

Programme 'Piren-SEINE'

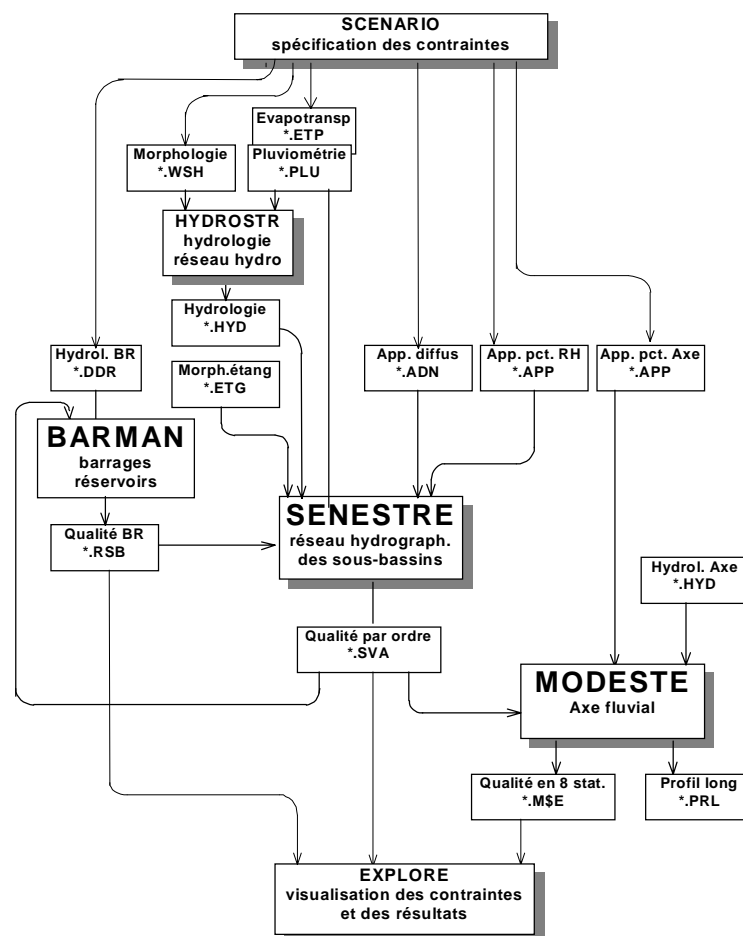
UMR CNRS 7619 Sisyphe
Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)
4, place Jussieu, 75005 Paris

SENEQUE 1.3

notice d'utilisation

janvier 1999

Gilles Billen, Josette Garnier, Guillaume LeGuern



Sommaire

1. Introduction	3	
2. Fonctionnalités et principes de base	4	
2.1 Champ géographique et description morphologique	4	
2.2. Variables d'état et processus pris en compte	6	
3. L'ensemble SENEQUE 1.3: données requises et fonctionnalités	9	
3.1. SCENARIO	11	
3.2. HYDROSTRahler	12	
3.3. BARMAN, BARAU, BARSE	13	
3.4. SENESTRE	14	
3.5. MODESTE	15	15
3.6. EXPLORE	16	
4. Format et classement des fichiers requis ou créés par SENEQUE	18	
4.1. Fichiers morphologiques	18	
4.2. Fichiers hydrologiques	18	
4.3. Fichiers apports du bassin versant	20	
4.4. Fichiers points expérimentaux	21	
4.5. Fichiers scénarios et résultats	23	
5. Références	27	

1. Introduction

Développé dans le cadre du programme PIREN-Seine et de divers autres programmes de recherche internationaux, le Modèle RIVERSTRAHLER est un modèle général du fonctionnement biogéochimique et écologique des grands réseaux hydrographiques, permettant de relier les variations géographiques et saisonnières de la qualité de l'eau et du fonctionnement écologique de ces systèmes aux contraintes morphologiques, hydrologiques et climatiques auxquelles ils sont soumis, ainsi qu'à aux apports diffus et ponctuels en provenance de leur bassin versant.

En dehors de son application à la Seine, qui fait l'objet de la présente notice, le modèle a déjà été appliqué avec succès à quelques grands réseaux hydrographiques tels que le Rhin, l'Escaut, la Loire, le Severn et l'Aliakmon (programme CE-DGXII 'Binoculars': Garnier, Billen & Hannon, 1997), la Moselle (programme CIPMS 'Mosar': Garnier et al., in press), et le Danube (programme CE-DGXII 'EROS21':Garnier et al., in press).

Le réseau hydrographique de la Seine a cependant constitué un cas pilote sur lequel le modèle a été développé d'abord (Billen et al., 1994; Garnier et al., 1995) puis à continué d'être affiné et enrichi (Billen et al, in press). Plusieurs des fonctionnalités mises au point sur le cas de la Seine ne sont pas encore disponibles dans les versions standards utilisées sur d'autres bassins.

SENEQUE ('La Seine en équations') représente l'application dédiée au système Seine du modèle général RIVERSTRAHLER, ainsi qu'un certain nombre de logiciels accessoires qui l'enrichissent ou en facilitent l'utilisation.

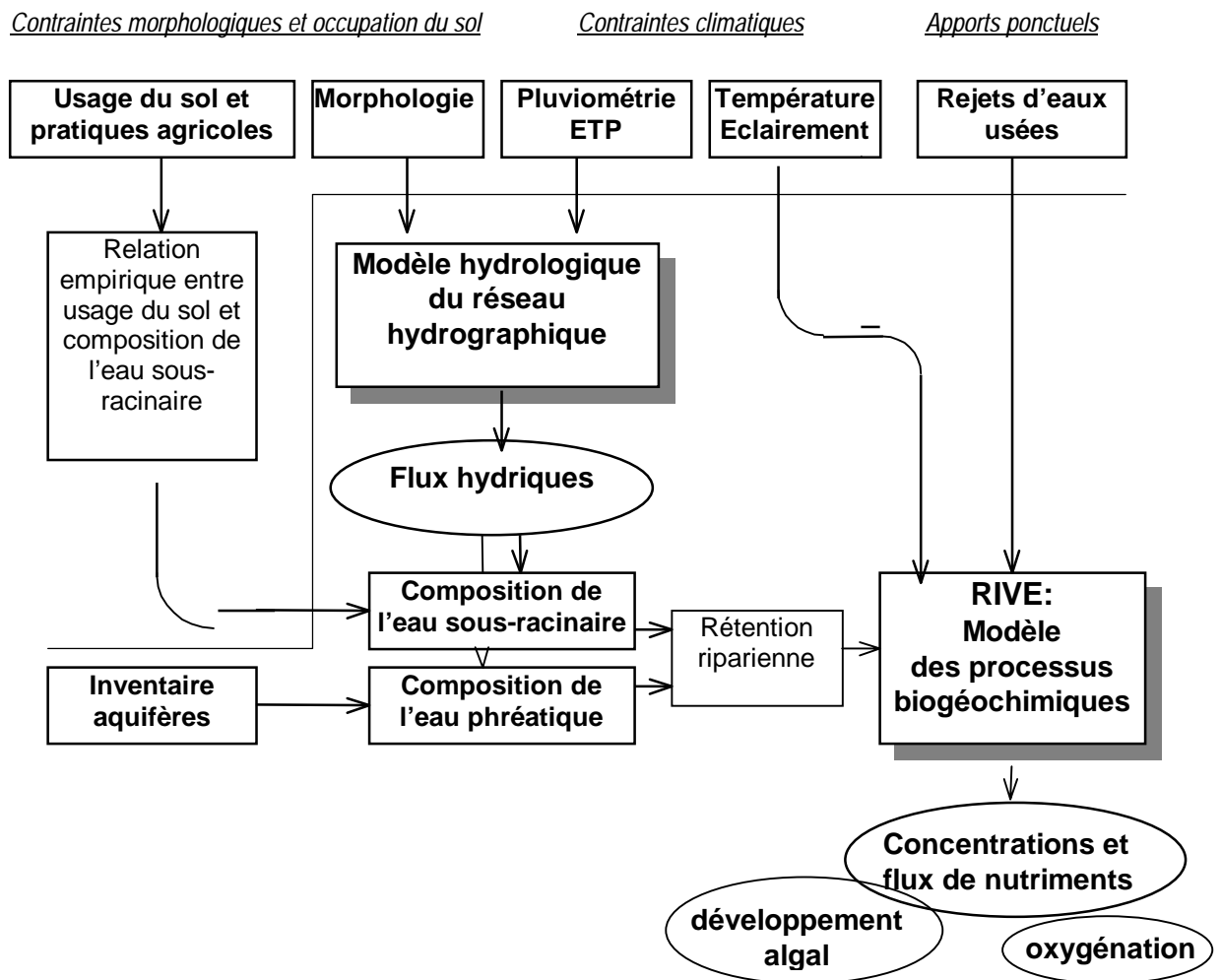
La présente notice décrit sommairement les potentialités et les principes généraux de l'utilisation de cet ensemble, sous sa version la plus à jour, notée 1.3 (novembre 1998). Une notice d'utilisation, plus complète dans sa description du code et du format des fichiers mis en oeuvre est également disponible pour les utilisateurs autorisés du logiciel.

SENEQUE 1.3 a été développé dans le langage de programmation 'Quick Basic Professional, version 7' de Microsoft, supporté par l'environnement DOS. Ce langage n'étant plus distribué commercialement, SENEQUE 1.3 est fourni accompagné des fichiers systèmes nécessaires à son fonctionnement.

Une version de SENEQUE a également été développée sous 'Visual Basic', le langage de programmation qui remplace Quick Basic dans l'environnement Windows. Cette version SENEQUE 2.0 est actuellement en cours de tests et n'est pas encore disponible en externe.

2. Fonctionnalités et principes de base

L'ensemble SENEQUE permet le calcul des variations géographiques et saisonnières (avec une résolution décadaire) du débit, de la qualité de l'eau et du fonctionnement écologique du réseau hydrographique de la Seine, 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.



