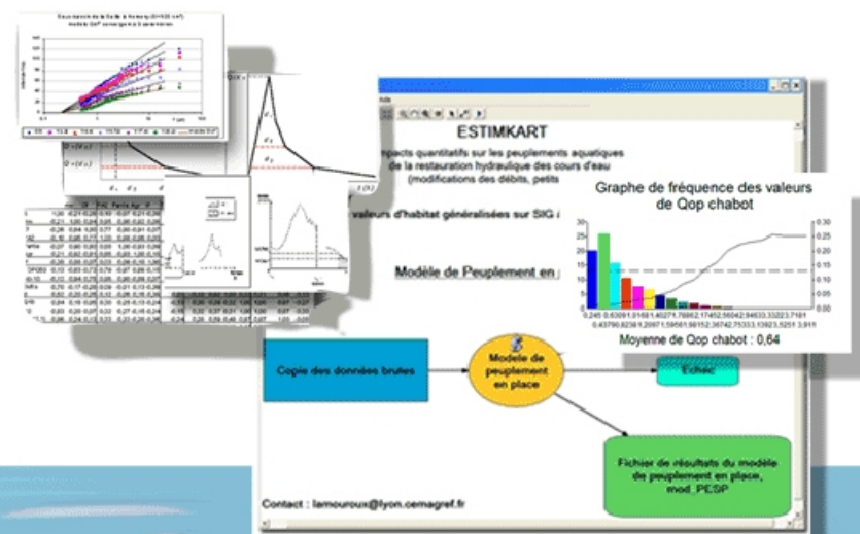
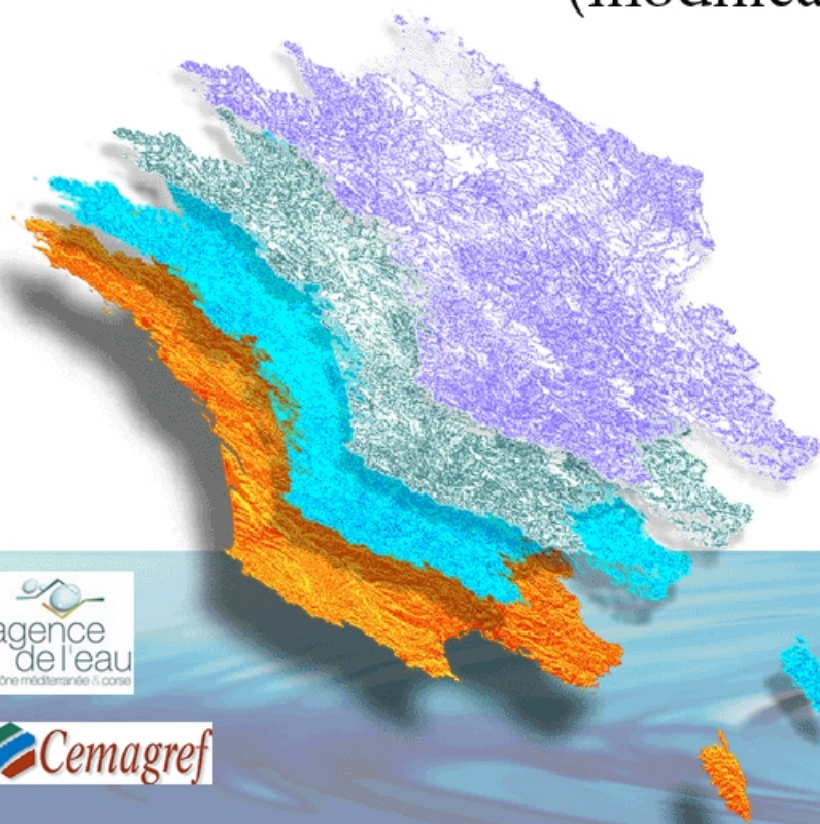


N. Lamouroux, H. Pella, A. Vanderbecq, E. Sauquet, A. Chandesris, H. Capra, Y. Souchon, D. Pont - Cemagref-Lyon & Cemagref-Aix
Version intermédiaire du 10 Sept. 07 non relue par tous les co-auteurs

Impacts quantitatifs sur les peuplements aquatiques de la restauration hydraulique des cours d'eau (modifications des débits, petits seuils)



Chef de projet : Nicolas Lamouroux - lamouroux@lyon.cemagref.fr
Conception : Arnaud Vanderbecq - vanderbecq@ensg.ign.fr

1	OBJECTIFS ET PRINCIPE GENERAL.....	3
1.1	Objectifs	3
1.2	Principe général.....	3
1.3	Principe détaillé.....	4
2	Les éléments d'ESTIMKART.....	5
2.1	Les réseaux coulant simplifiés.....	5
2.2	Les données brutes (associées aux identifiant arcs du réseau coulant de niveau 1).....	8
2.3	Les données brutes - incertitudes.....	10
2.4	Les modèles.....	13
2.5	Les modèles - incertitudes	18
2.6	Affichage et échelles.....	22
3	L'APPLICATION ESTIMKART.....	22
3.1	Pré requis pour l'utilisation d'ArcMap.....	22
3.2	Conventions d'écriture.....	23
3.3	Installation d'ESTIMKART.....	23
3.4	Utilisation de l'application ESTIMKART.....	27
3.5	Modification de l'application.....	41
4	Références.....	45

1 OBJECTIFS ET PRINCIPE GENERAL

1.1 Objectifs

ESTIMKART est une plate-forme de données et de modèles cartographiés d'aide à la décision pour la gestion des cours d'eau à l'échelle du bassin du Rhône. La version actuelle couple trois types de modèles (modèles hydrologiques, modèles hydrauliques et modèles d'habitat physique pour les poissons et invertébrés) et leurs incertitudes. Les modèles sont appliqués sur chaque arc du réseau de bassin afin de répondre à divers objectifs :

- Estimer des valeurs de débit 'critiques' et 'favorables', pour différentes espèces/guildes de poissons et d'invertébrés. Ces valeurs peuvent être comparées avec les débits actuels et interprétées en fonction des peuplements en place.
- Estimer l'impact d'une modification physique (modifications des débits ou des petits seuils) sur l'habitat des espèces. Ces simulations peuvent être comparées avec les débits actuels et interprétées en fonction des peuplements en place.
- Identifier des types de cours d'eau de sensibilités différentes en ce qui concerne la modification des débits.

L'intégration des modèles sur SIG permet un couplage géographique avec les réseaux de surveillance et indices globaux nationaux. Par delà la généralisation des modèles d'habitat, le projet vise à explorer le potentiel d'une plate-forme de données et modèles écologiques connectés sur SIG.

1.1.1 Cours d'eau concernés

Si l'ensemble du réseau est en théorie concerné, chaque simulation exclue un certain nombre de tronçons de cours d'eau. Les tronçons exclus dépendent de l'objectif de chaque simulation. De façon générale, les simulations se font essentiellement sur un

réseau 'coulant' (arcs connectés) développé au Cemagref (Pella et al. 2006) sur la base BDcartage®. Ceci exclut une partie des petits cours d'eau de tête de bassin. De même, les tronçons à morphologie trop artificielle (chenalisés) seront généralement exclus. Par contre, de nombreuses simulations sont réalisées en situation d'hydrologie modifiée.

1.2 Principe général

L'analyse de l'application de plusieurs centaines de 'modèles des micro-habitats' (couplage entre le modèle hydraulique d'un tronçon de cours d'eau et des modèles de préférence hydraulique pour différentes espèces) montre que l'on peut estimer des valeurs d'habitat en fonction du débit, de la hauteur moyenne et de la largeur moyenne du tronçon de cours d'eau (Lamouroux et Capra 2002, Lamouroux et Souchon 2002, Lamouroux et Jowett 2005).

Les modèles d'habitat généralisés qui en résultent réduisent le coût et la complexité d'une étude micro-habitat classique sur un tronçon, avec une perte d'information faible (cf. logiciel 'Estimhab', <http://www.lyon.cemagref.fr/bea/lhq/logiciels.shtml>, dans le cas de la France). Ils sont de plus en plus utilisés en France (et dans d'autres pays - Europe, Nouvelle Zélande) pour les études d'impacts de modification de débits.

Le projet consiste à intégrer ces modèles d'habitat généralisés sur SIG, afin de contribuer à gérer la restauration des cours d'eau à large échelle. Il s'agit là d'un saut qualitatif majeur dans le développement des modèles d'impact de la restauration physique. Les modèles classiques des 'micro-habitats' ont été les premiers à prendre en compte le fonctionnement hydraulique des cours d'eau pour modéliser la réponse biologique (années 80). L'analyse de sensibilité de ces modèles a permis une simplification conséquente des études de cas ('Estimhab', 2002). ESTIMKART propose le passage des études de cas aux études large échelle.

1.3 Principe détaillé

1.3.1 Les modèles d'impacts quantitatifs pour la gestion des lits et des débits.

Les outils utilisés dans le monde pour quantifier l'impact sur les communautés d'un changement de débit (pompage, irrigation, barrage, changement climatique ...) ou de morphologie (modifications des petits seuils) sont essentiellement dérivés de la méthode dite des 'micro-habitats'. Cette méthode couple un modèle hydraulique et des modèles de préférences biologiques. Elle nécessite un effort de terrain conséquent (topographie complète du cours d'eau en 3D, mesures hydrauliques) et une expertise importante (de terrain et de calage hydraulique).

1.3.2 Les besoins d'application à large échelle

Les besoins futurs de restauration des cours d'eau, notamment ceux exprimés dans le cadre de la DCE ou dans le contexte du changement climatique, suggèrent d'appliquer ce type d'outils à large échelle. Les questions associées sont variées : sur quels types de cours d'eau un accroissement des débits minimums ou des soutiens d'étiage seraient-ils bénéfiques? Sur quels types de cours d'eau une réduction des débits serait-elle négociable? Quels sont les cours d'eau d'intérêt écologique pour lesquels les débits sont déjà critiques? Quels seraient les impacts de modifications de seuils dans différents bassins ? ...

Les modèles d'habitats quantifient les effets de la restauration physique en complément des outils de bio-indication (phase diagnostic, état des lieux de la DCE). Les indices globaux de bio-indication sont basés sur des relations entre indicateurs biologiques et variables d'environnement (surface des bassins, distance à la source, température, pente, utilisation du sol, largeur...). Ils estiment l'écart à une référence, et aident à identifier les causes de cet écart de façon globale et qualitative.

De façon complémentaire, prévoir l'impact d'une restauration physique demande de travailler sur les variables hydrauliques qui guident réellement la réponse biologique lors de la restauration (débits, vitesses, hauteurs d'eau). Par exemple, la 'présence de barrage' peut avoir des effets bénéfiques ou néfastes pour une même espèce de poisson suivant la nature du barrage, de sa gestion, et de l'hydrologie du cours d'eau. L'exemple du suivi de la restauration hydraulique du Rhône montre qu'une augmentation de débit minimum à l'aval d'un barrage peut favoriser certaines

espèces rhéophiles (barbeau, hotu, vandoise ...) en pénalisant d'autres (loche, chabot ...), en lien avec les préférences d'habitat de ces espèces.

Il est donc attractif d'appliquer les méthodes de type 'micro-habitat' à large échelle. Cela est peu envisageable avec les méthodes classiques.

1.3.3 L'approche proposée, les modèles d'habitat généralisés

Il nous semble important d'anticiper les besoins en terme de restauration physique à large échelle. ESTIMKART applique les modèles d'habitat généralisés à l'échelle du bassin RM&C sur support SIG. Ceci nécessite de coupler trois types de modèles :

1. des modèles hydrologiques qui extrapolent ou modélisent sur le réseau hydrographique des statistiques de débits (modules, moyennes mensuelles inter-annuelles) à partir des réseaux de surveillance nationaux. De tels modèles sont développés dans nos laboratoires (Sauquet et al. 2000a, 2000b, 2005).
2. des modèles de géométrie hydraulique des cours d'eau à large échelle. La géométrie hydraulique des tronçons de cours d'eau est constituée par les lois hauteur-débit et largeur-débit. Ces lois ont des propriétés statistiques communes dans le monde (Leopold et al. 1964), et peuvent être modélisées à l'échelle du bassin (en fonction des débits, surfaces de bassin, pentes des tronçons ...). Elles permettent de transformer l'information 'débit' en information 'hydraulique' (hauteur, largeur, vitesse, contrainte de cisaillement), ce qui est indispensable pour utiliser les modèles d'habitat généralisés. Nous avons adaptés les modèles de géométrie hydraulique au cas du bassin du Rhône, par analyse de données existantes récoltées sur plusieurs dizaines de sites.
3. des modèles d'habitat généralisés qui estiment les valeurs d'habitat de différentes espèces ou guildes de poissons et d'invertébrés, connaissant la géométrie hydraulique des cours d'eau. De tels modèles sont développés pour certaines espèces ou groupes d'espèces de poissons (cf. logiciel Estimhab).

Quelle est la perte de précision par rapport à une hypothétique application de la méthode des micro-habitat sur tout le réseau ?

La perte de précision dépend surtout des étapes 1 et 2. Certaines statistiques de débit et certains aspects de la géométrie hydraulique des cours d'eau peuvent être modélisés très précisément, d'autres non (ex: les débits d'étiage). La perte de précision dépendra donc des statistiques d'habitat qui nous intéressent, et des statistiques hydrauliques qu'elles nécessitent. Il y a donc lieu de fournir les

estimations de valeurs d'habitat avec leurs incertitudes. Concernant l'étape 3, il y a peu de problèmes de perte de précision par rapport aux méthodes classiques. En effet, les modèles généralisés expliquent 70 à 90% de la variabilité des valeurs d'habitat prédite par les modèles classiques, une fois la géométrie hydraulique connue. En résumé, la généralisation des modèles d'impact type 'micro-habitats' sur l'ensemble du réseau implique, pour certaines statistiques d'habitat, une perte de précision du modèle d'impact à l'échelle du tronçon. Si besoin est, à l'échelle du tronçon, il est possible de compenser cette perte de précision à l'aide de mesures complémentaires succinctes.

