002,	0.002,	0.002
cesp, sd,	0.5,	0.5,	0.5
kdf20, h-1,	0.001,	0.0005,	0.005
vs, m/h,	0.006,	0.001,	0.006
topt, °C,	21,	37,	37
dti, °C,	13,	17,	12

zooplankton, units,	rotif,	clado
----------------------------	---------------	--------------

muzopt20, h-1,	0.025,	0.015	
Kphy, mgC/l,	0.4,	0.4	
phy0, mgC/l,	0.1,	0.1	
grmax20, h-1,	0.075,	0.035	
kdz20, h-1,	0.003,	0.003	
toptz, °C,	25,	25	
dtiz, °C,	10,	10	
grazeurbenthiques, unit, mou			
grbenth20, m3/indiv/h,	0.00005		
toptbenth, °C,	25		
dtibenth, °C,	10		
bactheterotr, unit,			
	<1µm,	>1µm,	fec
e1max20, h-1,	0.75,	0.75	
e2max20, h-1,	0.25,	0.25	
KH1, mgC/l,	0.25,	0.25	
KH2, mgC/l,	2.5,	2.5	
bmax20, h-1,	0.16,	0.6	
Ks, mgC/l,	0.1,	0.1	
Yb, sd,	0.25,	0.25	
kdb20, h-1,	0.02,	0.05,	0.045
vsb, m/h,	0,	0.02	
toptb, °C,	20,	22,	25
dtib, °C,	17,	12,	20
epsd, sd,	0.2,	0.2,	0.1
epsp, sd,	0.2,	0.2,	0.1
k1b20, h-1,	0.005		
k2b, h-1,	0.00025		
bactnitrif, unit,			
	nit,	nat	
munitmax20, h-1,	0.046,	0.043	
kO2, µmol/l,	19,	47	
kNH4/NO2, *mol/l,	80,	2	
Y, mgC/micromolN,	0.00182,	0.000182	
kd20, h-1,	0.01,	0.01	
vs, m/h,	0.01,	0.01	
topt, °C,	23,	23	
dti, °C,	15,	15	
adsoptP, unit,			
	val		
Pac, µmolP/mgMES,	0.18		
KPads, µmol/l,	22		
reminSi, unit,			
	val		
kbSi20, h-1,	0.0001		
mSiC, mol/mol,	0.4		
toptkSi, °C,	30		
dtikSi, °C,	15		
reminbenth, unit,			
	val		
Df, m2.h-1,	3.00E-05		
Dc, m2.h-1,	5.00E-06		
Ds, m2.h-1,	6.00E-06		
zf, m,	2.00E-02		
k1p20, h-1,	0.05		
k2p, h-1,	0.0025		
kNi20, h-1,	0.1		
Kam, sd,	9		
Kpa, sd,	100		
Kpe, sd,	0		
alpha, mmolO2/gC,	166		
eps, mmolN/gC,	7.8		
physique, unit,			
	val		
vso, m/h,	0.1		

vsmes, m/h,	0.5
Veli0, mgmes/l,	10
Veli1, (mgmes/l)/(m/s)^3, 100	
mDO2, m ² /s,	1.80E-09
man, sd,	0.07

initbenth.prm contient des paramètres liés seulement à la routine de calcul de la reminéralisation benthique des nutriments et à l'initialisation des variables benthiques. Parmi celles-ci nombreuses sont celles qui devraient être redéfinies lors de la constitution d'un nouveau jeu de données pour un nouveau bassin.