2.1. Champ géographique et description morphologique

SENEQUE couvre géographiquement l'ensemble du réseau hydrographique de la Seine et de ses annexes hydrauliques. Il distingue dans ce bassin 4 types d'objets (figure 1):

- * le réseau hydrographique des grands sous-bassins
- * des étangs répartis dans ces réseaux hydrographiques
- * des grands réservoirs en connexion, gérés individuellement
- * un axe fluvial principal recevant les exutoires des grands sous-bassins

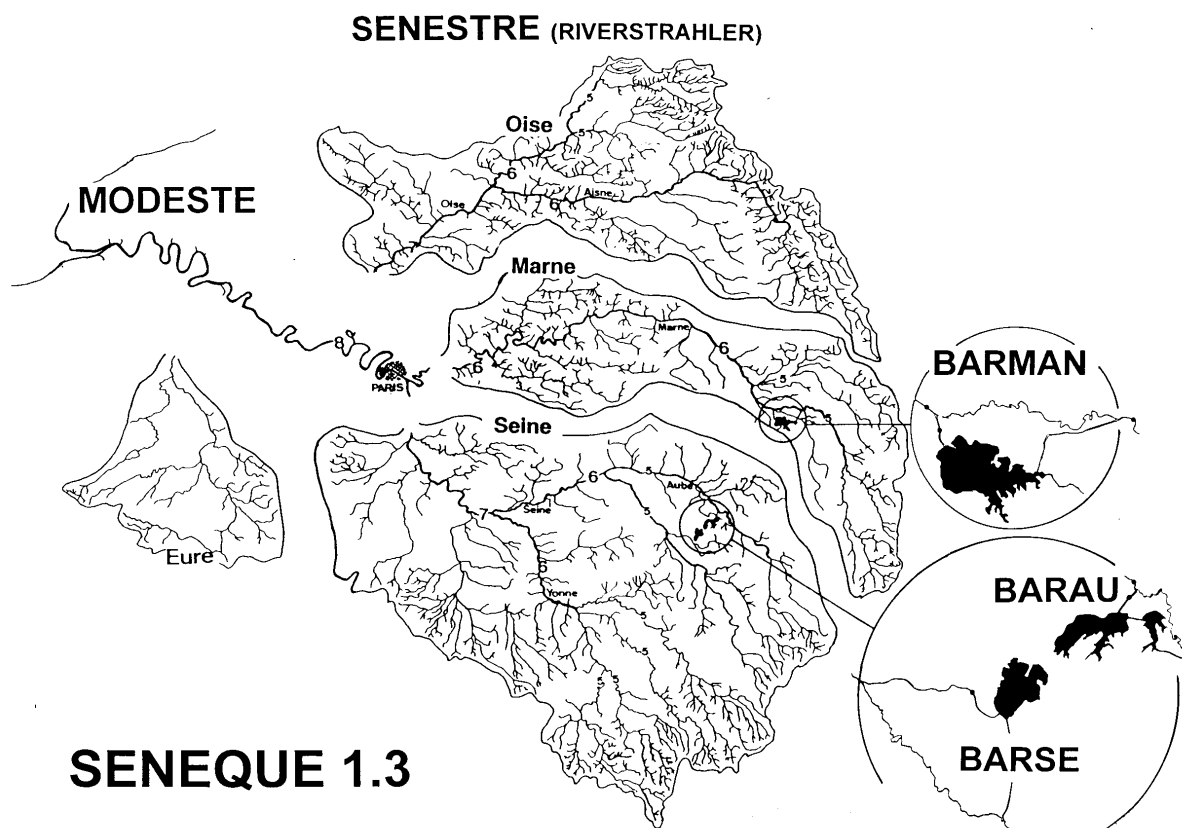


Figure 1. Les trois principaux types d'objets considérés par SENEQUE 1.3 dans l'hydrosystème Seine.

La précision de la **description morphologique** sur laquelle s'appuie SENEQUE pour la modélisation de chacun de ces types d'objets est très différenciée selon les secteurs:

Pour les **4 grands sous-bassins** (la Seine en amont d'Orly, La Marne, l'Oise et l'Eure), 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, très économe en terme de temps de calcul, permet encore pour le dernier ordre de chaque sous-bassin (ordre 7 sur la Seine et l'Oise, ordre 6 sur la Marne et ordre 5 sur l'Eure), de prendre en compte des particularités morphologiques propres comme la présence d'ouvrages hydrauliques.

L'**axe principal** de la Seine, de Orly jusqu'à Caudebec (point le plus amont de la pénétration saline dans l'estuaire) est quant à lui représenté 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 **annexes hydrauliques** en communication, elles sont prises en compte, soit sous forme individualisée, comme c'est le cas pour les 3 grands ouvrages de retenues (barrages réservoirs Seine, Marne et Aube) pour lesquelles on tient compte d'une morphologie précise et des valeurs réelles journalières des débits dérivés et restitués, soit sous forme statistique, comme c'est le cas pour les étangs, dont on considère des caractéristiques moyennes par ordre hydrologique). Les calculs réalisés par SENEQUE1.3 tiennent compte du couplage entre le fonctionnement de ces systèmes et celui du réseau hydrographique auquel ils sont connectés.

2.2. Variables d'état et processus pris en compte

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), en matières en suspension et en carbone organique dissous et particulaire (3 classes de biodégradabilité). Les compartiments biologiques sont représentés par 2 espèces d'algues (diatomées et chlorophycées), 2 types d'organismes zooplanctoniques (rotifères à temps de génération court et microcrustacés à temps de génération lent), 2 types de bactéries hétérotrophes (petites bactéries autochtones et grandes bactéries allochtones) ainsi que des bactéries nitrifiantes.

Un des principe de base du modèle RIVERSTRAHLER est celui de l'unicité des processus à travers l'ensemble du continuum aquatique: des têtes de bassins à l'estuaire, des étangs aux grandes retenues, les processus microscopiques qui déterminent le fonctionnement de l'écosystème sont identiques dans leur nature et leur cinétique. Ce sont les contraintes hydrologiques, morphologiques ou liées aux apports du bassin versant qui induisent les différences de fonctionnement des secteurs successifs de ce continuum. Un seul et même module représentant finement ces processus microscopiques (RIVE) est donc utilisé dans l'ensemble SENEQUE pour toutes les composantes de l'hydrosystème. La plupart des paramètres cinétiques caractérisant ces processus sont fixés 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. Les processus pris en compte dans RIVE, les formes cinétiques utilisées et les valeurs des paramètres correspondants sont résumés dans le tableau 1.

A partir des variables d'état calculées par le modèle, peuvent être déduites les principales caractéristiques du fonctionnement de l'hydrosystème: flux transportés ou retenus, production primaire et activité hétérotrophe, ... La capacité de tracer les diagrammes P/R, caractérisant l'équilibre autotrophie-hétérotrophie du système, dans diverses situations géographiques ou saisonnières, est une des originalités du modèle SENEQUE.

Tableau 1. Formulation de la cinétique des processus pris en compte dans le modèle RIVE, et valeurs des paramètres correspondants.

Processus	expression cinétique	Paramètres				
dynamique du phytoplankton			signification	diatomée	chloro.	Unités
Photosynthèse (phot)	$k_{max} (1 - \exp(-\alpha I/k_{max}))$ PHY	k_{max}^*	vitesse max de photosynth.	0.25	0.5	h^{-1}
		α	pente initiale courbe P/I	0.0012	0.0012	$h^{-1}/(\mu E.m^{-2}.s^{-1})$
synthèse de réserves	$s_{rmax} M(S/PHY, K_s)$ PHY	s_{rmax}^*	taux max synth. réserves	0.19	0.37	h^{-1}
		K_s	1/2 saturation cst	0.06	0.06	
catabolisme des réserves	$k_{cr} R$	k_{cr}^*	taux de catabolisme de R	0.2	0.2	h^{-1}
croissance (phygrwth)	$m_{ufmax} M(S/PHY, K_s) I_f$ PHY	m_{ufmax}	taux max. de croissance*	0.06	0.12	h^{-1}
facteur de limitation par les nutriments	with $I_f = M(PO_4, K_{pp})$ or $M(NO_3 + NH_4, K_{pn})$ or $M(SiO_2, K_{pSi})$	K_{pp}	cst 1/2 sat. uptake P	15	46	$\mu g P l^{-1}$
		K_{pn}	cst 1/2 sat. uptake N	70	70	$\mu g N l^{-1}$
		K_{pSi}	cst 1/2 sat. uptake Si	0.42	-	$mg SiO_2 l^{-1}$
respiration	$maint\ PHY + ecbs\ phygrwth$	$maint^*$ $ecbs$	coefficient de maintenance coût énergétique biosynthèse	0.002 0.5	0.002 0.5	h^{-1} -
excrétion (phyex)	$exp\ phot. + exb\ PHY$	exp	"income tax" excretion	0.0006	0.0006	h^{-1}
		exb	"property tax" excretion	0.001	0.001	h^{-1}
lyse (phyllys)	$k_{df} + k_{df} (1 + v_f)$	k_{df}^*	taux de mortalité	0.004	0.004	h^{-1}
		$v_f +$	facteur de lyse parasitique	0 / 20	0 / 20	-
sédimentation du phyto	$(vs_{phy}/depth).PHY$	vs_{phy}	vitesse de chute	.004	.0005	m/h
prélèvement d' NH_4	$phygrwth / cn\ NH_4/(NH_4+NO_3)$	cn	rapport C:N phyto	7	7	$g\ C(g\ N)^{-1}$
prélèvement de NO_3	$phygrwth / cn\ NO_3/(NH_4+NO_3)$					
prélèvement de PO_4	$phygrwth / cp$	cp	rapport C:P phyto	40	40	$g\ C(g\ P)^{-1}$
prélèvement de SiO_2	$phygrwth / c_{Si}$	c_{Si}	rapport C:Si phyto	2	-	$g\ C(g\ SiO_2)^{-1}$
dépend. à la temperature	$p(T) = p(T_{opt}).\exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	T_{opt}	temperature optimale	21	37	$^{\circ}C$
		dti	écart type température	13	17	$^{\circ}C$
dynamique du zooplancton				rotifères	µcrust.	
Croissance ZOO (zoogwth)	$\mu_{zox}.M(PHY-PHY_o).KPHY).ZOO$	μ_{zox} $KPHY$ PHY_o	taux max.de croissance cst 1/2 sat vis à vis phyto seuil de conc.phyto	0.02* 0.8 0.2		h^{-1} mgC/l mgC/l
broutage ZOO	$grmx.M((PHY-PHY_o) KPHY).ZOO$	$grmx$	taux max de grazing	0.04*		h^{-1}
mortalité ZOO	$k_{dz}.ZOO$	k_{dz}	taux de mortalité	0.01*		h^{-1}
dépdce à la temperature	$p(T) = p(T_{opt}).\exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	T_{opt}	temperature optimale	21		$^{\circ}C$
		dti	écart type temperature	13		$^{\circ}C$
dynamique du bacterioplancton				bact<1µ	bact>1µ	
prod de HPi par lyse	$epi . (phyllys+bactlys+zoomort)$	$ep1$	fraction HP1 dans pdts lyse	0.2		-
		$ep2$	fraction HP2 dans pdts lyse	0.2		-
		$ep3$	fraction HP3 dans pdts lyse	0.1		-
hydrolyse exoenzym. HPi	$kib.HPi$	$k1b$ $k2b$	HP1 lysis rate HP2 lysis rate	0.005 0.00025		h^{-1} h^{-1}
sédimentation HPi	$(vsm/depth).Hip$	Vs	Hip sinking rate	0.05		m/h
prod de HDi par lyse	$\delta e . (phyllys+bactlys+zoomort)$	$ed1$	fraction HD1 dans pdts lyse	0.2		-
		$ed2$	fraction HD2 dans pdts lyse	0.2		-
		$ed3$	fraction HD3 dans pdts lyse	0.1		-
hydrolyse exoenzym. HDi	$eimax. M(HDi, KHi).BAC$	$e1max$	vit. max. d'hydrolyse de HD1	0.75	0.75	h^{-1}
		$e2max$	vit. max. d'hydrolyse de HD2	0.25	0.25	h^{-1}
		$KH1$	cst 1/2 sat de l'hydro. HD1	0.25	0.25	mgC/l
		$KH2$	cst 1/2 sat de l'hydro. HD2	2.5	2.5	mgC/l
prélèvmnt substrats directs	$bmax. M(S, K_s).BAC$	$bmax$	vit. max. de prélèvmnt de S	.16	.6	h^{-1}
		K_s	cst 1/2 sat du prélèvmnt de S	.1	.1	mgC/l
croissance bact. (bgwth)	$Y. bmax. M(S, K_s).BAC$	Y	rendement de croissance	.25	0.25	-
mortalité bact. (bactlys)	$k_{db}.BAC$	k_{db}	taux de lyse	.02	.05	h^{-1}
sedimentation bact.	$(vsb/depth).BAC$	vsb	vitesse de chute	0	0.02	m/h
ammonification	$(1-Y)/Y.bgwth/cn$	cn	rapport C:N des bact.	7	7	gC/gN
production PO_4	$(1-Y)/Y.bgwth/cp$	cp	rapport C:P des bact.	40	40	gC/gP
dépendance à la temperature	$p(T) = p(T_{opt}).\exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	T_{opt}	temperature optimale	25	25	$^{\circ}C$
		dti	écart type temperature	20	20	$^{\circ}C$