Toutes les étapes de la démarche (géomatique, hydrologie, géométrie hydraulique, modèles d'habitat généralisés) font l'objet de publications internationales. Les modèles d'habitat généralisés sont validés biologiquement sur des cours d'eau français et étrangers, pour les poissons comme pour les invertébrés.

2 Les éléments d'ESTIMKART

Les éléments d'ESTIMKART, décrits dans les sections suivantes, comprennent :

- des réseaux coulant simplifiés sur la base BDcarthage, ensemble d'arcs et leur identifiants.
- des données brutes associés aux arcs, impliquant par exemple des débits mensuels moyens inter-annuels ou des surfaces de bassins versants.
- des estimations des incertitudes concernant les données brutes.
- des modèles (scripts de calcul paramétrés appliqués aux données brutes).
- des estimations des incertitudes concernant les données calculées.
- des contraintes d'affichage sur les données brutes ou calculées.

L'application ESTIMKART permet de consulter/enchaîner ces éléments de façon évolutive. En particulier, des données brutes pourront à l'avenir devenir des données calculées. De même, de nouveaux modèles pourront être ajoutés et les paramètres des modèles existants modifiés en fonction du progrès des connaissances.

2.1 *Les réseaux coulant simplifiés*

2.1.1 BD Carthage

La BD Carthage® a été créée pour servir de référentiel spatial commun à l'ensemble des services de l'Etat et établissements public pour un usage interne de la gestion de l'eau et des milieux aquatiques superficiels. Ce référentiel géographique identifie sans ambiguïté chaque cours d'eau, chaque plan d'eau ou chaque zone humide sur le territoire métropolitain. Les agences de l'eau sont maîtres d'ouvrage pour la mise en œuvre du référentiel sur leurs bassins hydrographiques respectifs.

L'ensemble du territoire français est divisé en zones élémentaires appelées zones hydrographiques. Leurs limites s'appuient sur celles des bassins versants topographiques. Près de 6350 zones hydrographiques ont été définies à l'échelle de la France.

2.1.2 Simplification du réseau hydrographique (Pella et al., 2006)

La modélisation de l'écoulement naturel à partir de la BD Carthage n'est possible techniquement que si les arcs sont correctement orientés de l'amont vers l'aval et parfaitement jointifs. Ces deux conditions ne sont pas complètement satisfaites sur la BD Carthage® version 3.0. D'autre part, le caractère artificiel d'une partie du réseau hydrographique (portions court-circuitées, canaux, réseau de drainage...) ainsi que la complexité de l'écoulement naturel en vallées alluviales sous la forme de chenaux multiples, ne permettent pas la modélisation de l'écoulement dans le réseau. Cette modélisation impose donc une simplification du réseau.

2.1.2.1 *Réseau simplifié de niveau 1*

La création du réseau simplifié est basée sur la recherche du drain principal de chacune des zones hydrographiques. Ce drain est défini comme le cours d'eau le plus important d'une zone hydrographique passant par le point exutoire de cette zone.

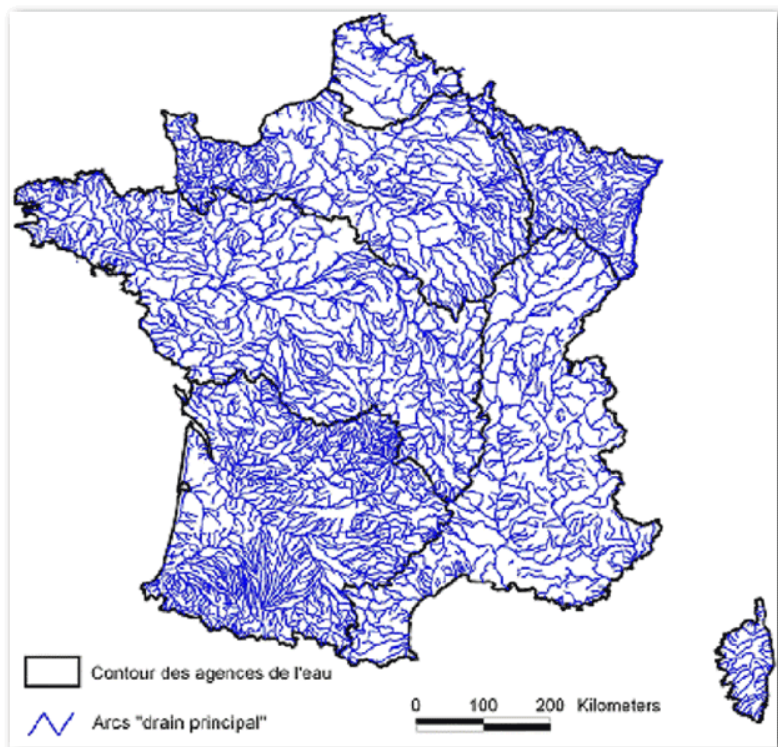


Illustration 1: Réseau simplifié de niveau 1

Le résultat de cette simplification opérée par le Cemagref (ci-dessus) est une extraction des arcs de la BD Carthage®. Les quelques 99 500 arcs, sélectionnés depuis la BD Carthage, de ce réseau simplifié peuvent être agrégés ou découpés en fonction d'un objectif.

L'agrégation la plus importante est réalisée en ne conservant qu'un seul arc entre deux confluences. Dans ce cas, les 99 500 arcs de départ sont agrégés en 8 500 arcs, ce qui représente un linéaire cumulé de 92 800 kilomètres de cours d'eau. Le pourcentage des cumulé des longueurs d'arcs (ci-dessous) est calculé sur la base des 8 500 arcs. La moyenne des longueurs des arcs est de 10,4 km, la médiane est de 9,1 km.

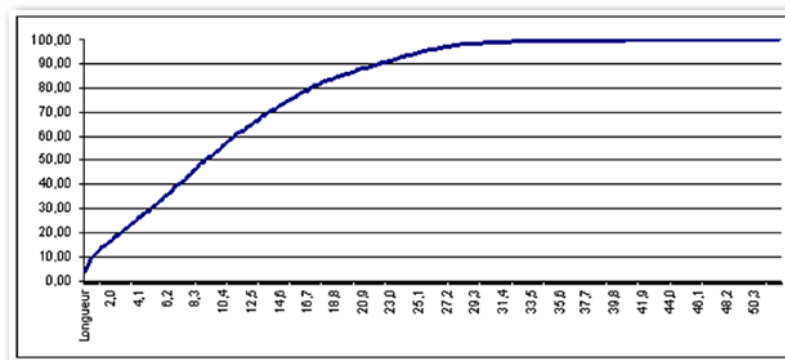


Illustration 2: Pourcentage cumulé des longueur d'arcs (km)

2.1.2.2 Réseau simplifié de niveau 2

Ce réseau simplifié qui constitue la version 1 a été complété par un niveau 2 issu d'un processus de sélection des arcs connecté au réseau de niveau 1. Ce réseau simplifié de niveau 2 représente près de 216 000 kilomètres de cours d'eau pour environ 65 000 arcs (ci-dessous).

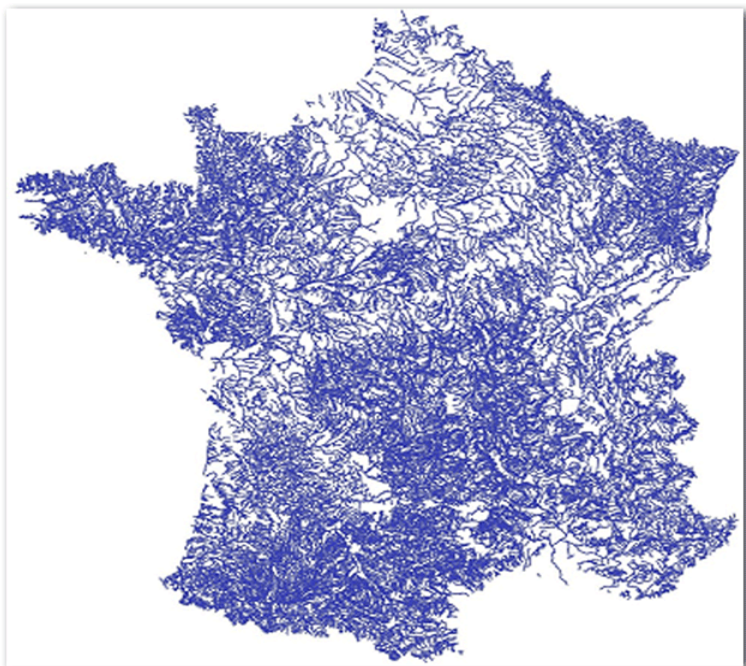


Illustration 3: Réseau simplifié de niveau 2

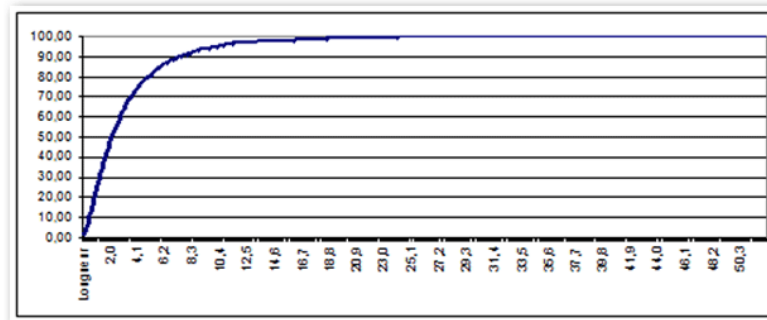


Illustration 4: Pourcentage cumulé des longueur d'arcs (km)

Le pourcentage cumulé des longueurs d'arcs (ci-dessous) est calculé sur la base des 65 000 arcs. La moyenne des longueurs des arcs est de 3,4 km, la médiane est de 2,2 km.

2.2 Les données brutes (associées aux identifiant arcs du réseau coulant de niveau 1)

2.2.1 surfBV - surface de bassin versant à l'aval de l'arc (km²)

Le réseau simplifié de niveau 1 a été utilisé pour calculer les bassins versants de chacune des zones hydrographiques (Pella et al. 2006). Le pourcentage des effectifs cumulés de surface de bassins versants des zones hydrographiques (ci-dessous) est calculé sur la base des 6 350 zones hydrographiques. La moyenne des surfaces est de 2713 m², la médiane est de 230 km².

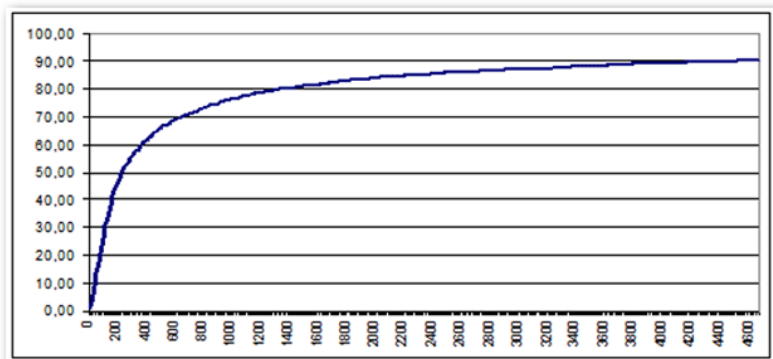


Illustration 5: répartition (%) des surfaces de zones hydrographiques (km²)

2.2.2 \bar{Q} - débit modélisé, moyenne inter-annuelle (module) (m³/s)

Les débits naturels sur chaque arc sont calculés de l'amont vers l'aval pour chacun

des arcs du drain principal à partir de données hydrologiques modélisées à l'échelle de la zone hydrographique. La donnée d'origine est constituée par la lame d'eau annuelle naturelle reconstituée en mm/an (Sauquet, 2005) pour chacune des zones hydrographiques de la BD Carthage®. Dans le cas d'intégration de données disponibles à la zone hydrographique, la couche du réseau simplifié de niveau 1 est utilisée. Comme cette couche ne compte généralement qu'un seul arc par Zone hydrographique (ZH), l'affectation de la lame d'eau annuelle naturelle à l'arc correspondant à la ZH est directe. Une fois cette affectation réalisée, la prise en compte de la surface de bassin versant permet de calculer le débit annuel correspondant pour chaque arc. Le réseau simplifié rend possible le calcul automatique des débits en cumulant de l'amont vers l'aval du réseau les débits élémentaires des zones hydrographiques, permettant ainsi une représentation spatiale des débits moyens annuels à l'échelle nationale.