©SENEQUE - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS

tassement, h-1,	0.0005
SEDo, g/m ² ,	750
contenuHB1, gC/kgged,	0.3
contenuHB2, gC/kgged,	1.2
contenuHB3 ,gC/kgged,	8.5
contenuSiBiog, mmol/kgged,	180
contenuPinorg, mmol/kgged,	5

Les fichiers **soleil.lum**

©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2003

Iomoy,	amplirel,	photoperiodemoy,	amplirel
μE/m ² .sec,	%,	h,	%
471,	0.53,	12,	0.375

et **temp.tem**

©SENEQUE 3 - D. RUELLAND, G. BILLEN - CNRS, 2001-2003

ordre,	tempmoy,	ampltemp
,	°C,	°C
1,	9,	6
2,	9,	6

... (une ligne par ordre de Strahler)

renseignent les contraintes climatiques du bassin versant et, comme telles, doivent être réévaluées pour chaque nouveau jeu de données.

4.2.2. Format des fichiers résultats

Pour chaque objet (bassin ou branche) et pour chaque scénario 2 fichiers résultats sont créées par SENEQUE :

objet\$-scn.RSL

selon le format

```
"axe/bassin","nom"  
"scenario","scnXX"  
"pK/ordre","dec","Q","DIA","GRA","CYA","MES","NO3","NH4","PO4","PIT","SIO","OXY","ZOR"  
,"ZOC","BAG","BAP","NIT","NAT","HD1","HD2","HD3","HP1","HP2","HP3","DSS","SIB","HB1","HB2","  
HB3","BPI","SED","FEC","mufdia","mufgra","mufcya","dpth","acthet","BBS","a","a"  
  
"","","m3/s","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mg/l","micromol/l","micromol/l","micromol/l","micromol/l","  
micromol/l","micromol/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","mgC/  
l","mgC/l","mgC/l","mgC/l","micromol/l","gC/m2","gC/m2","gC/m2","mmolP/m2","g/m2","ufc/l","h-1","h-  
1","h-1","m","mgC/l/h","mmolSi/m2","a","a"
```

... (36 lignes par ordre ou par pK)

où

pK/ordre : pK de l'axe ou ordre de Strahler du bassin concerné

dec : décade (de 1 à 36)

Q : débit en m3/s

DIA : diatomées en mgC/l

GRA : chlorophycées en mgC/l

CYA : cyanobactéries en mgC/l

MES matières en suspension en mg/l:

NO3 nitrates en µmol/l:

NH4 : ammonium en µmol/l

PO4 phosphates en µmol/l :

PIT phosphore inorganique total en µmolP/l :

SIO silice dissoute en µmol/l:

OXY oxygène dissous en µmol/l :

ZOR zooplancton rotiférien en mgC/l :

ZOC zooplancton cladocérien en mgC/l :

BAG bactéries hétérotrophes > 1µ en mgC/l :

BAP bactéries hétérotrophes <1µ en mgC/l :

NIT bactéries nitrosantes en mgC/l :

[NAT bactéries nitratantes en mgC/l]

HD1 matière organique dissoute rapidement labile en mgC/l :

HD2 matière organique dissoute lentement labile en mgC/l:

HD3 matière organique dissoute réfractaire en mgC/l :

HP1 matière organique particulaire rapidement labile en mgC/l :

HP2 matière organique particulaire lentement labile en mgC/l:

HP3 matière organique particulaire réfractaire en mgC/l :

DSS petits substrats organique directement assimilable, en mgC/l :

SIB silice biogénique particulaire en µmol/l :

HB1 matière organique benthique rapidement labile en gC/m² :

HB2 matière organique benthique lentement labile en gC/m²:

HB3 matière organique benthique réfractaire en gC/m² :

BPI phosphore inorganique benthique en mmolP/m² :

SED matière particulaire déposée en g/m²

FEC bactéries coliformes fécales en nb/l

mufdia taux de croissance des diatomées en h⁻¹

mufgra taux de croissance des algues chlorophycées en h⁻¹
 mufcya taux de croissance des cyanobactéries en h⁻¹
 dpth profondeur en m
 acthet activité hétérotrophe totale en mgC/l/h
 BBS silice biogénique benthique en mmol/m²

objet\$-scn.RSB

selon le format

"objet","nom"
 "scenario","XX"
 "ordre/pK","dec","Q","depth","NH4","OXY","NO3","SED","HB1","HB2","HB3","BPI","BBS","FIO2
 bent","FINO3bent","denitbent","FINH4bent","FIPO4bent","FISiObent","zn","zf"
 ""","","m3/s","m","micromol/l","micromol/l","micromol/l","g/m2","gC/m2","gC/m2","gC/m2","mmolP/
 m2","mmolSi/m2","mmolO2/m2/h","mmolN/m2/h","mmolN/m2/h","mmolN/m2/h","mmolP/m2/h","mmolSi/m2
 /h","m","m"