nitrification and dynamique du phosphore					
croissance NIT (nitgwth)	$\mu_{mix}.M/(NH_4,KNH_4).M/(O_2,KO_2).$ NIT	μ_{mix}^* KNH4 KO2	taux de croiss. Max. cst 1/2 sat pour NH4 cst 1/2 sat pour O2	0.036 1.12 0.6	h-1 mgN/l mgO2/l
oxydation d'NH4	nitgwth/rdtnit	rdtnit	rendement de crissance	0.07	mgC/mg NH ₄
mortalité des NIT	kdnit.NIT	kdnit*	taux de mortalité	0.0185	h-1
adsorpt/desorpt. du PO4 (phase planctonique)	Langmuir isotherm	Pac KPads	cap.max. d'adsorption MES cst de 1/2 saturation de l'ads.	0.006 0.1	mgP/mgMES mgP/l
dépendance à la temp.	$p(T) = p(T_{opt}).exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	Topt dti	temperature optimale écart type temperature	25 20	°C °C
remineralsation benthique					
sédimentation des MES	(vsm/depth)*MES	vsm	vitesse de chute		m/h
Diffusion (ph interstit.)	Fick law	Di	coefficient app. de diffusion	$2 \cdot 10^{-5}$	cm ² /s
Mélange (ph. solide)	Fick law	Ds	coefficient de mélange	$2 \cdot 10^{-6}$	cm ² /s
mineralis.Norg	kib.HPi/cn				
mineralisation du Porg	kip.HPi/cp	k1p* k2p*	vit.hydrolyse du Porg de HP1 vit.hydrolyse du Porg de HP2	0.05* 0.0025*	h-1 h-1
nitrification	kNi*NH4 (<i>dans la zone oxygénée</i>)	kNi	cst 1er ordre de nitrification	1	h-1
NH ₄ adsorpt/desorpt.	1st order equilibrium	Kam	cst 1er ordre d'ads. d'NH ₄	30	-
adsorpt/desorpt. PO ₄ (dans le benthos)	1st order equilibrium	Kpa Kpe	cap. ads PO ₄ (couche oxiq) id (couche anoxique)	35 1.7	- -
redissolution SiO ₂	kdbSi.SIB	kdbSi	taux de redissolution de SiO ₂	0.01	h ⁻¹
dépendance à la temp.	$p(T) = p(T_{opt}).exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	Topt dti	temperature optimale écart type temperature	25 20	°C °C
filtreurs benthiques					
filtration*	grbenth*PHY*MOL/prof	grbenth MOL	taux de filtration biomasse de filtreurs benth.	.001 10-100	m ³ /gdw/j gdw/m ²
dépendance à la temp.	$p(T) = p(T_{opt}).exp(-(T-T_{opt})^2 / dti^2)$	Topt dti	temperature optimale écart type temperature	25 10	°C °C

*Ces paramètres dépendent de la température selon la relation mentionnée.

+M(C,Kc) = C/(C+Kc) : fonction hyperbolique de Michaelis-Menten.

+vf: paramètre d'amplification parasitique de la lyse. Il est maintenu à 0 tant que la densité algale reste inférieure à une valeur seuil de 65 µg Chla/l et que la temperature est inférieure à 15°C.

3. L'ensemble SENEQUE 1.3: données requises et fonctionnalités

L'ensemble SENEQUE 1.3 comprend 3 applications principales, chacune destinée au calcul du fonctionnement d'une des composantes de l'hydrosystème: chevelu hydrographique des sous-bassins, barrages-réservoirs, axe principal de la Seine jusqu'à l'estuaire.

SENESTRE calcule la qualité de l'eau dans le réseau hydrographique des sous-bassins

BARMAN, BARAU, BARSE calculent la qualité de l'eau dans les barrages-réservoirs

MODESTE calcule celle de l'axe principal de la Seine de Orly à Caudebec.

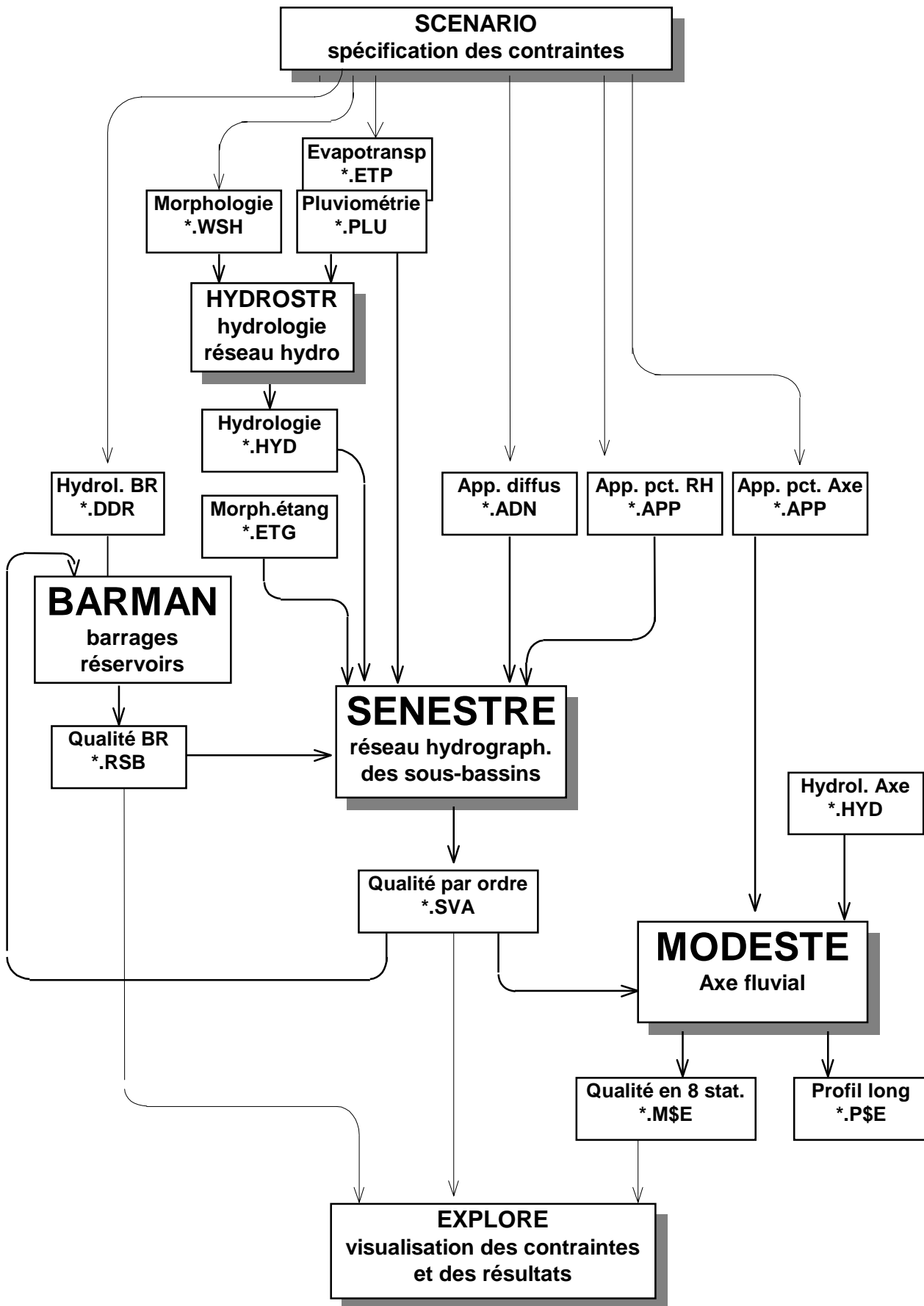
L'interfaçage de ces applications est assuré par l'emploi comme condition d'entrée par chacune des fichiers résultats d'une autre, selon une procédure décrite dans le tableau suivant. L'ensemble SENEQUE 1.3 comporte aussi plusieurs logiciels accessoires, d'aide ou d'édition:

SCENARIO permet de créer un fichier "scénario" qui définit pour toutes les applications l'ensemble des contraintes caractérisant un "état du monde" par rapport à l'hydrosystème.