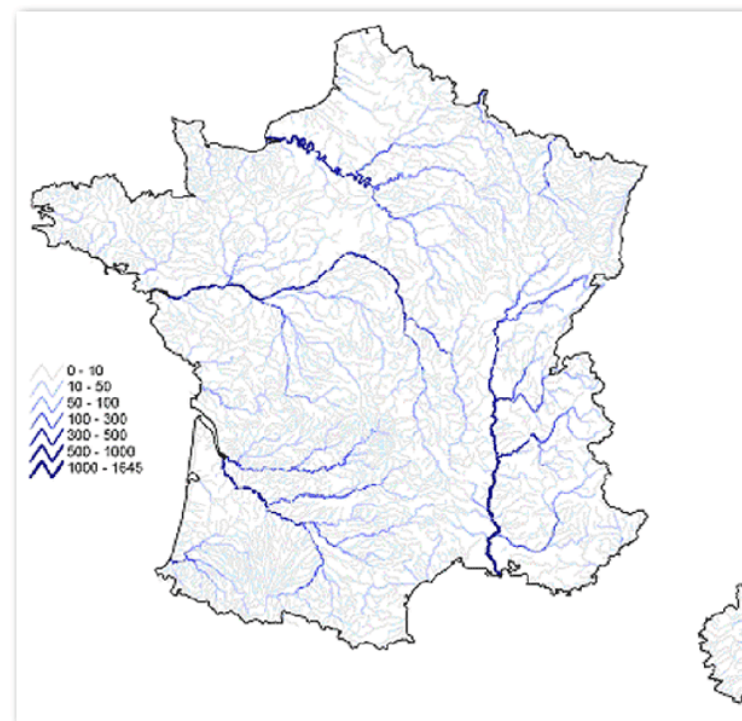


Illustration 6: débits moyens annuels (m³/s)

2.2.3 QMX - débit modélisé, moyenne inter-annuelle du mois X (m3/s)

Le même principe de spatialisation que celui concernant le débit moyen annuel inter-annuel est retenu avec cette fois pour données de base les lames d'eau mensuelles moyennes inter-annuelles. La procédure d'estimation des lames d'eau est décrite dans Sauquet (2006a). Il s'agit d'une redistribution des apports annuels, les paramètres de cette redistribution temporelle sont interpolés selon une procédure géostatistique.

2.2.4 QMMO - minimum des débit mensuels observés (moyennes interannuelles, m3/s)

débit mensuel minimum, base HYDRO

2.2.5 SLO - pente moyenne de l'arc (°/°)

La pente est calculé pour chaque arc à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN

2.2.6 Ordre - ordre de l'arc

L'ordre est le rang de Strahler estimé sur le réseau coulant

2.2.7 gdbassin - grand bassin d'appartenance

L'arc appartient a l'un des grands bassins

Nord / Seine / Manche / Atlantique / Garonne / Rhone / Méditerranée

2.2.8 Tjuil - Température moyenne de l'air en Juillet (°C)

2.2.9 Tjanv - Température moyenne de l'air en Janvier (°C)

2.2.10 Dsource - Distance à la source (km)

2.2.11 Altitude - Altitude (m)

Note concernant le réseau de niveau 2:

Nous visons l'application d'Estimkart sur le réseau de niveau 2, ce qui nécessite au préalable un calcul de surfBV sur ce réseau

2.3 Les données brutes - incertitudes

Les incertitudes sur certaines données brutes sont estimées dans ESTIMKART afin de fournir des intervalles de confiance autour de ces données et d'apprécier leurs effets combinés sur les données calculées. Les erreurs sont généralement obtenues par validation croisées ou par comparaison avec des données indépendantes. Elles sont estimées de façon conservatrice (sur-estimées).

2.3.1 $\sigma_{\ln(\text{surfBV})}$ - surface de bassin versant à l'aval de l'arc

L'incertitude sur surfBV est estimée par comparaison des $\ln(\text{surfBV})$ avec les valeurs données aux droit des stations hydrographiques par la base Hydro. L'origine de ces valeurs est mal connue (à vérifier avec le Ministère), mais nous pouvons de toutes façon considérer que l'écart entre les deux sources indépendantes est une estimation conservatrice de l'erreur.

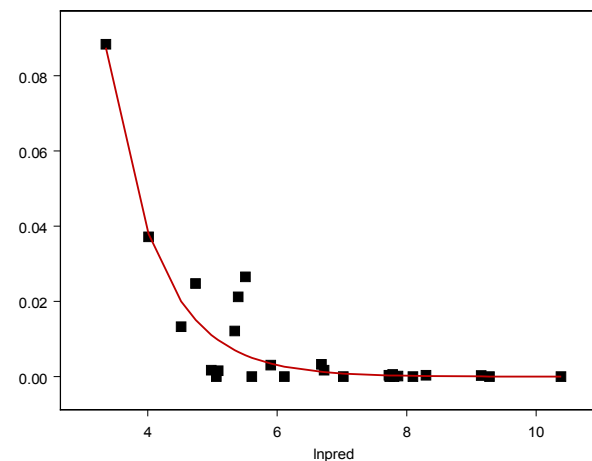


Illustration 7: erreur quadratique sur $\ln(\text{surfBV})$ en fonction de $\ln(\text{surfBV})$ et modèle associé

L'écart-type des erreurs sur $\ln(\text{surfBV})$ évolue avec $\ln(\text{surfBV})$. Afin de l'estimer, une régression non-linéaire relie l'erreur quadratique sur $\ln(\text{surfBV})$ (= erreur au carré) à $\ln(\text{surfBV})$ prédit.

Cette régression fournit une estimation de la variance de l'erreur sur $\ln(\text{surfBV})$, car la variance est la moyenne de l'erreur quadratique. L'écart-type s'en déduit (racine carrée de la variance)

L'application aux erreurs sur $\ln(\text{surfBV})$ donne:

$$\sigma_{\ln(\text{surfBV})} = 2.47 * \text{surfBV} - 0.63$$

... ce qui donne à titre illustratif un intervalle de confiance à 95%:

- de [3 - 31] pour des surface de l'ordre de 10 km²,
- de [76 - 131] pour des surface de l'ordre de 100 km²,

2.3.2 $\sigma \ln(\bar{Q})$ - débit modélisé, moyenne inter-annuelle (module) (m3/s)

Les incertitudes concernant les débits ont été estimées par validation croisée (Sauquet et al., 2006b). Cette méthode consiste à exclure tour à tour un ensemble de stations parmi les N de l'échantillon initial où le débit est effectivement connu (base HYDRO), puis de proposer une estimation sur les bassins exclus à partir du jeu de stations restantes. L'écart-type des erreurs sur $\ln(\bar{Q})$ évolue avec $\ln(\bar{Q})$. Afin de l'estimer, une régression non-linéaire relie l'erreur quadratique sur $(\ln(\bar{Q}))^2$ = erreur au carré) à $\ln(\bar{Q})$ prédit.

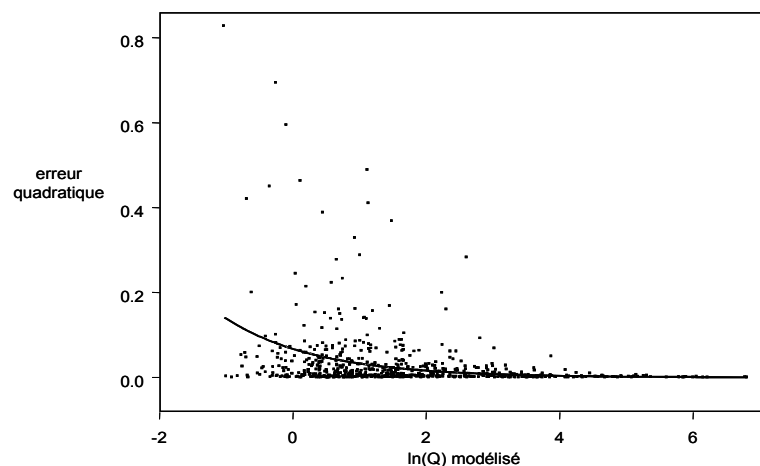


Illustration 8: erreur quadratique sur $\ln(\text{Module})$ en fonction de $\ln(\text{Module})$ et modèle associé

Cette régression fournit une estimation de la variance de l'erreur sur $\ln(Q)$, car la variance est la moyenne de l'erreur quadratique. L'écart-type s'en déduit (racine carrée de la variance)

L'application aux erreurs sur $\ln(\bar{Q})$ donne:

$$\sigma \ln(\bar{Q}) = 0.259 * \bar{Q}^{-0,361}$$

... ce qui donne à titre illustratif un intervalle de confiance à 95%:

- de [0.03 - 0.32] pour des débits de l'ordre de 0.1 m3/s,
- de [0.25 - 0.97] pour des débits de l'ordre de 0.5 m3/s
- de [0.60 - 1.68] pour des débits de l'ordre de 1.0 m3/s
- de [2.92 - 5.48] pour des débits de l'ordre de 4.0 m3/s

2.3.3 $\sigma \ln(QMX)$ - débit journalier modélisé, moyenne inter-annuelle du mois X (m3/s)

Nous estimons que l'erreur sur QMX suit le même modèle que l'erreur sur \bar{Q} , car c'est essentiellement la valeur du débit qui conditionne l'erreur.

2.3.4 $\sigma\sqrt{(SLO)}$ - pente moyenne de l'arc (°/°)

L'incertitude sur SLO est calculé par comparaison de $\sqrt{(SLO)}$ avec des cotes de la BDtopo de l'IGN, considérée comme fiable. Comme pour \hat{Q} , un modèle d'erreur non linéaire reliant les erreurs quadratiques à différentes variables explicatives est ajusté. L'erreur quadratique apparaît comme étant essentiellement liée à la longueur du tronçon LT (m). L'écart-type des erreurs pris en compte est la racine carrée du modèle d'erreur quadratique ajusté.

$$\sigma\sqrt{(SLO)} = 64 * LT^{-0.58}$$

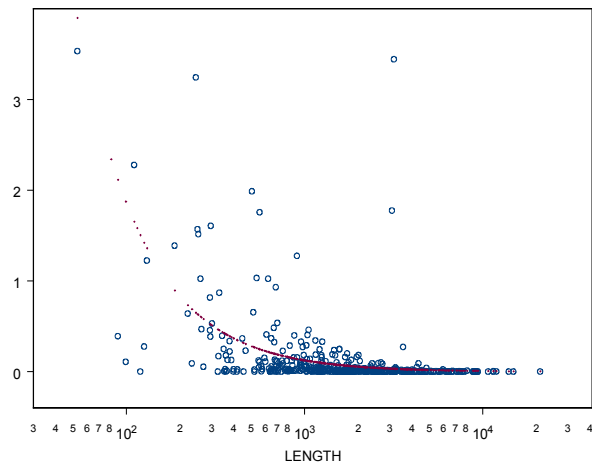


Illustration 9: erreur quadratique sur $\sqrt{(PENTE)}$ en fonction de la longueur de l'arc

une pente estimée a 16 °/° sur un arc de 1000 m sera à 95% comprise entre 3 et 40°/°.

2.4 Les modèles

2.4.1 Modèles de géométrie hydraulique

2.4.1.1 Contexte théorique

La géométrie hydraulique permet de transformer une information hydrologique (débit) en information hydraulique (hauteur, largeur, vitesse), plus pertinente pour évaluer les seuils de mise en mouvement du sédiment, les vitesses de transferts des substances ou la qualité de l'habitat des espèces.

Il y a deux types de géométrie hydraulique. La géométrie hydraulique 'stationnelle' reflète comment les caractéristiques hydrauliques moyennes d'un tronçon de cours d'eau (hauteur d'eau, largeur mouillée, vitesse) changent avec le débit, au cours du temps. La géométrie hydraulique 'longitudinale' reflète comment les caractéristiques hydrauliques des tronçons varient dans l'espace, entre tronçons, en fonction d'une statistique de débit donné (ex : le module inter-annuel). Ces termes ont été introduits par Leopold et Maddock (1953), qui ont proposé de représenter ces deux types de géométrie hydraulique par des lois puissance:

$$L = a Q^b \quad (1)$$

$$H = c Q^f \quad (2)$$

pour la géométrie hydraulique 'stationnelle', où L et H sont la largeur mouillée et la hauteur d'eau du tronçon au débit instantané Q, et

$$\bar{L} = a_d \bar{Q}^{b_d} \quad (3)$$

$$\bar{H} = c_d \bar{Q}^{f_d} \quad (4)$$

pour la géométrie hydraulique 'longitudinale', où \bar{L} et \bar{H} sont la largeur mouillée

et la hauteur d'eau des tronçons au module interannuel \bar{Q} .

Les paramètres a, b, c, f et a_d , b_d , c_d , f_d sont les coefficients et les exposants de géométrie hydraulique. Ces paramètres partagent des propriétés communes dans le monde entier (Park, 1977; Knighton, 1998; Lamouroux et Capra, 2002). Des valeurs typiques trouvées dans la littérature sont par exemple 0.15 pour b, 0.4 pour f, 0.5 pour b_d et 0.36 pour f_d (Knighton, 1998). Ces propriétés classent la géométrie hydraulique des cours d'eau parmi les lois les plus générales de la géomorphologie fluviale ; ces lois sont communément utilisées pour des études physiques, hydrauliques ou écologiques (Ferguson, 1986; Rhoads, 1994; Lamouroux, sous presse).

Les relations de géométrie hydraulique impliquent généralement la vitesse instantanée V ou la vitesse au module \bar{V} , mais on peut considérer que la vitesse se déduit des autres variables hydrauliques:

$$V = \frac{Q}{(H L)} \quad (5)$$

$$\bar{V} = \frac{\bar{Q}}{(\bar{H} \bar{L})} \quad (6)$$

2.4.1.2 Application à Estimkart

Les deux types de géométrie hydraulique sont combinés dans l'approche Estimkart pour estimer L et H au débit Q dans n'importe quel type de cours d'eau par :

$$L = a_d \bar{Q}^{b_d} \left[\frac{Q}{\bar{Q}} \right]^b \quad (7)$$

$$H = c_d \bar{Q}^{f_d} \left[\frac{Q}{\bar{Q}} \right]^f \quad (8)$$

Ainsi, on ne s'intéressera pas aux coefficients a et c, qui sont directement dépendant de la géométrie hydraulique 'longitudinale'. On s'intéressera aux valeurs de b, f, a_d , b_d , c_d , f_d qui permettent d'estimer L et H. Ces paramètres sont modélisés à partir de variables d'entrée disponibles (module, surface de bassin, pente des tronçons), comme suggéré par l'analyse de mesures hydrauliques réalisées sur plusieurs centaines de cours d'eau français (cf. Lamouroux et Capra, 2002).