Où

pK/ordre : pK de l'axe ou ordre de Strahler du bassin concerné

dec : décade (de 1 à 36)

Q : débit en m³/s

dpth profondeur en m

NH4 : ammonium en µmol/l

OXY oxygène dissous en µmol/l :

NO3 nitrates en µmol/l:

SED sédiment déposé remobilisable en g/m²

HB1 matière organique benthique rapidement labile en gC/m² :

HB2 matière organique benthique lentement labile en gC/m²:

HB3 matière organique benthique réfractaire en gC/m² :

BPI phosphore inorganique benthique en mmolP/m² :

BBS silice biogénique benthique en mmol/m²

FIO2bent flux benthique d'oxygène (positif vers le sédiment) en mmolO₂/m²/h

FINO3bent flux benthique de nitrates (positif vers le sédiment) en mmolNO₃/m²/h

denitbent flux de dénitrification total en mmolNO₃/m²/h

FINH4bent flux benthique d'ammonium (négatif vers la colonne d'eau) en mmolNH₄/m²/h

FIPO4bent flux benthique de phosphate (négatif vers la colonne d'eau) en mmolP/m²/h

FISiObent flux benthique de silice dissoute (négatif vers la colonne d'eau) en mmolSi/m²/h

zn profondeur de la couche benthique aérobie en m

zf profondeur de la couche benthique fluide en m

Références

- Billen G., J. Garnier, P. Hanset, 1994. Modelling phytoplankton development in whole drainage network: the RIVERSTRAHLER Model applied to the Seine river system. *Hydrobiologia*, 289, 119-137.
- Billen G., J. Garnier, 2000. Nitrogen transfers through the Seine drainage network: a budget based on the application of the RIVERSTRAHLER Model. *Hydrobiologia*, 410, 139-150.
- Billen G., J. Garnier, A. Ficht, C. Cun, 2001. Modeling the response of water quality in the Seine river estuary to human activity in its watershed over the last 50 years. *Estuaries*, 24(6B), 977-993.
- Garnier, J., Billen, G. & Palfner, L. (1999). Understanding the oxygen budget and related ecological processes in the river Mosel: the RIVERSTRAHLER approach. *Hydrobiologia* 410: 151-166.
- Garnier J. & Billen, G. The Riverstrahler Modelling approach applied to a tropical case study (The Red(Hong)River, Vietnam): Nutrient transfer and impact on the coastal zone.(2002) Coll. Of Marine Research Works, 2002, XII, Suppl issue. Proceedings of a SCOPE Workshop on Land-Ocean Nutrient Fluxes: The Silica Cycle. pp. 51-65.
- Garnier J., Billen G., Hannon E., Fonbonne S., Videnina Y. & Soulie (2002). Modeling transfer and retention of nutrients in the drainage network of the Danube River. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 54: 285-308.
- Garnier J., G. Billen, M. Coste, 1995. Seasonal succession of diatoms and chlorophyceae in the drainage network of the Seine river : observations and modeling. *Limnology and Oceanography* 40, 750-765.
- Ruelland D., 2004. SENEQUE, logiciel SIG de modélisation prospective de la qualité de l'eau. Paris : Hermès, *Revue Internationale de Géomatique*,. 14, 97-117.
- Ruelland D., G. Billen, J. Garnier, D. Brunstein, 2007. A multi-scaling GIS interface to the Riverstrahler model of the biogeochemical functioning of river systems. *The Science of the Total Environment*, in press.