HYDROSTR calcule l'hydrologie des sous-bassins et permet le calage des paramètres hydrologiques du modèle.

EXPLORE permet de visualiser à l'écran les résultats des calculs de toutes les applications de l'ensemble SENEQUE, et de créer des fichiers spécifiques destinés au traitement graphique des résultats sous EXCEL par exemple.

Une session standard de SENEQUE débute par la création d'un fichier "scénario", se poursuit par le calage des paramètres hydrologiques, par le calcul de la qualité de l'eau dans les différents secteurs de l'hydrosystème, puis par l'exploration des résultats obtenus. C'est l'ordre que nous allons suivre dans cette présentation.

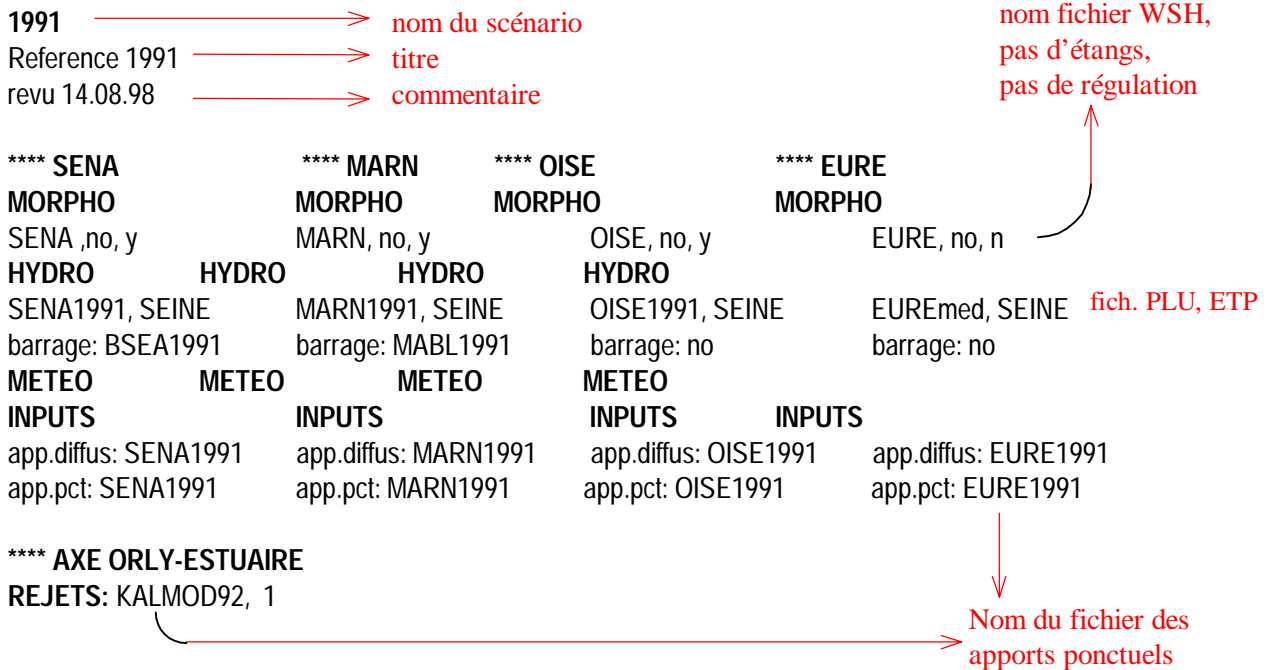


SENEQUE 1.3

3.1. SCENARIO

SCENARIO est un simple aide mémoire pour la constitution du fichier "scénario" auquel il sera fait référence à chaque utilisation des applications de SENEQUE. Le fichier "scénario" précise le nom des fichiers spécifiques à appeler par les applications pour prendre en compte les contraintes de toute nature exercées sur le système. Le nom du fichier "scénario", en 4 caractères, désignera tous les résultats calculés avec le jeu de contraintes correspondant.

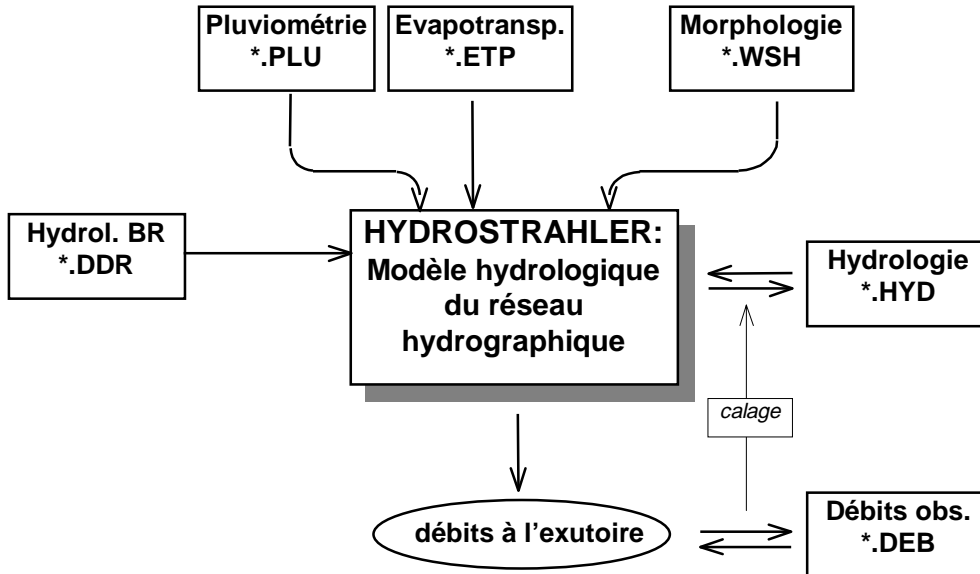
La structure générale de ce fichier est la suivante:



L'exécution du programme SCENARIO est commode pour créer un tout nouveau jeu de données contraintes. Il est conçu de manière à fournir à l'utilisateur une vision générale de la philosophie SENEQUE. Un utilisateur averti, désirant créer un scénario simple scénario ne différant que marginalement d'autres déjà créées, préférera sans doute le faire à partir d'un autre en modifiant directement les noms de fichiers contraintes, sous une application quelconque de lecture de fichiers textes (EDIT sous DOS par exemple). Se référer pour cela à la structure et à la nomenclature des fichiers, section suivante.

3.2. HYDROSTRahler

HYDROSTRAHLER permet de simuler les variations saisonnières du débit à l'exutoire (au pas de temps décadaire) d'un sous-bassin versant, en tenant compte de la pluviométrie (fichier *.PLU), de l'évapotranspiration (fichier *.ETP), et des données géomorphologiques qui conditionnent l'écoulement (fichier *.WSH), sur la base d'un modèle simple de la relation pluie-débit prenant en compte un réservoir sol et un réservoir aquifère. En ce qui concerne les sous-bassins de la Seine amont et de la Marne, les résultats en débit tiennent compte de la gestion des barrages réservoirs (fichier *.DDR).



L'application RIVERSTRAHLER permet d'ajuster le débit simulé sur des données de débits observés, consignées dans un fichier *.DEB, en modifiant les cinq paramètres qui caractérisent le comportement hydrologique du bassin:

- NAPo, le niveau initial de la nappe (mm)
- SOLsat, le niveau de saturation du sol (mm)
- tinf, le taux d'infiltration (par décade)
- tecs, le taux d'écoulement superficiel (par décade)
- tinf, le taux d'écoulement de la nappe (par décade)

Ces valeurs de paramètres sont consignées dans un fichier *.HYD. En principe, l'ajustement de ces paramètres se fait une fois pour toutes, sur base des données de plusieurs années d'hydrologie contrastée, et ne doit plus être modifié pour des années nouvelles.

La session d'utilisation de RIVERSTRAHLER permet également de créer les fichiers *.PLU et *.DEB s'ils n'existent pas encore pour l'année étudiée.

3.3. BARMAN, BARAU, BARSE

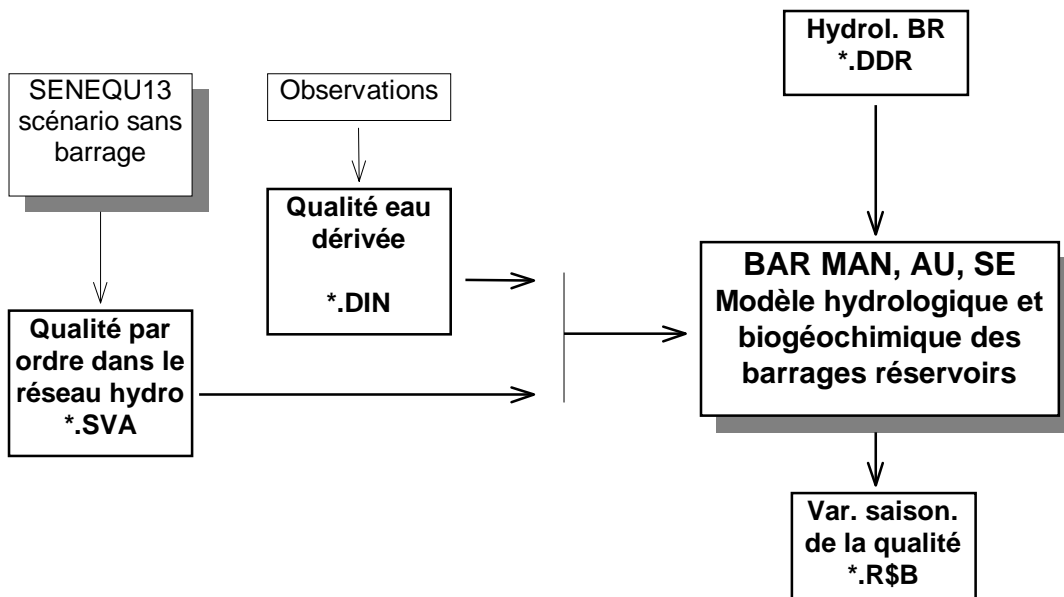
Les logiciels BARMAN (Marne), BARAU (Aube) et BARSE (Seine) permettent le calcul des variations saisonnières (au pas de temps journalier entre le 1er novembre et le 31 décembre de l'année suivante) de la composition de l'eau des trois grands ouvrages de retenue du bassin de la Seine. La morphologie des ouvrages est préencodée, sous la forme d'une relation cote-volume et cote-surface spécifique pour chaque barrage. L'existence de deux lacs interconnectés est prise en compte dans le cas du barrage Marne et du barrage Aube.