Les graphes ci-dessous illustrent les relations typiques entre $\ln(\bar{L})$, $\ln(\bar{H})$ et $\ln(\bar{Q})$ observées en France.

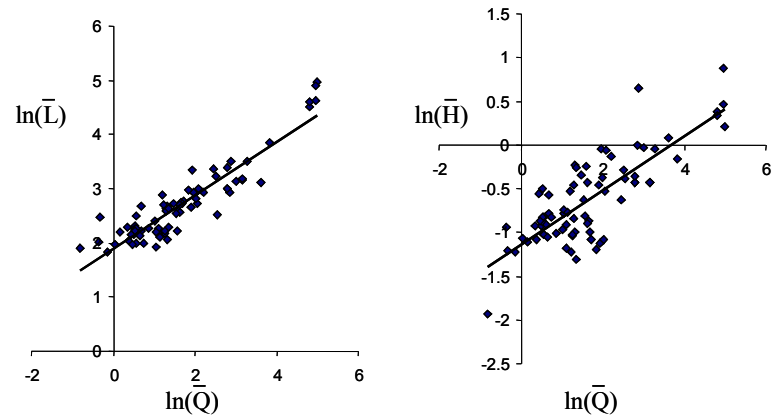


Illustration 10: relations typiques entre $\ln(\text{Largeur moyenne})$, $\ln(\text{Hauteur moyenne})$ et $\ln(\text{Module})$ observées en France

Les variables de géométrie hydrauliques calculées dans ESTIMKART sont les coefficients b , f , a_d , b_d , c_d , f_d ainsi que la largeur moyenne \bar{L} et la hauteur d'eau moyenne \bar{H} au débit journalier moyen inter-annuel \bar{Q} . Ces modèles sont implantés dans l'application comme des modèles paramétrés, modulaires, afin de faciliter leur évolution au cours du temps.

Modèle intégré dans ESTIMKART (calcul sur chaque arc)	Paramètres (ctes modifiables)
coefficients de géométrie hydraulique	
$a_d = \exp(ad0 + adbv * \ln(\text{surfBV}) + adslo * \ln(\text{surfBV}) + cdord * \text{ordre})$	ad0 = 2.122 adbv = 0 adslo = - 0.076 adordre = 0
$b_d = bd0 + bdq * \ln(\bar{Q}) + bdbv * \ln(\text{surfBV}) + bdslo * \sqrt{(SLO)} + bdordr * \text{ordre}$	bd0 = 0.475 bdq = 0 bdbv = 0 bdslo = 0 bdordre = 0
$b = b0 + bq * \ln(\bar{Q}) + bbv * \ln(\text{surfBV}) + bslo * \sqrt{(SLO)} + bordr * \text{ordre}$	b0 = 0.125 bq = 0 bbv = 0 bslo = 0 bordr = 0
$c_d = \exp(cd0 + cdbv * \ln(\text{surfBV}) + cdslo * \sqrt{(SLO)} + cdord * \text{ordre})$	cd0 = - 0.966 cdbv = 0 cdslo = - 0.058 cdordr = 0
$f_d = fd0 + fdq * \ln(\bar{Q}) + fdbv * \ln(\text{surfBV}) + fdslo * \sqrt{(SLO)} + fdord * \text{ordre}$	fd0 = 0.298 fdq = 0 fdbv = 0 fdslo = 0 fdord = 0

$f = f0 + fq * \ln(\bar{Q}) + fbv * \ln(\text{surfBV}) + fslo * \sqrt{(SLO)} + ford * \text{ordre}$	f0 = 0.302 fq = 0 fbv = 0 fslo = 0 fordr = 0
grandeurs hydrauliques	
$\bar{L} = a_d \bar{Q}^{b_d}$	
$\bar{H} = c_d \bar{Q}^{f_d}$	

2.4.2 Modèles d'habitat généralisés. Débits critiques/optimaux

2.4.2.1 Contexte théorique

Les modèles d'habitat hydraulique conventionnels (ex : Evha, Ginot 1998) couplent un modèle hydraulique du tronçon (qui prédit comment les vitesses et hauteurs locales varient en fonction du débit) avec des modèles de préférences des espèces aquatiques pour ces conditions hydrauliques locales (courbes de préférences). Ils sont assez lourds à utiliser, nécessitent une topographie du lit, des mesures hydrauliques et un calage numérique. Ils sont néanmoins devenus populaires à l'échelle internationale pour prédire les impacts quantitatifs sur les populations de la gestion des débits (Reiser et al. 1989). Les sorties de ces modèles s'expriment en terme de valeur d'habitat (note entre 0 et 1) et surface pondérée utile (SPU, surface du tronçon multipliée par la valeur d'habitat) ; elles indiquent comment ces variables évoluent en fonction du débit pour différentes espèces, stades de développement ou groupes d'espèces (guildes).

Une étude de sensibilité de ces modèles conventionnels sur plus de 200 cours d'eau de France et de Nouvelle-Zélande (Lamouroux et Capra 2002, Lamouroux et Souchon, 2002, Lamouroux et Jowett, 2005) a montré que les sorties des modèles, à un débit donné, dépendaient largement de la connaissance des caractéristiques hydrauliques moyennes des tronçons de cours d'eau (Q, H, L). En conséquence, la connaissance de la géométrie hydraulique des cours d'eau permet d'en dire déjà beaucoup sur l'évolution avec le débit des valeurs d'habitat et de la surface pondérée utile de différentes espèces.

2.4.2.2 Application à Estimkart

Un résultat intéressant mis en évidence par les modèles d'habitat généralisés est que la forme de la courbe reliant la valeur d'habitat au débit, pour une espèce donnée, dépend principalement du débit spécifique du cours d'eau Q/L. Il est ainsi possible de définir, pour chaque espèce, des valeurs 'optimales' de Q/L (Q/L = A est le débit spécifique où la valeur d'habitat est à son maximum ou l'approche) et des valeurs 'critiques' de Q/L (Q/L = B est le débit spécifique 'critique' où la valeur d'habitat vaut 2/3 de la valeur d'habitat optimale ; les valeurs d'habitat chutent rapidement pour des débits inférieurs au débit 'critique').

Les valeurs de A et B retenues dans Estimhab sont pour différents taxons

Taxon	A	B
Truite adulte (France)	0.096	0.003
chabot adulte	0.152	0.017
barbeau adulte	1.050	0.350
espèces d'eau courante	1.115	0.130
Truite adulte (NZ)	0.278	0.095
Invertébrés	0.310	0.095

Le débit 'optimum' Q_{opt} est obtenu pour $Q/L = A$, soit, d'après l'équation 7

$$Q_{opt} = \left(A a_d \bar{Q}^{(b_d - b)} \right)^{\frac{1}{1-b}} \quad (9)$$

De même, le débit critique s'estime par

$$Q_{cri} = \left(B a_d \bar{Q}^{(b_d - b)} \right)^{\frac{1}{1-b}} \quad (10)$$

Les valeurs d'habitat calculées dans ESTIMKART sont Q_{opt} et Q_{cri} ainsi que les ratios

entre ces débits 'optimaux' et 'critiques' avec le débit mensuels sec min(QMX). Les ratios permettent d'apprécier si les débits actuels sont déjà critiques pour une espèce ou un groupe d'espèce donné.

modèle intégré dans ESTIMKART (calcul sur chaque arc)	paramètres
Débit optimal $Q_{opt} = \left(A a_d \bar{Q}^{(b_d-b)} \right)^{\frac{1}{1-b}}$	A (cf. valeurs ci-dessous)
Débit critique $Q_{cri} = \left(B a_d \bar{Q}^{(b_d-b)} \right)^{\frac{1}{1-b}}$	B (cf. valeurs ci-dessous)
Ratio d'optimalité Ropt = min(QMX) / Qopt (vaut 1 quand le débit sec actuel est optimum, 2 quand il est double ...)	
Ratio de criticalité Rcri = min(QMX) / Qcri (vaut 1 quand le débit sec actuel est optimum, 2 quand il est double ...)	

2.4.3 Modèles de peuplements en place

Les débits critiques et optimaux s'interprètent au vu des débits actuels (ce que visent à faire les Ropt et Rcri) et des peuplements en place. C'est pourquoi il est intéressant d'intégrer à la plate-forme ESTIMKART des modèles théoriques des peuplements en place qui estiment la probabilité de présence des différentes espèces de poissons.

Des modèles théoriques des peuplements en place ont été développés par Oberdorff et al. (2001, 2002a, 2002b) et ont servi, entre autres, au développement d'un indice poisson rivière français. Nous avons intégré une version de ces modèles dans ESTIMKART pour permettre une meilleure interprétation des simulations de qualité de l'habitat physique.

La probabilité de présence PESP d'une espèce ESP est calculée comme suit :
on calcule tout d'abord les variables intermédiaires

$$G = 3.015 - 0.347 \ln(\text{surfBV}) - 0.544 \ln(D\text{source})$$

$$A = \ln(\text{Altitude})$$

$$V = \ln(\bar{L}) + \ln(SLO) + \ln(\bar{H}) - \ln(\bar{L} + 2 \bar{H})$$

$$TV = T_{juil} + T_{jan}$$

$$TA = T_{juil} - T_{jan}$$

on calcule ensuite pour chaque espèce

$$PESP = 1 / (1 + \exp(-XESP))$$

$$\text{ou } XESP = \text{Intercept} + \text{correction sur intercept suivant bassin} + cV * V + cV^2 * V^2 + cTV * TV \dots\dots$$

avec les coefficients en annexe.

Voir ANNEXE A

2.5 Les modèles - incertitudes

La combinaison des données et modèles dans ESTIMKART entraîne une combinaison des incertitudes de ces données et modèles. L'estimation des incertitudes est un problème complexe, que nous essaierons ici de traiter de façon simple et conservative (en maximisant l'erreur faite), faute d'être précis (ce qui serait impossible).

Le choix est fait dans ESTIMKART d'estimer de façon modulaire l'incertitude marginale de chaque donnée brute et de chaque modèle (estimation de l'incertitude du modèle lorsque ses variables d'entrée sont supposées sans erreur). Les autres sources d'erreur (certaines erreurs sur les mesures par exemples) ne sont pas prises en compte car nous les jugeons comme responsables d'une surestimation de l'erreur. Les incertitudes marginales des modèles sont considérées comme un paramètre supplémentaire du modèle qui peut évoluer dans l'application ESTIMKART, du fait de tests de validation supplémentaires.

Une fois les incertitudes marginales de chaque donnée et modèle estimées, les incertitudes sur les variables calculées sont estimées par combinaison des incertitudes marginales. Lors des calculs de combinaison d'incertitude, nous ferons généralement le choix conservatif de sommer les écart-types des différentes sources d'incertitudes, alors que ce sont traditionnellement les variances des erreurs que l'on somme. Ce choix donne des valeurs d'erreur surestimées, mais il constitue un moyen de reconnaître que les erreurs des différents modèles ne sont pas nécessairement indépendantes.

2.5.1 Modèles de géométrie hydraulique

2.5.1.1 Incertitudes marginales

Les incertitudes marginales de chaque modèle sont décrites par l'écart-type résiduel du modèle lorsque ce modèle a été testé sur plusieurs dizaines de cours d'eau français (cf. Lamouroux et Capra, 2002, et l'exemple de relation entre variable hydraulique et débit dans la partie 'Les modèles')

Modèle intégré dans ESTIMKART (calcul sur chaque arc)	Incertitude marginale
Coefficients de géométrie hydraulique	
$a_d = \exp(ad0 + adbv * \ln(surfBV) + adslo * + \sqrt{SLO} \text{ cdord} * \text{ordre})$	écart-type résiduel sur $\ln(a_d)$ $\sigma_{\ln(a_d)} = 0.05$
$b_d = bd0 + bdq * \ln(\bar{Q}) + bdbv * \ln(surfBV) + bdslo * \sqrt{SLO} + bdordr * \text{ordre}$	écart-type résiduel sur b_d $\sigma_{b_d} = 0.024$
$b = b0 + bq * \ln(\bar{Q}) + bbv * \ln(surfBV) + bslo * \sqrt{SLO} + bordr * \text{ordre}$	écart-type résiduel sur b $\sigma_b = 0.05$
$c_d = \exp(cd0 + cdbv * \ln(surfBV) + cdslo * \sqrt{SLO} + cdord * \text{ordre})$	écart-type résiduel sur $\ln(c_d)$ $\sigma_{\ln(c_d)} = 0.054$
$f_d = fd0 + fdq * \ln(\bar{Q}) + fdbv * \ln(surfBV) + fdslo * \sqrt{SLO} + fdord * \text{ordre}$	écart-type résiduel sur f_d $\sigma_{f_d} = 0.028$

$f = f_0 + f_q * \ln(\bar{Q}) + f_{bv} * \ln(surfBV) + f_{slo} * \sqrt{SLO} + f_{ord} * \text{ordre}$	écart-type résiduel sur f $\sigma_{mf} = 0.09$
---	---

2.5.1.2 Incertitudes combinées

La combinaison des incertitudes donne pour les coefficients de géométrie hydraulique

modèle intégré dans ESTIMKART (calcul sur chaque arc)	incertitude marginale
grandeurs hydrauliques	
$\bar{L} = a_d \bar{Q}^{b_d}$	écart-type résiduel sur $\ln(\bar{L})$ $\sigma_{\ln(\bar{L})} = 0.256$
$\bar{H} = c_d \bar{Q}^{f_d}$	écart-type résiduel sur $\ln(\bar{H})$ $\sigma_{\ln(\bar{H})} = 0.291$