Les simulations requièrent un fichier des débits journaliers dérivés et restitués (*.DDR). La qualité de l'eau dérivée doit également être fournie. Deux options s'offrent à l'utilisateur à cet égard:

(i) si des données expérimentales existent concernant cette qualité, elles peuvent être rassemblées dans un fichier *.DIN obtenu par interpolation entre les mesures disponibles;

(ii) la démarche la plus cohérente consiste à utiliser les résultats, consignés dans un fichier *.SVA, de la simulation par SENEQU13 des variations saisonnières par ordre hydrologique de la qualité de l'eau dans le réseau hydrographique pour un scénario sans barrage réservoir.

Les résultats des simulations BARMAN sont consignés dans un fichier .R\$B utilisable par les autres applications SENEQUE. Un format de fichier plus adapté au traitement graphique des sorties (*.BXL) peut également être produit.



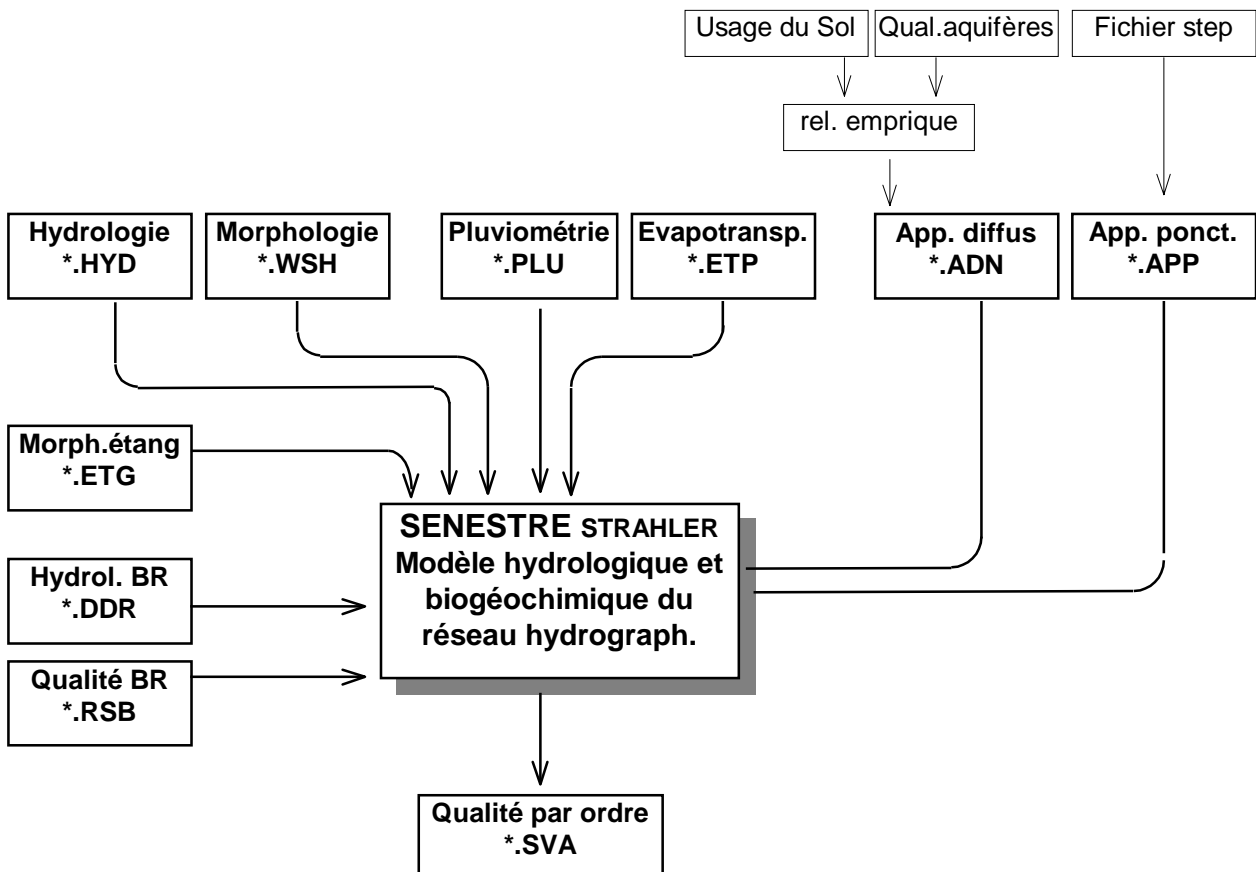
3.4. SENESTRE

SENESTRE simule l'évolution saisonnière de différentes variables biologiques et chimiques dans les tributaires de chaque ordre des 4 sous-bassins. Le programme comprend les modules Hydrostrahler et Etangs. Il requiert l'introduction des contraintes météorologiques, morphologiques, hydrologiques citées plus haut.

La prise en compte du couplage avec les barrages réservoirs nécessite que soient fournis en outre les fichiers relatifs à la gestion hydraulique de ces ouvrages, ainsi que les fichiers de résultats du modèle BARMAN, BARAU ou BARSE correspondant au même scénario.

Les apports du bassin versant, diffus et ponctuels, sont fournis respectivement par les fichiers *.ADN et *.APP. Le fichier des apports ponctuels est une compilation des rejets de MES, de carbone organique, de nitrates, d'ammonium et de phosphates cumulés par ordre hydrologique, établi, par exemple, à partir du fichier des ouvrages d'assainissement localisés dans le bassin. Le fichier des apports diffus représente les conditions initiales de composition des composantes superficielle et phréatique du débit, avant qu'elles ne rejoignent le réseau hydrographique. Idéalement, cette composition est établie, pour la composante superficielle, à partir des données relatives à l'usage du sol et aux pratiques agricoles dans le bassin, en utilisant les relations empiriques établies sur base des mesures lysimétriques disponibles dans le bassin; pour la composante souterraines, à partir d'un relevé des données disponibles sur la composition des aquifères. Un facteur de rétention au passage des zones ripariennes, ajusté empiriquement, est également pris en compte.

Différents formats d'encodage des résultats sont disponibles: le format *.SVA, le plus complet, est utilisé par les autres applications de l'ensemble SENEQUE. Un format *.RXL permet un traitement plus facile des données sous EXCEL ou d'autres applications graphiques.



3.5. MODESTE

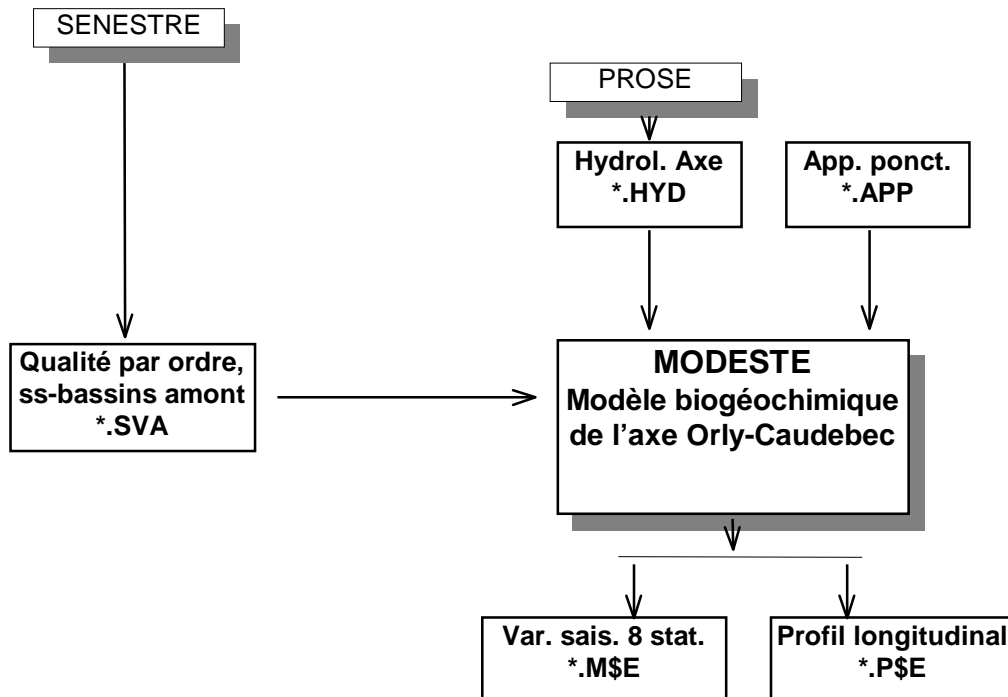
Le modèle MODESTE résulte du prologement du modèle MONET, utilisé précédemment dans le programme PIREN-Seine (Billen, Dégardin, Even & Thomas, 1995), pour inclure l'estuaire interne de la Seine (jusqu'à Caudebec). Il calcule les variations saisonnières (au pas de temps décadaire) de la qualité de l'eau tout au long du profil Orly-Caudebec (au pas kilométrique), sous l'hypothèse d'un écoulement permanent stationnaire.

Les conditions aux limites amont sont fournies par les fichiers résultats de SENEQU13 (*.SVA) relatifs à la Seine, à la Marne, à l'Oise et à l'Eure.