Modèle / Incertitude combinée
Coefficients de géométrie hydraulique
$a_d = \exp(ad_0 + ad_{bv} * \ln(surfBV) + ad_{slo} * \sqrt{SLO} + ad_{ord} * \text{ordre})$ $\sigma_{\ln(a_d)} = \sigma_{\ln(a_d)} + ad_{bv} * \sigma_{\ln(surfBV)} + ad_{slo} * \sigma_{\sqrt{SLO}}$
$b_d = bd_0 + bd_q * \ln(\bar{Q}) + bdbv * \ln(surfBV) + bdslo * \sqrt{SLO} + bdord * \text{ordre}$ $\sigma_{b_d} = \sigma_{b_d} + bdbv * \sigma_{\ln(surfBV)} + bdslo * \sigma_{\sqrt{SLO}}$
$b = b_0 + b_q * \ln(\bar{Q}) + bbv * \ln(surfBV) + bslo * \sqrt{SLO} + bordr * \text{ordre}$ $\sigma_b = \sigma_b + bbv * \sigma_{\ln(surfBV)} + bslo * \sigma_{\sqrt{SLO}}$
$c_d = \exp(cd_0 + cdbv * \ln(surfBV) + cdslo * \sqrt{SLO} + cdord * \text{ordre})$ $\sigma_{\ln(c_d)} = \sigma_{\ln(c_d)} + cdbv * \sigma_{\ln(surfBV)} + cdslo * \sigma_{\sqrt{SLO}}$
$f_d = fd_0 + fd_q * \ln(\bar{Q}) + fdbv * \ln(surfBV) + fdslo * \sqrt{SLO} + fdord * \text{ordre}$ $\sigma_{f_d} = \sigma_{f_d} + fdbv * \sigma_{\ln(surfBV)} + fdslo * \sigma_{\sqrt{SLO}}$
$f = f_0 + f_q * \ln(\bar{Q}) + f_{bv} * \ln(surfBV) + f_{slo} * \sqrt{SLO} + f_{ord} * \text{ordre}$ $\sigma_f = \sigma_{mf} + f_{bv} * \sigma_{\ln(surfBV)} + f_{slo} * \sigma_{\sqrt{SLO}}$

La combinaison des incertitudes pour une grandeur hydraulique comme $\bar{L} = a_d \bar{Q}^{b_d}$ est obtenue après différenciation de:

$$\bar{L} = \ln(a_d) + b_d + \ln(\bar{Q})$$

par rapport aux différentes sources d'incertitudes, soit à partir de:

$$d(\ln(\bar{L})) \sim d[\ln(a_d)] + b_d * d[\ln(\bar{Q})] + d[b_d] * \ln(\bar{Q})$$

On considèrera :

Modèle / Incertitude combinée
Grandeurs hydrauliques
$\bar{L} = a_d \bar{Q}^{b_d}$ $\sigma \ln(\bar{L}) = \sigma \ln(a_d) + b_d * \sigma \ln(\bar{Q}) + \sigma b_d * \ln(\bar{Q}) $
$\bar{H} = c_d \bar{Q}^{f_d}$ $\sigma \ln(\bar{H}) = \sigma \ln(c_d) + f_d * \sigma \ln(\bar{Q}) + \sigma f_d * \ln(\bar{Q}) $

Les intervalles de confiance a 95% autour d'une variable calculée X seront lorsque σX est calculé:

$$X - 2\sigma; X < X < X + 2\sigma; X$$

lorsque $\sigma \ln(X)$ est calculé :

$$X * \exp[-2 * \sigma \ln(X)] < X < X * \exp[2 * \sigma \ln(X)]$$

2.5.2 Modèles d'habitat généralisés. Débits critiques/optimaux

2.5.2.1 Incertitudes marginales

L'incertitude marginale réelle concernant les modèles d'habitat physiques n'est pas connue. Ces modèles prédisent des 'débit critiques' ou 'débit optimaux' dont le lien effectif avec la biologie reste peu validé à l'échelle internationale. Il existe quelques validations du rôle des débits 'critiques' ou 'optimaux' sur la densité des espèces (Lamouroux et al., 2002 ; Jowett, 2006 ; Lamouroux et al. 2006), notamment dans le bassin du Rhône, mais ces validations restent trop rares pour fournir des intervalles de confiance à l'échelle nationale.

Ce point constitue bien sur une limite sérieuse à l'interprétation des modèles d'habitat physique, dont le test extensif nécessitera un suivi comparable de multiples opérations de modification des débits. Cette phase expérimentale n'en est qu'à ses débuts.

ESTIMKART ne fera donc que propager l'incertitude des variables d'entrée des modèles d'habitat généralisés sur les débits 'critiques' et 'optimaux' estimés.

2.5.2.2 Incertitudes combinées

L'incertitude combinée sur les statistiques d'habitat, comme pour les grandeurs hydrauliques, est estimée à partir de la différentiation des équations des modèles d'habitat généralisés par rapport aux différentes sources d'incertitudes. Par exemple :

$$Q_{opt} = \left(A a_d \bar{Q}^{(b_d-b)} \right)^{\frac{1}{1-b}}$$

$$d[\ln(Q_{opt})] \sim \frac{1}{1-b} \blacktriangledown$$

$$* [d[\ln(a_d)] + (b_d - b) * d[\ln(\bar{Q})] + \ln(\bar{Q}) * d[b_d] - (\ln(Q_{opt}) + \ln(\bar{Q})) * d[b]]$$

On considèrera donc :

Modèle / Incertitude combinée

Débit optimal $Q_{opt} = \left(A a_d \bar{Q}^{(b_d - b)} \right)^{\frac{1}{1-b}}$

$$\sigma \ln(Q_{opt}) = 1/|1-b| * [\sigma \ln(a_d) + |b_d - b| * \sigma \ln(\bar{Q}) + |\ln(\bar{Q})| * \sigma b_d + |\ln(Q_{opt}) + \ln(\bar{Q})| * \sigma b]$$

Débit critique $Q_{cri} = \left(B a_d \bar{Q}^{(b_d - b)} \right)^{\frac{1}{1-b}}$

$$\sigma \ln(Q_{cri}) = 1/|1-b| * [\sigma \ln(a_d) + |b_d - b| * \sigma \ln(\bar{Q}) + |\ln(\bar{Q})| * \sigma b_d + |\ln(Q_{cri}) + \ln(\bar{Q})| * \sigma b]$$

Ratio d'optimalité $R_{opt} = \min(QMX) / Q_{opt}$

(vaut 1 quand le débit sec actuel est optimum, 2 quand il est double ...)

$$\sigma \ln(R_{opt}) = \sigma \ln(Q_{opt}) + \sigma \ln(QMX)$$

Ratio de criticalité $R_{cri} = \min(QMX) / Q_{cri}$

(vaut 1 quand le débit sec actuel est optimum, 2 quand il est double ...)

$$\sigma \ln(R_{cri}) = \sigma \ln(Q_{cri}) + \sigma \ln(QMX)$$

2.6 Affichage et échelles

Variable à afficher	Echelle d'affichage
\bar{Q}	Tout le réseau, limites de \bar{Q} à définir par ES, arcs non influencés arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
min(QMX)	Tout le réseau, limites de \bar{Q} à définir par ES arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
\bar{L}	Tout le réseau, \bar{Q} entre 0.2 et 600 m ³ /s arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
\bar{H}	Tout le réseau, \bar{Q} entre 0.2 et 600 m ³ /s, arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
Qopt truite Qcri truite Ropt truite Rcri truite	A afficher sur les cours d'eau 'a truite' (prendre pour l'instant rang < 6) arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
Qopt CHA Qcri CHA Ropt CHA Rcri CHA	A afficher sur les cours d'eau (prendre pour l'instant rang < 7) arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard

Qopt BAR Qcri BAR Ropt BAR Rcri BAR	A afficher sur les cours d'eau (prendre pour l'instant rang > 2) arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
Qopt EEC Qcri EEC Ropt EEC Rcri EEC	A afficher sur les cours d'eau (prendre pour l'instant rang > 2) arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard
Qopt INV Qcri INV Ropt INV Rcri INV	A afficher sur tous les cours d'eau arc : couleur + indications incertitude bassin : distribution, moyenne, erreur standard

(10)

3 L'APPLICATION ESTIMKART

3.1 *Pré requis pour l'utilisation d'ArcMap*

Un bagage SIG est nécessaire pour exploiter au maximum les possibilités de l'application de valeurs d'habitat généralisées sur SIG ESTIMKART. L'utilisateur devra connaître le vocabulaire associé aux données spatiales et à leur manipulation. Il devra également utiliser les fonctions de base des logiciels ArcMap et ArcCatalog .

Pour ce qui concerne l'utilisation du Model builder d'ArcMap, composant essentiel de l'application, le chapitre 3.4.2 aborde les principales fonctions du ModelBuilder,

Pour toute manipulation sortant de ce cadre, il pourra se référer à l'aide de

l'application ESTIMKART ou à l'aide en ligne d' ArcCatalog ou d'ArcMap.

3.2 Conventions d'écriture

Nous nommerons "**modèle**", le résultat d'une modélisation à intégrer à l'application et "**model**" un objet du *Model builder d'ArcMap*, représentant, sous forme de graphe interactif, l'intégration d'un "modèle" à ESTIMKART.

Les possibilités de formatage de caractères au sein d'ArcMap étant limitées, il est impossible de représenter un indice ou tout autre caractère spécial dans les fenêtres de dialogue de l'application.

Ainsi, voici la philosophie de la correspondance entre les symboles utilisés dans ce document et au sein de l'application:

- a_d -> ad, etc.
- \bar{Q} -> Module, etc.
- σ -> sigma, etc.
- $\sigma \ln(\bar{L})$ -> sigmaMlnL, etc.

3.3 Installation d'ESTIMKART

3.3.1 Copie des fichiers

Les fichiers livrés doivent être copiés dans un répertoire de préférence proche de la racine du disque. (Évitez les chemins complexes du type "C:\rep1\rep2\...\ repN \ESTIMKART")

L'arborescence des fichiers livrés doit être respectée.

IMPORTANT : Les noms de répertoires contenant des espaces sont proscrits.

3.3.2 Intégration à ArcMap

L'application ESTIMKART est développée sous forme d'outils d'ArcToolbox au sein d'un projet ArcMap, ceci simplifiant considérablement son installation.

Double-cliquer sur le fichier ESTIMKART.mdx situé à la racine du répertoire contenant les fichiers de l'application.

Si vous ne voyez pas la boîte à outils ESTIMKART dans le panneau des ArcToolboxes, il faut l'installer:

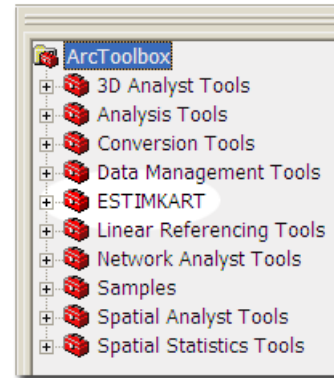


Illustration 11: La boîte à outils ESTIMKART doit apparaître au sein des ArcToolboxes

Dans le menu contextuel de la boîte à outils 'ArcToolbox', cliquez sur 'Ajouter une boîte à outils..'

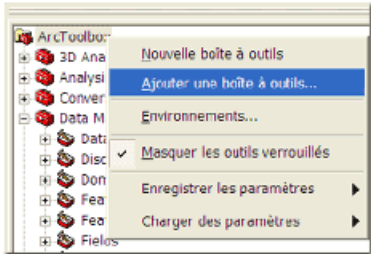


Illustration 12: Ajouter une boîte à outils aux ArcToolboxes

Si vous ne voyez pas les Arctoolbox , dans la barre d'outils d'ArcMap, cliquez sur l'icône des ArcToolbox.

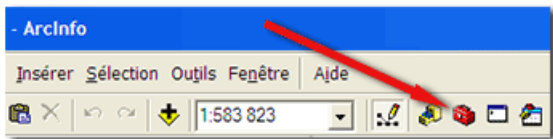


Illustration 13: Outil "Ouvrir le panneau des ArcToolboxes"

Sélectionnez la boîte à outils 'ESTIMKART' contenue dans le répertoire 'ESTIMKART\Estk_Program \ Estk_Outils \'

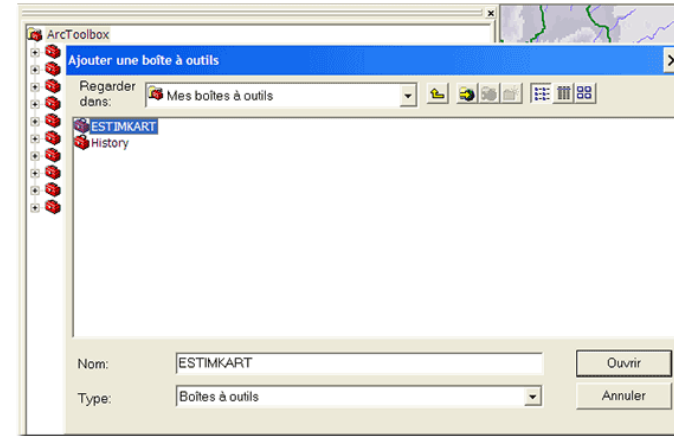


Illustration 14: Boite à outils présente dans Estk_Outils

La boîte à outils est alors incluse à ArcMap.

3.3.2.1 Définition des paramètres d'environnement des modèles

Pour fonctionner, les scripts des modèles doivent 'connaître' le répertoire de travail à partir duquel il peut parcourir une arborescence connue.

Pour ce faire, dans le menu contextuel de la boîte à outils 'ArcToolbox', cliquez sur 'Environnements'.

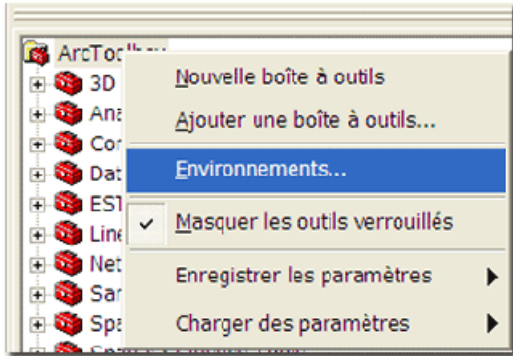


Illustration 15: Afficher la boîte de dialogue de modification des paramètres d'environnements des modèles

Puis, dans la boîte de dialogue qui apparaît, développez la section des 'Paramètres généraux' et définissez 'l'espace de travail courant'. Ce dernier doit correspondre au répertoire dans lequel se situe le projet 'ESTIMKART'.

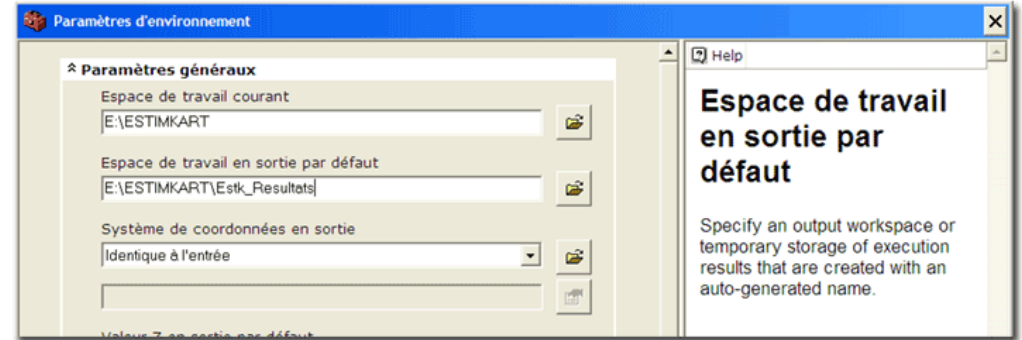


Illustration 16: Modifier les espaces de travail des modèles

Cette procédure définit le répertoire de travail par défaut de tous les outils d'ArcToolbox. Si vous ne souhaitez pas modifier les préférences globales pour des raisons particulières – en général, cela ne pose aucun problème – il est possible d'effectuer cette opération pour tous les modèles d'ESTIMKART seulement : dans le menu contextuel de chaque modèle d'ESTIMKART, choisissez 'Propriétés'.

Dans l'onglet 'Environnements', cochez la case 'Espace de travail courant' et cliquez sur 'Valeurs...' et procédez comme il est expliqué précédemment.

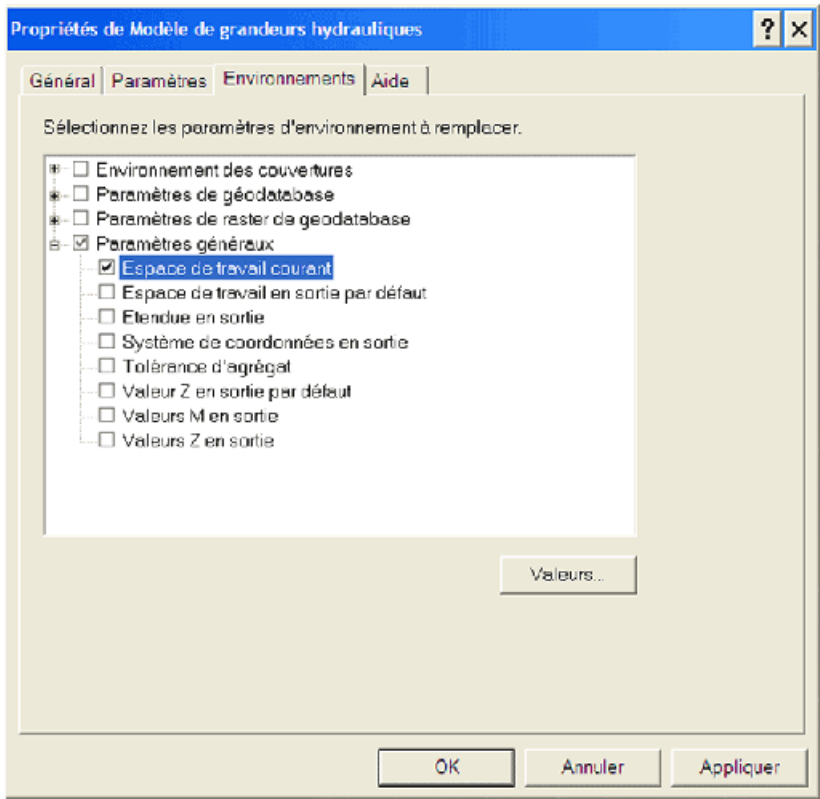


Illustration 17: Modifier les espaces de travail des ArcToolboxes

3.3.2.2 Affichage du fond cartographique

Afin de faciliter la localisation des sites de travail, il est possible d'ajouter un fond cartographique au projet.

Cette couche au format *.lyr regroupe plusieurs entités :

- Le réseau hydrographique ;
- Les principales villes de France ;
- Une image du relief ;
- Les zones hydrologiques.

Elle est située dans ESTIMKART\Estk_Data\Données brutes.lyr.



Illustration 18: Aperçu de "Données brutes.lyr" dans ArcCatalog

L'application installée et le fond cartographique ajouté, ArcMap doit avoir cette apparence :

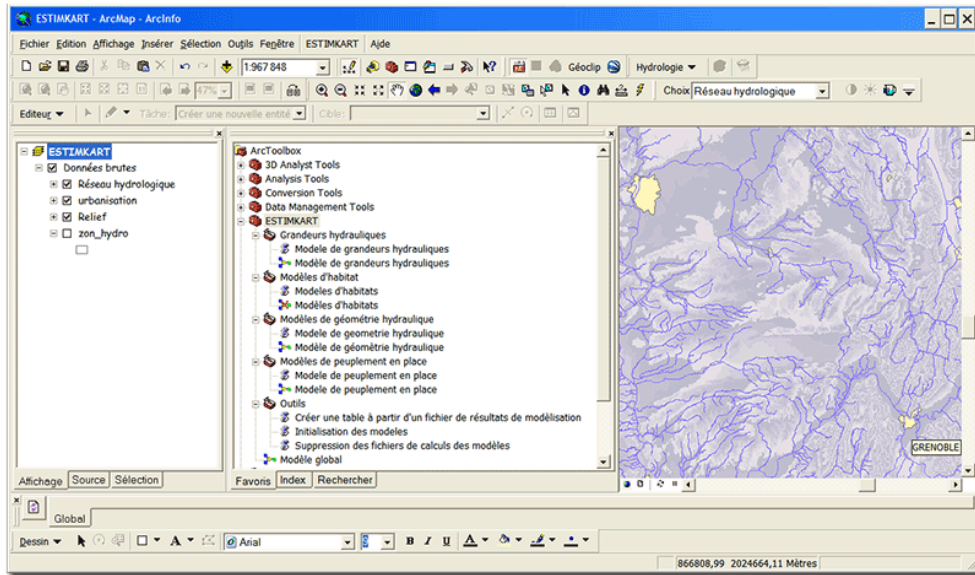


Illustration 19: Apparence de l'application ESTIMKART installée

3.4 Utilisation de l'application ESTIMKART

3.4.1 Les éléments de l'application

L'application ESTIMKART est intégrée à ArcMap sous forme d'outil ArcToolbox. Ceci apporte l'ergonomie et la logique d'utilisation d'ArcMap.

L'application ESTIMKART est composée de quatre principaux éléments:

- une boîte à outils ArcToolbox qui représente l'application ;
- des jeux d'outils qui représentent les catégories de modèles ;
- des outils ;
- des models ModelBuilder.

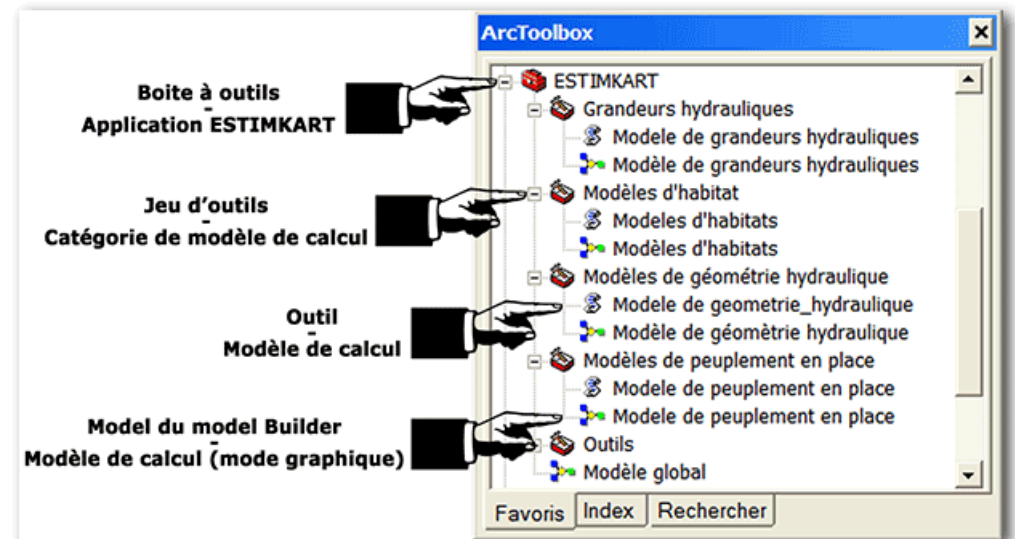


Illustration 20: Détail des composants d'ESTIMKART au sein des ArcToolboxes

Boîte à outils et jeu d'outils organisent les outils. Les outils correspondent aux modèles de l'application. Ces modèles calculent des grandeurs par le biais de scripts écrits en Python.

Les modèles ont pour paramètres d'entrée, fichiers de données, constantes, expressions conditionnelles et chaînes de caractères et pour paramètres de sortie, des fichiers de grandeurs calculées associées à leurs incertitudes.

La version V 1.5 - Juin 07 est composée de quatre modèles: le modèle de géométrie hydraulique, le modèle de grandeurs hydrauliques, le modèle de d'habitats et le modèle de peuplements en place.

3.4.2 Fonctionnalités du ModelBuilder

Le ModelBuilder d'ArcMap est une interface de géotraitement permettant d'automatiser des tâches en reliant des outils ArcToolbox entre eux. L'enchaînement des outils est représenté sous forme de graphe d'appel dynamique.

Pour exécuter un modèle, cliquez sur 'Édition' du menu contextuel du Model ArcToolbox du modèle choisi.

Dans la fenêtre du ModelBuilder qui s'est ouverte, se trouve la représentation graphique dynamique du modèle.

Les données en entrée sont représentées en bleu outre-mer, les valeurs en entrée le sont en bleu azur, les données dérivées sont en vert émeraude et les valeurs dérivées sont représentées en vert jade. Les scripts (ou Modèles) sont orangés.

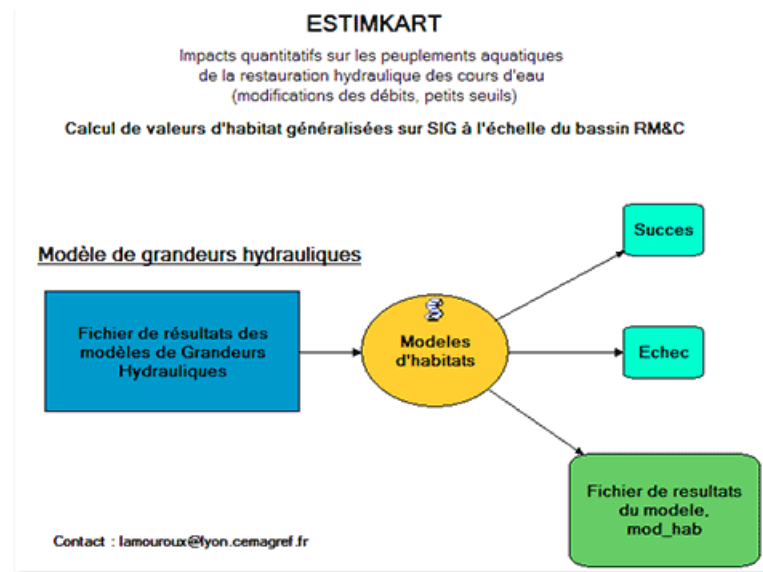


Illustration 21: les éléments d'un modèle.

Quand un élément est blanc, si il s'agit d'un paramètre d'entrée, il est facultatif ou nécessite d'être actualisé. S'il s'agit d'un paramètre de sortie, il n'est pas encore calculé.

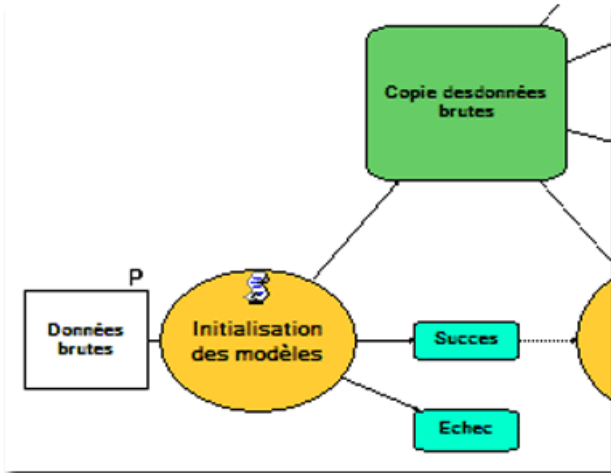


Illustration 22: L'élément "données brutes" est facultatif. Non actualisé, il est de couleur blanche mais le script dont il est paramètre d'entrée est orangé dont considéré comme actualisé par le ModelBuilder.