Les conditions hydrologiques (section mouillée, profondeur moyenne, hauteur de chute aux barrages de navigation) sont forcées à partir du débit d'amont, sur base des résultats d'un modèle hydrologique détaillé de cette partie de la Seine (modèle PROSE): les valeurs en sont consignées dans 10 fichiers .HYD correspondant à 10 classes de débit. La contribution au débit du bassin versant propre de l'axe, hors les 4 principaux affluents et le rejet de la station d'épuration SeineAval, est négligée dans cette version.

Le fichier des apports ponctuels (.APP) est une compilation des rejets de MES, de carbone organique, de nitrates, d'ammonium et de phosphates, établie km par km à partir du fichier des ouvrages d'assainissement localisés le long de l'axe fluvial ou dans son bassin versant propre.

Le modèle peut fonctionner sur un cycle annuel complet, les résultats des variations saisonnières en 10 stations sont alors consignés dans un fichier .M\$E. Il peut également simuler un profil longitudinal à une date donnée, les résultats étant alors consignés dans un fichier .P\$E. Un fichier .PXL se prêtant mieux à l'exploitation graphique des résultats peut également être généré.



3.6. EXPLORE

EXPLORE permet d'éditer graphiquement de manière synthétique les résultats des simulations réalisées à l'aide des trois applications principales de SENEQUE pour un scénario donné relatifs aux contraintes.

EXPLORE propose d'abord d'éditer les fichiers de contraintes correspondant à ce scénario.

Pour l'examen des résultats de simulation, deux options sont possibles: validation ou comparaison.

- Dans l'option 'validation', on cherche à valider une simulation en confrontant les résultats aux données d'observations disponibles. Dans ce cas le programme fera appel aux fichiers contenant ces données, rassemblées dans un répertoire ...\\PEXP\ sous le nom "stationannée.var", ou "bassinannée.var".

- Dans l'option 'comparaison', on souhaite comparer les résultats de la simulation à une celle correspondant à un scénario de référence (par défaut l'année 1991). La situation de référence est alors automatiquement dessinée en pontillé.

EXPLORE permet enfin de créer des fichiers résultats partiels sous un format texte, permettant un traitement aisé par n'importe quelle application graphique comme EXCEL.

Quelques exemples de sorties écran d'EXPLORE sont présentées dans les figures suivantes.

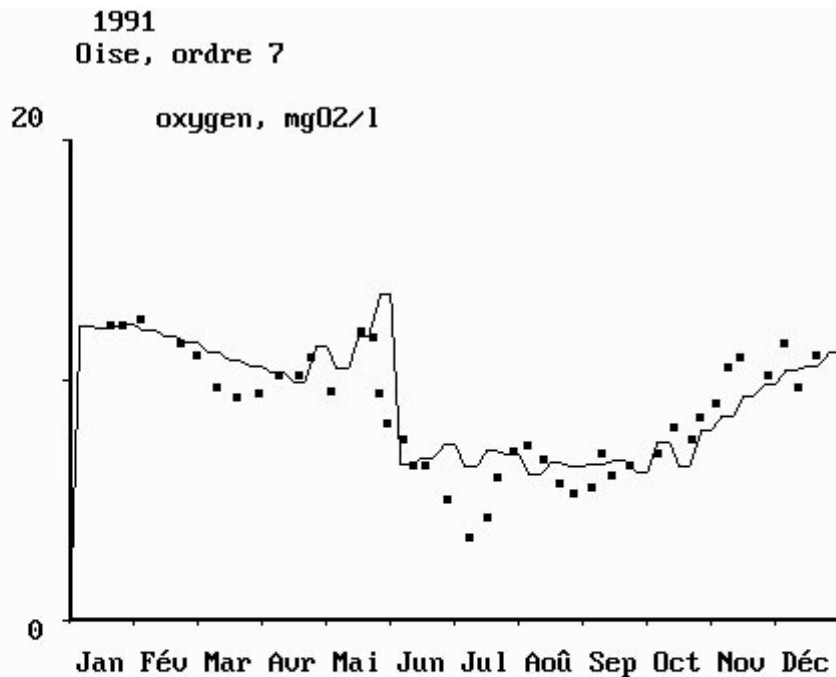


Figure 2: Simulation par le modèle SENESTRE des variations saisonnières de la concentration en oxygène dissous à la station de Méry sur Oise en 1991. Comparaison avec les observations réalisées par la CGE.

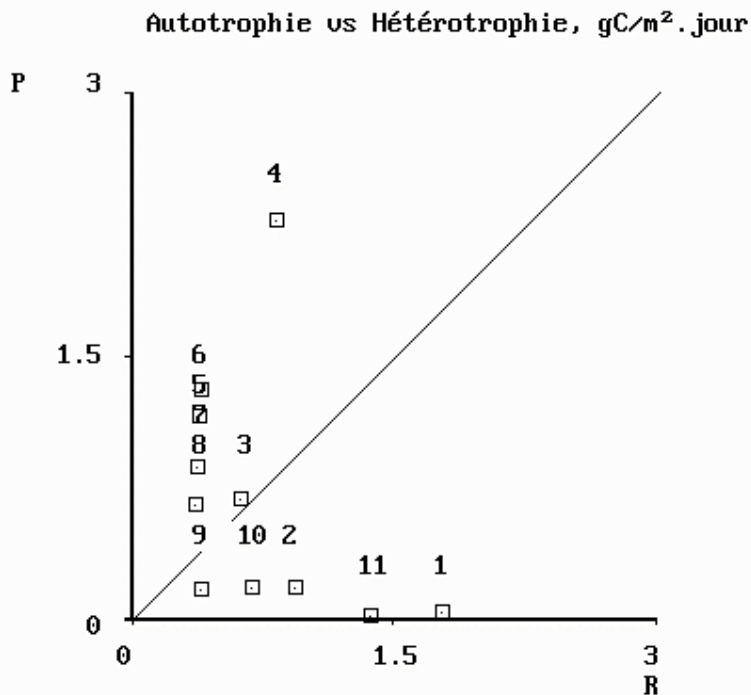


Figure 3: Simulation par le modèle SENESTRE des variations saisonnières de l'autotrophie et de l'hétérotrophie à la station de Neuilly en 1991.

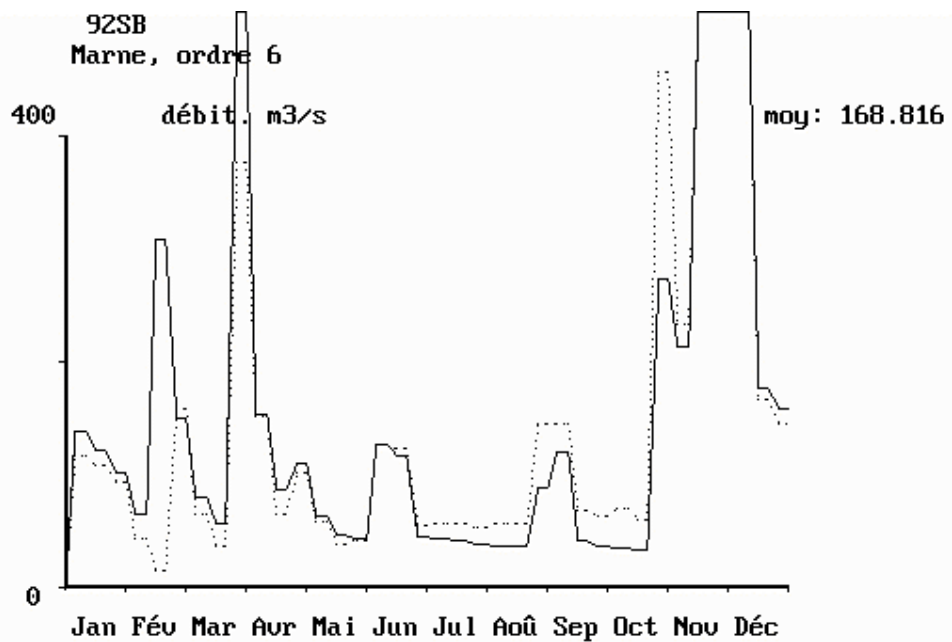


Figure 4: Simulation par le modèle SENESTRE des variations saisonnières du débit à la station de Neuilly sur Marne, dans un scénario sans barrages réservoirs en 1992 (trait plein). Comparaison avec la simulation correspondant à la situation de référence 1992 (trait interrompu).

4. Format et classement des fichiers requis ou créés par SENEQUE

6 sous-répertoires doivent être créés lors de l'installation de SENEQUE 1.3. :

- **\morpho** : où sont rangés les fichiers relatifs à la description morphologique des bassins et des branches
- **\hydro** : où sont classés les fichiers relatifs aux conditions hydrologiques (pluviométrie, ETP)
- **\apports** : où sont rassemblés les fichiers relatifs aux apports diffus et ponctuels du bassin versant
- **\results** : où seront placés les fichiers résultats des calculs des différents modèles
- **\pexp** : où l'on range les fichiers de données expérimentales disponibles
- **\pgraph** : où l'on range les fichiers textes éditables par les logiciels graphiques

4.1. Fichiers morphologiques : répertoire \morpho

Morphologie
***.WSH**

bassin\$.WSH Fichiers préencodés relatifs aux caractéristiques géomorphologiques du sous-bassin 'bassin\$'.

Ils se présentent selon le format:

no, lo, SBV, slop, la, SBP, sl

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

où

no est le nombre de tributaires

lo, leur longueur

SBV, la surface de bassin versant

slop, la pente

la, la largeur

SBP, la surface de bassin versant direct (c-à-d la partie du bassin versant qui n'appartient pas au bassin versant des affluents)

sl, la somme des longueurs des ordres inférieurs ou égaux

Morph.étang
***.ETG**

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(o), fractdeb(o), surf(o)

.... (une ligne par ordre hydrologique)

où

fréq(o) est la fréquence de présence d'étangs sur l'ordre o

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).

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

4.2. Fichiers hydrologiques (répertoire \hydro)

Hydrologie
***.HYD**

bassin\$.HYD Fichiers préencodés et modifiables par le module HYDROSTRAHLER, relatifs aux caractéristiques hydrologiques du sous-bassin 'bassin\$'.