Si une majeure partie des éléments est blanche, un ou plusieurs paramètres nécessaires doivent être actualisés pour que le modèle puisse être exécuté.

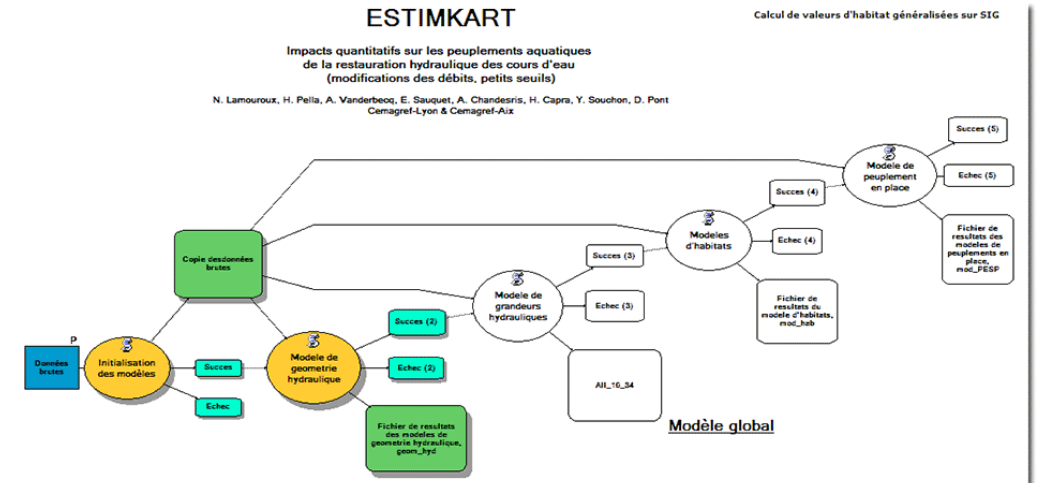


Illustration 23: Le script du modèle de grandeurs hydrauliques n'est pas actualisé. Les modèles suivants, qui dépendent des résultats du modèle non actualisé, sont également considérés comme non actualisés par le ModelBuilder.

Les paramètres du script du modèle de grandeurs hydrauliques ne sont pas renseignés. Le message renvoyé par le ModelBuilder, en cas de tentative d'exécution est le suivant :

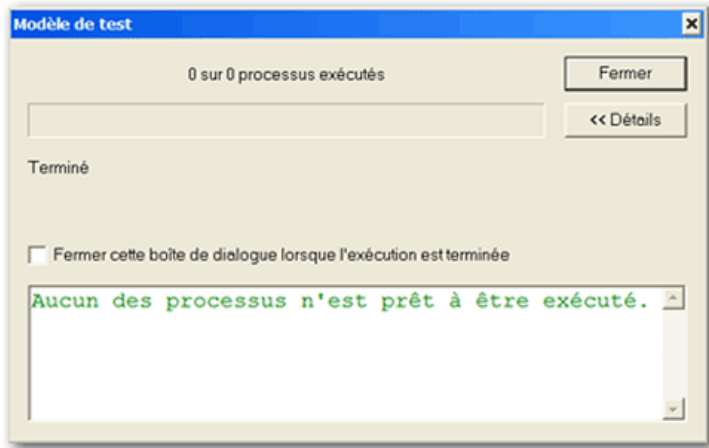


Illustration 24: Fenêtre signifiant que l'utilisateur doit actualiser les paramètres d'un script du model.

Si l'on effectue un double-clic sur le premier script, une fenêtre similaire à la copie d'écran suivante apparaît.

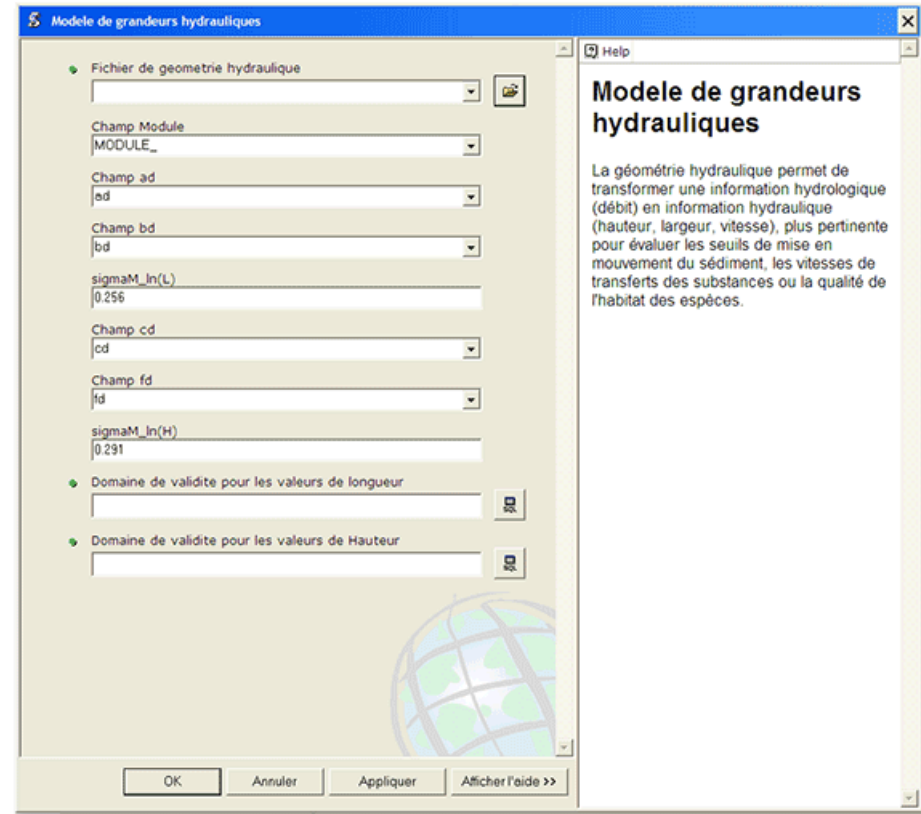


Illustration 25: Boite de dialogue proposant d'actualiser les paramètres d'entrée du script. En l'occurrence, la copie du fichier des données brutes et les domaines de définition.

Pour exécuter un modèle, cliquez sur l'icône en haut à droite de la fenêtre du ModelBuilder.



Illustration 26: L'icône "lecture" lance l'exécution du model.

Les scripts sont alors exécutés les uns après les autres et les fichiers produits sont enregistrés suivant l'arborescence illustrée au chapitre 3.4.4.

Une fois le fichier de modèles de grandeurs hydrauliques calculé, les autres modèles peuvent être effectués selon l'ordre mentionné dans le chapitre 3.4.6.

Info : Les paramètres des modèles sont-ils tous actualisés ? Vous pouvez alors lancer le modèle en effectuant un double-clic sur celui-ci dans ArcToolbox pour lancer son exécution.

3.4.3 Exécuter un modèle

Ces modèles sont conçus pour être exécutés les uns à la suite des autres. Les données fournies par les premiers étant utilisés comme fichier d'entrée pour les suivants.

Ils peuvent être exécutés de trois façons :

- **Individuellement**
 - *En double-cliquant sur un Outil*. Une fenêtre propose, dans sa partie gauche, d'actualiser les paramètres d'entrée nécessaires ou facultatifs au script.

Dans la partie droite, un texte décrit le modèle concerné par le script et chaque paramètre est détaillé et explicité.

Une fois les champs renseignés, le script peut être exécuté en cliquant sur le bouton 'OK'.

Cette option d'exécution des modèles est développée pour plus de modularité de l'application. Cependant il est fortement recommandé de ne pas l'utiliser dans le cadre d'une utilisation normale de l'application.

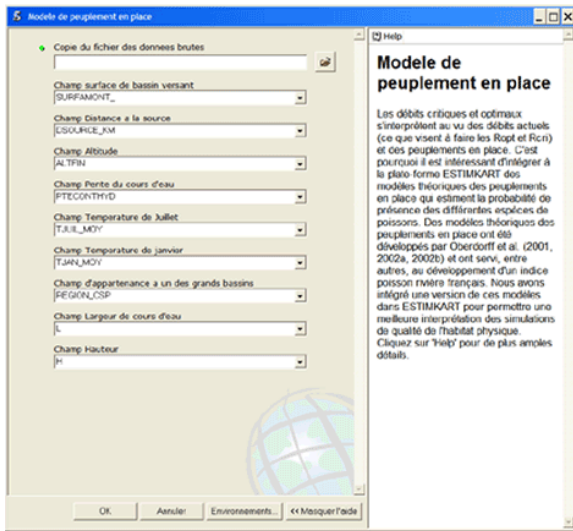


Illustration 27: Boite de dialogue d'actualisation des paramètres d'un script Python intégré à ArcMap

- En cliquant sur 'Edition...' du menu contextuel d'un Model du ModelBuilder. Le model apparaît dans une fenêtre du ModelBuilder montrant les différents paramètres du modèle sous forme de graphe d'appel.
- Pour exécuter le modèle, cliquez sur 'Modèle', 'Executer'.

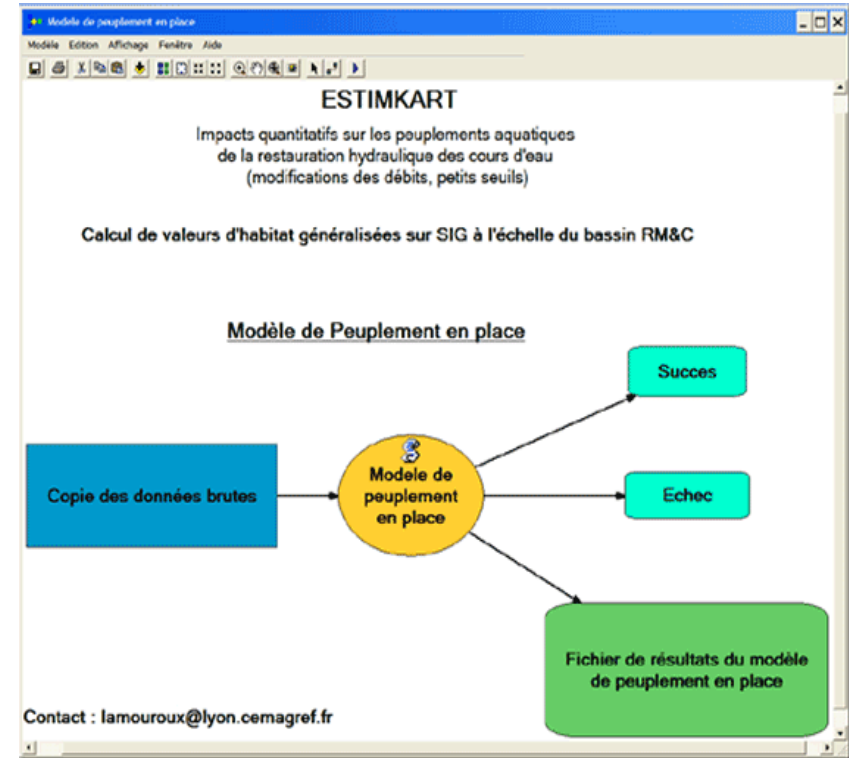


Illustration 28: Fenêtre d'un model ArcMap

- **Enchaînés :** En cliquant sur 'Edition...' du menu contextuel du Model du ModelBuilder nommé 'Modèle global'. Une fenêtre, montrant tous les modèles sous forme de graphe d'appel, s'affiche. Son utilisation est similaire à celle explicitée dans le point ci-dessus.

Voir ANNEXE B

3.4.4 L'architecture de l'application

L'application est constituée de quatre répertoires principaux: Estk_Data, Estk_Doc, Estk_Program, Estk_Resultats et d'un fichier projet ArcMap, ESTIMKART.mxd.

- Estk_Data contient les données du fond cartographique, par défaut, les données brutes et les tables de coefficients de modèles d'habitats et de peuplements en place ;
- Estk_Doc contient les fichiers d'aide de l'application ainsi que la documentation globale à imprimer sous format *.pdf ;
- Estk_Program contient les boîtes à outil ArcToolbox et le code Python des scripts ;
- Estk_Resultats contient les dossiers de résultats de modèles. Ces dossiers sont créés au lancement du modèle de géométrie hydraulique. Ils comportent les Bases De Données contenant les tables des résultats des calculs ainsi que leurs incertitudes.

Voir ANNEXE C

3.4.5 Principe de l'application

On appellera 'données brutes', le fichier de données tabulaire contenant, pour chaque Arc de la Base de données Hydrologique, les attributs de base des Arcs :

- Valeurs d'ordre de Strahler ;
- Valeurs de pente ;
- Valeurs de module ;
- Valeurs de débit journalier, moyenne inter-annuelle du mois X ;
- Valeurs du minimum des débits journaliers, moyenne inter-annuelle du mois X ;
- Valeurs de surface de bassin versant amont ;
- Appartenance aux grands bassins ;
- Distance à la source ;
- Altitude ;
- Températures moyennes en Juillet ;
- Températures moyennes en Janvier.

Le fonctionnement global des modèles est le suivant:

Une fois les paramètres d'entrée actualisés, chaque modèle ajoute les champs nécessaires au calcul (le champ portant les résultats du modèle et les champs représentant les incertitudes inférieures et supérieures) à la table des données d'entrée, puis le script calcule les différents paramètres du modèle pour chaque arc.