Ils se présentent selon le format:

NAPo, SOLsat, tinf, tecc, ten

où

NAPo est le niveau initial de la nappe (mm)

SOLsat est le niveau de saturation du sol (mm)

tinf est le taux d'infiltration (par décade)

tecc est le taux d'écoulement superficiel (par décade)

tinf est le taux d'écoulement de la nappe (par décade)

Hydrol. Axe
***.HYD**

Modhy(t)???.HYD Fichiers préencodés fournissant les caractéristiques hydrologiques et morphologiques de l'axe fluvial de la Seine pour 10 classes de débit d'amont (débit à Alfortville), telles qu'elles ont pu être définies par le modèle PROSE. Ils fournissent, pour les besoins du calcul de l'écoulement des masses d'eau:

* la hauteur de chute (hc, m) aux 7 barrages de navigation (Port à L'Anglais, Suresnes, Chatou, Andrésey, Méricourt, Port Mort, Poses)

* la largeur (la, m) et la section mouillée (A, m²) de la rivière tous les km.

selon le format:

hc(1)

hc(2)

....

hc(7)

pK, A(pK), la(pK)

.... (de 0 (Port à L'Anglais) à 360 (Berville, 8km en amont d'Honfleur), valeur tous les km)

Pour chaque situation saisonnière, MODESTE choisi le fichier correspondant au débit de la Seine amont fixé comme condition limite.

Pluviométrie
***.PLU**

bassin\$????.PLU Données de pluviométrie moyenne du sous-bassin 'bassin\$' pour l'année (ou le scénario) '????' :

36 valeurs en mm/10 jours correspondant aux 3 décades de 12 mois

selon le format:

pluviodec1, pluviodec2, pluviodec3

....

(12 lignes, 1 ligne par mois)

Evapotransp
***.ETP**

SEINE.ETP Données d'évapotranspiration moyenne du bassin de la Seine. (Ces valeurs d'évapotranspiration sont considérées comme valable pour tous les sous-bassins de la Seine et identiques d'année en année, elles ont été calculées avec l'équation de PENMAN).

36 valeurs en mm/10 jours correspondant aux 3 décades de 12 mois

selon le format:

etpdec1, etpdec2, etpdec3

....

(12 lignes, 1 ligne par mois)

**Débits
*.DEB**

bassin\$????.DEB Données expérimentales de débit à l'exutoire du sous-bassin 'bassin\$' pour l'année (ou le scénario) '????'

Valeurs en m³/s pour le jour t (de 1 à 365) ; autant de valeurs que disponibles selon le format:

t, deb

...

**Hydrol. BR
*.DDR**

BAR\$????.DDR Valeurs journalières des débits dérivés et restitués du barrage réservoir BAR\$ (MABL, AUBC, AMAC) pour l'année (ou le scénario) '????', depuis le 1^{er} novembre de l'année précédente.

Valeurs en m³/s pour le jour t (de 1 à 420) selon le format:

t, qderiv, qrest

...

4.2. Fichiers apports du bassin versant (répertoire \apports)

**App.ponct.
sous-bassin
*.APP**

bassin\$????.APP Fichier des apports ponctuels par ordre hydrologique dans le bassin\$, pour le scénario '????'

Les données sont organisées selon le format :

'abs.values'

ordre, eqhab, rMES, rCorg, rNO3, rNH4, rPO4

... (une ligne par ordre hydrologique)

avec

eqhab : nombre d'habitants équivalents brut sur l'ensemble des tributaires de cet ordre

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

La mention 'abs.values' indique qu'il s'agit bien de données en valeur absolues. Elle peut être remplacée par 'rel. values', si les données sont introduites en valeurs spécifiques par km² de bassin versant.

Pour l'établissement de ce fichier, les équivalences suivantes doivent être notées :

1gDBO5 = 0.33 g Carbone biodégradable

C/N mat.org. = 7 gC/gN

C/P mat.org. = 40 gC/gP

charge spécifique brute par habitant équivalent :

80 gMES/jour

54 gDBO5/jour donc 18 g Corg/jour plus 9 g Corg réfractaire/jour

12.5 gN/jour

2.5 - 3.2 gP/jour

**App.ponct.
branche
*.APP**

KMOD????APP Fichier des apports ponctuels par pK le long de l'axe fluvial, pour le scénario ????

Les données sont organisées selon le format :

pK, eqhab, rMES, rCorg, rNO3, rNH4, rPO4
... (une ligne par pK de 641 à 1000)

avec

pK : pK AESN, 641 à Port à l'Anglais, 1000 à Honfleur

eqhab : nombre d'habitants équivalents brut rejetant ses eaux usées à ce pK

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

**App.diffus
ss-bassin
*.ADN**

bassin\$????.ADN Fichier des concentrations moyennes des principales variables, dans l'eau superficielle et dans l'eau phréatique du sous-bassin 'bassin\$' pour le scénario ????

Les données sont organisées selon le format :

NO3s, NH4s, PITs, SIOs, HD1s, HD2s, HD3s, HP1s, HP2s, HP3s, MESs
NO3n, NH4n, PITn, SIO n, HD1n, HD2n, HD3n, HP1n, HP2n, HP3n, MESn
ript\$
ftripN(1), ftripP(1), ftripMES(1)
... (1 ligne par ordre hydrologique)

avec

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

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

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

ript\$ ('yes' ou 'no') indique si le modèle doit ou non tenir compte des facteurs de transfert riparien

ftripN(o) est le facteur de transfert riparien pour l'azote à l'ordre o.

Les valeurs de NO3s peuvent être dérivées de l'usage du sol par la formule empirique suivante :

$$C_{SR} = 0.4 * A_f + 3 * A_p + (15 + 0.01 * F + 0.1 * (F-130) * (F > 130)) * A_a \quad (1)$$

où C_{SR} est la concentration moyenne en nitrates à la base de la zone racinaire (mgN/l)

A_f , A_p , A_a sont les surfaces relatives de forêt, prairie et terre arable respectivement

F est le taux de fertilisation azoté sur les terres arables ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$)

le terme (F>130) vaut 0 ou 1 selon que F est inférieur ou supérieur à 130

La valeur des concentrations de la contribution phréatique du débit doit provenir d'un survey de la composition des aquifères.

4.3. Fichiers points expérimentaux (répertoire \pexp)

**variables en
variations
saisonnieres
*.VAR**

station\$????APP Fichier des apports ponctuels par ordre hydrologique dans le bassin\$, pour l'année ????

Les données sont organisées selon le format :

t, var

... (autant de lignes que de valeurs disponibles)

Le temps est compté en jours juliens (1 à 365)

Les unités sont les suivantes :

MES(mg/l), matières en suspension

Chla(µg/l), chlorophylle a

NH4(µM), ammonium

NO3(µM), nitrates

PO4(µM), ortho-phosphates

Ptot(µM), phosphore total

O2 (µmol/l), oxygène dissous

DOC (mgC/l), carbone organique dissous

COP(mgC/l), carbone organique particulaire

**variables en
variation
longitudinale
*.EX1,2**

mois\$????EX1,2 Fichier des données expérimentales recueillies tout au long d'un profil longitudinal au mois 'mois\$' de l'année ????. Les données sont organisées selon le format : (le pK utilisé est celui du SNS : 0 au pont Marie, 354 à Honfleur)

pour *.EX1

pK, MES, Chla, DBO5, NIT, ActNitr, NH4, NO3, PO4, Ptot

... autant de lignes que de données disponibles

pour *.EX2

pK, O2 , Bp, Bg, ActBp, ActBg, Acttot, BDOC, COD, COP

avec

MES(mg/l), matières en suspension

Chla(µg/l), chlorophylle a

DBO5(mgO2/l), demande biologique en oxygène

NIT(µgC/l), biomasse des bactéries nitrifiantes

ActNitr(µM/h), activité nitrifiante

NH4(µM), ammonium

NO3(µM), nitrates

PO4(µM), ortho-phosphates

Ptot(µM), phosphore total

O2 (µmol/l), oxygène dissous

Bp (mgC/l), biomasse des petites bactéries hétérotrophes

Bg (mgC/l), biomasse des grosses bactéries hétérotrophes

ActBp (µgC/l.h), production des petites bactéries hétérotrophes

ActBg (µgC/l.h), production des grosses bactéries hétérotrophes

Acttot (µC/l.h), production bactérienne totale

BDOC (mgC/l), carbone organique dissous biodégradable

COD (mgC/l), carbone organique total

COP(mgC/l), carbone organique particulaire

Les données manquantes sont représentées par la valeur (-1)

4.4. Fichiers scénarios et résultats (répertoire \results)

scénario
*.SCS

????.SCS Fichier spécifiant les contraintes du scénario ????
Les données sont organisées selon le format :

???? (ex : 1994)

titre (ex : 'Reference 1994')

4 lignes de commentaires

****, bassin\$ (SENA, MARN, OISE ou EURE)

MORPHO

'fichier WSH',

présence d'étangs ('fichier ETG' ou 'no'),

existence d'une régulation de la profondeur au dernier ordre ('y' ou 'n')

HYDRO

pluvio, 'fichier PLU', 'fichier ETP'

barrage, 'fichier barrage reservoir'

METEO

14,10,12,..375,471,..53

(respectivement, température moyenne annuelle, amplitude des var. saisonnières de la température, photopériode moyenne, amplitude relative des var. saison. de la photopériode, Intensité lumineuse moyenne pendant la photopériode, amplitude relative des var.saison. de l'intensité lumineuse moyenne sur la photopériode)

INPUTS

app.diffus, 'fichier ADN'

app.pct, 'fichier APP'

****, "AXE ORLY-ESTUAIRE"

REJETS, 'fichier APP', fact. multiplicatif des apports (1 par défaut)

Qualité BR
*.RSB

BARR????.RSB Fichier de la qualité de l'eau dans le barrage réservoir BARR (MARN, SEIN, AUBE) calculée par le modèle BARMAN, BARAU ou BARSE tout au long du cycle hydrologique pour l'année ou le scénario ????.

Les données sont organisées selon le format :

for lac=0 to 2 (0: rivière dérivée ; 1: lac amont ; 2: lac aval)

for t= 1 to 420 (1 valeur par jour depuis le 1 nov de l'année précédente)

DIA, GRA, MES

HD1, HD2, HP1, HP2

BAC, ZOR, OXY, NO3, NH4, PO4, PIT, SIO, SIB

Vol, FINO3, FINH4, JC1, JC2

next t

next lac

avec

DIA (µgC/l) diatomées

GRA (µgC/l) chlorophyceae

MES (mg/l) matières en suspension

HD1,2, HP1,2 (mgC/l) carbone organique dissous/particulaire, rapidement/lentement biodégradable

BAC (mgC/l) bactéries hétérotrophes

ZOR (mgC/l) zooplancton rotiférien
 OXY (mgO₂/l) oxygène dissous
 NO₃ (μmol/l) nitrates
 NH₄ (μmol/l) ammonium
 PO₄ (μmol/l) orthophosphates
 PIT (μmol/l) phosphore inorganique total
 SIO (μmol/l) silice dissoute
 SIB (μmol/l) silice biogénique particulaire
 Vol (m³) volume du lac
 FINO₃ (mmolN/m²/h) flux de NO₃ à travers l'interface eau sédiment
 FINH₄ (mmolN/m²/h) flux de NH₄ à travers l'interface eau sédiment
 JC1,2 (mgC/ m²/h) flux de sédimentation de Corg rapidement/lentement biodégradable

Qualité par
ordre
*.SVA

bassin\$????.SVA Fichier de la qualité de l'eau par ordre hydrologique dans le sous-bassin 'bassin\$' calculée par le modèle SENESTRE tout au long d'un cycle annuel pour l'année ou le scénario ????. Les données sont organisées selon le format :

for o=ordre max to 1

'ordre o'

for t= 1 to 36 (1 valeur par décade depuis le 1 janvier)

DIA, GRA, MES

HD1, HD2, HD3, HP1, HP2, HP3, S

BAC, ZOR, OXY

NO₃, NH₄, PO₄, PIT, SIO, SIB

NIT, mufdia, mufgra, Q

next t

next o

avec

DIA (μgC/l) diatomées

GRA (μgC/l) chlorophyceae

MES (mg/l) matières en suspension

HD1,2,3 HP1,2,3 (mgC/l) carbone org. dissous/particulaire, rapidement/lentement/non biodégradable

S (mgC/l) substrats organiques monomériques directement assimilables

BAC (mgC/l) bactéries hétérotrophes

ZOR (mgC/l) zooplancton rotiférien

OXY (mgO₂/l) oxygène dissous

NO₃ (μmol/l) nitrates

NH₄ (μmol/l) ammonium

PO₄ (μmol/l) orthophosphates

PIT (μmol/l) phosphore inorganique total

SIO (μmol/l) silice dissoute

SIB (μmol/l) silice biogénique particulaire

NIT (mgC/l) bactéries nitrifiantes

Q (m³/s) débit

mufdia,mufgra (h⁻¹) taux de croissance des diatomées/chlorophyceae

Qualité par
ordre
*.SVL

bassin\$????.SVL Version allégée du fichier de la qualité de l'eau dans le sous-bassin 'bassin\$' calculée par le modèle SENESTRE tout au long d'un cycle annuel pour l'année ou le scénario ????, ne comprenant que les valeurs à l'exutoire de l'ordre maximum. Les données sont organisées selon le même format que les fichier SVA.

**Qualité en 8
stations
*.M\$E**

MODE????M\$E Fichier de la qualité de l'eau en 8 stations de l'axe fluvial et estuarien, calculée par le modèle MODESTE tout au long d'un cycle annuel pour l'année ou le scénario ?????. Les données sont organisées selon le format :

for t = 1 to 36 (1 valeur par décade depuis le 1 janvier)

for station 1 to 8

MES, MESS, DIA, GRA

HD1, HD2, HD3, HP1, HP2, HP3, S

OXY, NH4, NO3, PO4, SIO, PIT

ZOR, NIT, NITSS, mufdia, mufgra

Q

next station

next t

avec

DIA ($\mu\text{gC/l}$) diatomées

GRA ($\mu\text{gC/l}$) chlorophyceae

MES (mg/l) matières en suspension

MESS (mg/l) matières en 'semi-suspension' (déposée à l'étale et remise en suspension au flot)

HD1,2,3 HP1,2,3 (mgC/l) carbone org. dissous/particulaire, rapidement/lentement/non biodégradable

S (mgC/l) substrats organiques monomériques directement assimilables

BAC (mgC/l) bactéries hétérotrophes

ZOR (mgC/l) zooplancton rotiférien

OXY (mgO₂/l) oxygène dissous

NO₃ ($\mu\text{mol/l}$) nitrates

NH₄ ($\mu\text{mol/l}$) ammonium

PO₄ ($\mu\text{mol/l}$) orthophosphates

PIT ($\mu\text{mol/l}$) phosphore inorganique total

SIO ($\mu\text{mol/l}$) silice dissoute

NIT (mgC/l) bactéries nitrifiantes

NITSS (mgC/l) bactéries nitrifiantes associées à la matière en semi-suspension

Q (m³/s) débit

mufdia,mufgra (h⁻¹) taux de croissance des diatomées/chlorophyceae

Les stations sont sélectionnées à la fin de la boucle de calcul du programme principal de MODESTE.

Les stations sélectionnées dans la version standard sont :

Suresnes

Conflans (aval Achères, amont Oise)

Porcheville

Méricourt (amont barrage)

Poses (amont barrage)

Oissel

La Bouille

Caudebec

**Profil long.
*.P\$E**

MOIS????P\$E Fichier de la qualité de l'eau calculée par le modèle MODESTE tout au long d'un profil longitudinal de l'axe fluvial pour une date particulière dans les conditions de l'année ou du scénario ?????. Les données sont organisées selon le format :

for x = 1 to 360 (1 valeur tous les km de Port Mort à Berville)

MES, MESS, DIA, GRA, Bp, Bg
HD1, HD2, HD3, HP1, HP2, HP3, S
OXY, NH4, NO3, PO4, SIO, PIT
ZOR, NIT, NITSS
Q

next x

avec

DIA ($\mu\text{gC/l}$) diatomées
GRA ($\mu\text{gC/l}$) chlorophyceae
MES (mg/l) matières en suspension
MESS (mg/l) matières en 'semi-suspension' (déposée à l'étale et remise en suspension au flot)
HD1,2,3 HP1,2,3 (mgC/l) carbone org. dissous/particulaire, rapidement/lentement/non biodégradable
S (mgC/l) substrats organiques monomériques directement assimilables
Bp,Bg (mgC/l) bactéries hétérotrophes de petite/grande taille
ZOR (mgC/l) zooplancton rotiférien
OXY (mgO₂/l) oxygène dissous
NO₃ ($\mu\text{mol/l}$) nitrates
NH₄ ($\mu\text{mol/l}$) ammonium
PO₄ ($\mu\text{mol/l}$) orthophosphates
PIT ($\mu\text{mol/l}$) phosphore inorganique total
SIO ($\mu\text{mol/l}$) silice dissoute
NIT (mgC/l) bactéries nitrifiantes
NITSS (mgC/l) bactéries nitrifiantes associées à la matière en semi-suspension
Q (m³/s) débit

**indices de
qualité
*.QAL**

AXFL????QAL Fichier des index de qualité calculée par le modèle MODESTE par tronçons de 10 km d'axe fluvial dans les conditions de l'année ou du scénario ????. Ces index ont été définis en vue de leur utilisation dans les modèles de prédiction de la composition du peuplement piscicole. Les données sont organisées selon le format :

for tronçon = 1 to 36 (1 valeur tous les 10 km de Port Mort à Berville, zpK)
zpK, O2esti, NH4esti, NO3esti, NO3annu, PO4 esti, PHYprtps, PHYesti,
ZOResti, Qhiv, Qesti
next x

avec

O2esti (mgO₂/l) valeur moyenne estivale de l'oxygène dissous (juillet-sept)
NH4 esti (mgN/l) valeur moyenne estivale de l'ammonium
NO3 esti (mgN/l) valeur moyenne estivale des nitrates
NO3 annu (mgN/l) valeur moyenne annuelle des nitrates
PO4 esti (mgP/l) valeur moyenne estivale des ortho-phosphates
PHY prtps ($\mu\text{gChla/l}$) valeur moyenne printannière de la chlorophylle a (avril-juin)
PHY esti ($\mu\text{gChla/l}$) valeur moyenne estivale de la chlorophylle a
ZOR esti (mgC/l) valeur moyenne estivale de la biomasse du zooplancton rotiférien
Qhiv (m³/s) valeur moyenne hivernale du débit (nov-mars)
Qesti (m³/s) valeur moyenne estivale du débit

5. Références

- Billen, G., Garnier, J. & Hanset, P., 1994. Modelling phytoplankton development in whole drainage networks: The RIVERSTRAHLER model applied to the Seine river system. *Hydrobiologia* 289: 119-137.
- Billen, G., P. Degardin, S. Even & W. Thomas (1995). Intercomparaison des modèles KALITO, MONET et PROSE. CNRS PIREN-Seine, Agence de l'Eau Seine-Normandie et Service de la Navigation de la Seine. Avril 1995.
- Billen, G. & Garnier, J. (in press). Nitrogen transfer through the Seine drainage network: a budget based on the application of the RIVERSTRAHLER Model. *Hydrobiologia* (in press)
- Garnier, J., Billen, G., Schöl A & Everbecq, E. (in press). Oxygen budget and associated processes in the regulated Mosel river: models intercomparison. *Hydrobiologia* (in press).
- Garnier J., Billen G. & Coste M., 1995. Seasonal succession of diatoms and chlorophyceae in the drainage network of the River Seine : Observations and modelling. *Limnol. & Oceanogr.* 40: 750-765.
- Garnier, J., G. Billen, E. Hannon (1997). Biogeochemical Nutrient Cycling in Large River Systems (BINOCULARS). Final Technical Report. EC Environment Programme (DGXII) contract PL932037. June 1997.
- Garnier, J., G. Billen, E. Hannon, S. Fonbonne, Y. Videnina & M. Soulié (in press). Modeling transfert and retention of nutrients in the drainage network of the Danube River. *Est. Coast Shelf Sci.* (in press)

Sommaire  général

**Groupe de travail B :
Modélisation,
gestion des modèles et des bases de données**

Bases de données spatialisées

**Modèles PROSE et SENEQUE : établissement de
versions de référence applicables aux études de gestion**

**Modélisation du comportement hydraulique du Grand Morin et
de la Seine amont à l'aide du logiciel PROSE**

Présentation du logiciel ProSe, version 2.0

SENEQUE 1.3 : notice d'utilisation