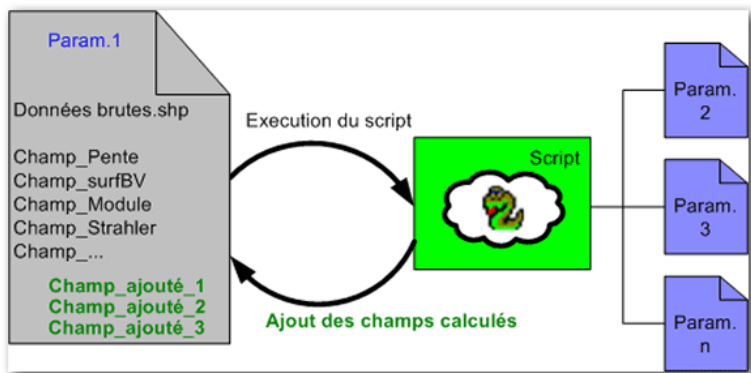


Illustration 29: Actualisation des données brutes lors de l'exécution d'un model

Il est à noter que les model modifient la table des données en entrée. Afin de préserver l'intégrité des données brutes, un utilitaire effectuant une copie de ces données est intégré au model de géométrie hydraulique. Selon les paramètres d'entrée renseignés, il déplace la copie du fichier brute évitant ainsi d'écrire dans le fichier original.

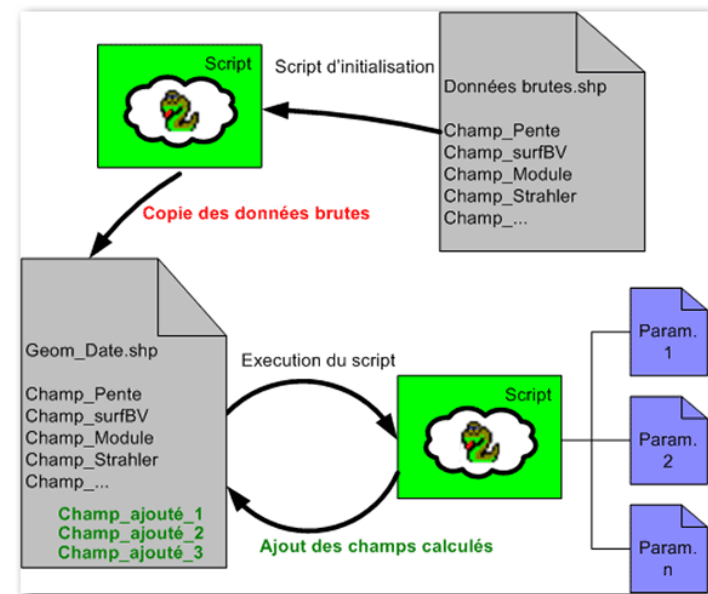


Illustration 30: Copie des données brutes par le script "d'initialisation des modèles" et actualisation de la copie

L'exécution du modèle de géométrie hydraulique crée un répertoire dont le nom, par défaut, est : **Estk_Resultats\Modele_Jour_Mois**. Dans ce répertoire, une copie des données brutes est intégrée au sein d'une Base De Données MS Access. Cette BDD porte le nom du dossier dans lequel elle est stockée.

Étant donné que le nom de la BDD est fonction du jour de création de celle-ci, si l'utilisateur effectue une nouvelle modélisation le même jour, le nom de la BDD est alors incrémenté d'un numéro : Modele_Jour_Mois, Modele_Jour_Mois_1, Modele_Jour_Mois_n.

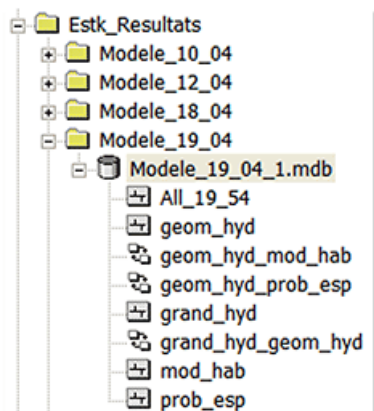


Illustration 31: Arborescence des répertoire et fichiers de résultats

La table, copie des données brutes, se nomme **All_Heure_Minute**. (*All* signifie qu'elle contient TOUS les coefficients et valeurs calculés par des modèles.)

Cette table doit comporter un champ **NONCALC**. Ce champ porte les valeurs 0 ou 1. Pour un Arc, si la valeur de ce champ est 1, les calculs des différents modèles ne seront pas effectués. Ceci pour des raisons de validité des données pour cet Arc.

L'exécution des modèles actualise la table All_Heure_Minute. Les champs calculés sont ajoutés à cette table et les valeurs calculées sont actualisées en fonction de la progression du calcul.

Les valeurs des champs ne sont calculées que pour les Arcs des cours d'eau qui sont contenus dans le domaine de validité des modèles. (voir les domaines de validité des modèles)

Chaque modèle de calcul, après avoir actualisé la table All_Heure_Minute, produit une table de résultats. Cette table, stockée dans la BDD, ne contient que les résultats propres au modèle exécuté. Il s'agit d'une extraction des données concernées à partir de All_Heure_Minute.

Les tables ainsi produites sont liées entre elles par une classe de relation ArcMap basée sur le champ **ID_DRAIN**, commun à toutes les tables.

Ces classes de relations permettent de connaître, pour un ou plusieurs arcs, toutes les valeurs des différents modèles calculés.

Comme indiqué précédemment, il est recommandé d'utiliser les modèles du

ModelBuilder pour exécuter l'application.

Pour ces raisons, nous ne traiterons que l'utilisation de l'application via le ModelBuilder d'ArcMap.

Récapitulatif : En premier lieu, un script d'initialisation effectue une copie du fichier concernant les données brutes associées à chaque arc du réseau hydrologique. Cette étape permet d'assurer l'intégrité des données.

De ce fichier, les scripts des modèles de géométrie hydraulique vont utiliser les valeurs de pente, les valeurs d'ordre de Strahler, les valeurs de module, etc., pour calculer le fichier de géométrie hydraulique.

Ce fichier est utilisé pour calculer les modèles de grandeurs hydrauliques et les modèles d'habitat.

Les fichiers de modèles d'habitat serviront à calculer les modèles de ratio de criticité et d'optimalité.

3.4.6 Les modèles

La structure modulaire de l'application permet de combiner ou d'ajouter des modèles en fonction des paramètres qu'ils consomment et produisent.

Dans la version V 1.5 – Juin. 07, l'enchaînement s'effectue comme le montre le schéma suivant :

Voir ANNEXE D

3.4.6.1 Modèle de géométrie hydraulique

Principe :

Le modèle de géométrie hydraulique calcule les coefficients de géométrie hydraulique nécessaires à la modélisation des informations hydrauliques pour chaque tronçon de cours d'eau. Ces coefficients seront utilisés lors du calcul des autres modèles composants l'application.

Le calcul des modèles de géométrie hydraulique est donc un préambule au calcul des modèles grandeurs hydrauliques, d'habitats et de probabilités de peuplements en place,

Ce modèle effectue une copie des données brutes afin de préserver l'intégrité de ces dernières.

Par défaut, le script effectue une copie des données brutes dans le répertoire : Estk_Resultats\Modele_Jour_Mois\Modele_Jour_Mois.mdb>All_Heure_Minute.

Si la copie s'est correctement déroulée, le script procède au calcul des différents paramètres de la modélisation ainsi que de leurs incertitudes marginale.

La table All_Heure_Minute est actualisée. Une extraction des paramètres calculés est effectuée à partir des tables des résultats brutes. Cette table des résultats de la modélisation est stockée dans la table appelée geom_hyd.

3.4.6.2 Modèle de grandeurs hydrauliques

Principe :

Le modèle de grandeurs hydrauliques permet de transformer une information hydrologique (débit) en information hydraulique (hauteur, largeur, vitesse).

Seconde étape de modélisation de l'application ESTIMKART, le modèle de grandeurs hydrauliques utilise les coefficients calculés par le modèle de géométrie hydraulique.

Lors du déroulement de la modélisation, la table All_Heure_Minute est actualisée. Une extraction des paramètres calculés (Largeur, Hauteur et intervalles de confiances associés) est effectuée à partir des tables des résultats brutes. Cette table des résultats de la modélisation est stockée dans la table appelée grand_hyd.

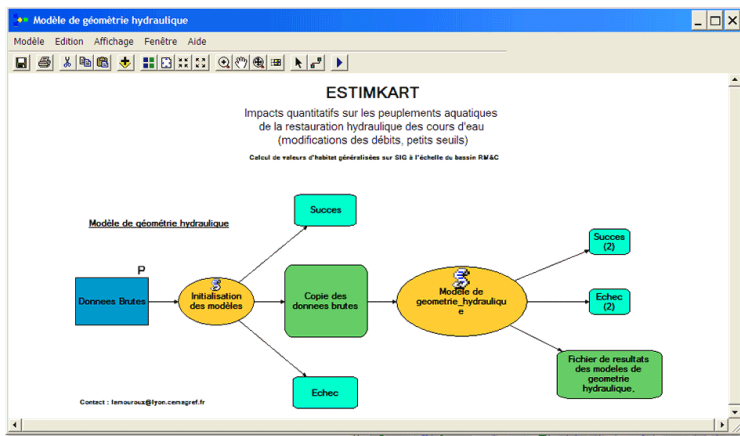


Illustration 32: Model de géométrie hydraulique

Utilisation :

Ouvrez la fenêtre du modèle de géométrie hydraulique.

Double-cliquez sur la représentation graphique du script d'Initialisation des modèles. Ceci ouvre une fenêtre permettant de choisir :

- Le chemin d'accès du fichier des données brutes. Par défaut, le script prend Estk_Data\donnees_brutes.shp comme valeur ;
- Le chemin d'accès pour stocker les données. Par défaut, le script choisi Estk_Resultats\Modele_Jour_Mois comme valeur. LIEN
- Si la représentation graphique du modèle montre des composants incolores, signifiant que le modèle nécessite d'actualiser des paramètres, double-cliquez sur la représentation graphique du script du Modèle de géométrie hydraulique. Ceci ouvre une fenêtre permettant de choisir :
- Les coefficients de la modélisation ;
- Les champs du fichier de copie des données brutes, représentant les paramètres des tronçons de cours d'eau nécessaires à la modélisation. (i.e. Surface du bassin versant, Coefficient de Strahler et module)

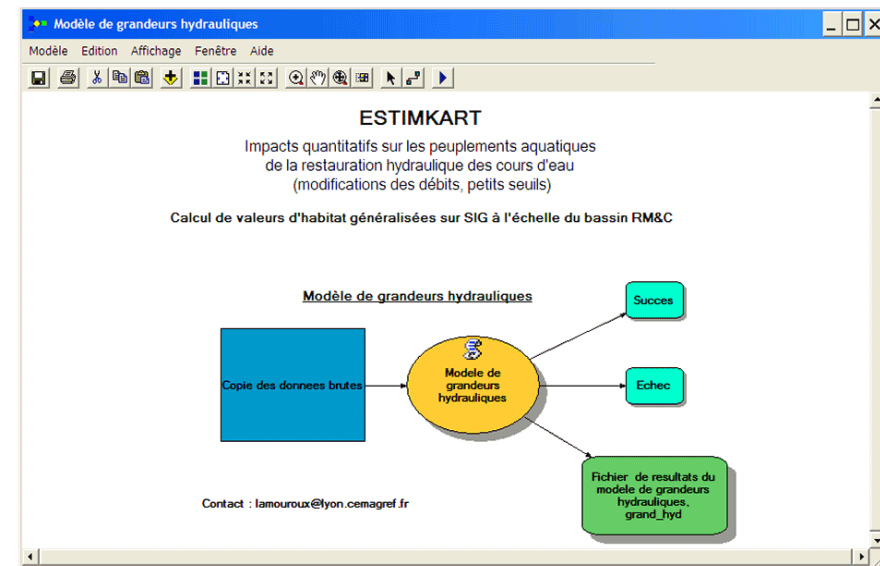


Illustration 33: Model de grandeurs hydrauliques

Utilisation :

Ouvrez la fenêtre du modèle de grandeurs hydraulique.

Double-cliquez sur la représentation graphique du script. Ceci permet de choisir :

- Le chemin d'accès de la copie du fichier des données brutes à laquelle ont été ajoutés les coefficients de géométrie hydraulique ;
- Le nom des champs répertoriant les données nécessaires aux calculs (i.e. le champ module, les champs des coefficients de géométrie hydraulique, leurs incertitudes marginales ainsi que les domaines de validité pour la Hauteur et la Largeur).

3.4.6.3 Modèle d'habitats

Principe :

Les modèles d'habitat couplent les modèles de géométrie hydrauliques et les informations de débit avec des modèles de préférences des espèces aquatiques.

Comme le modèle de grandeurs hydrauliques, ce modèle utilise les coefficients calculés par le modèle de géométrie hydraulique.

Le modèle traite six taxons :

- La truite de France
- Le chabot
- Le barbeau
- Les espèces d'eau courante
- La truite de Nouvelle-Zélande
- Les invertébrés.

Les coefficients invariables ainsi que le domaine de validité des calculs, pouvant être considérés comme des paramètres d'entrée du modèle, sont fonction du taxon traité. Pour des raisons de modularité de l'application ESTIMKART, ces paramètres sont stockés par défaut dans une table DBase : ESTIMKART\Estk_Data\coefHAB.dbf.

IMPORTANT : dans le cas où l'utilisateur a modifié le répertoire de stockage des résultats, celui-ci doit impérativement comprendre une copie de la table coefHAB.dbf.

Après avoir récupéré les coefficients ainsi que les conditions du domaine de validité dans la table coefHAB, le script effectue une sélection de la copie des données brutes en fonction du domaine de validité adéquat et calcule les débits optimums et les ratios optimums. Puis, effectue la même démarche pour les débits critiques et ratios critiques.

Lors du déroulement de la modélisation, la table All_Heure_Minute est actualisée. Une extraction des paramètres calculés (Débit critique, débit optimum, ratio optimum et critiques ainsi que leurs intervalles de confiances associés) est effectuée à partir des tables des résultats brutes. Cette table des résultats de la modélisation est stockée dans la table appelée mod_hab.

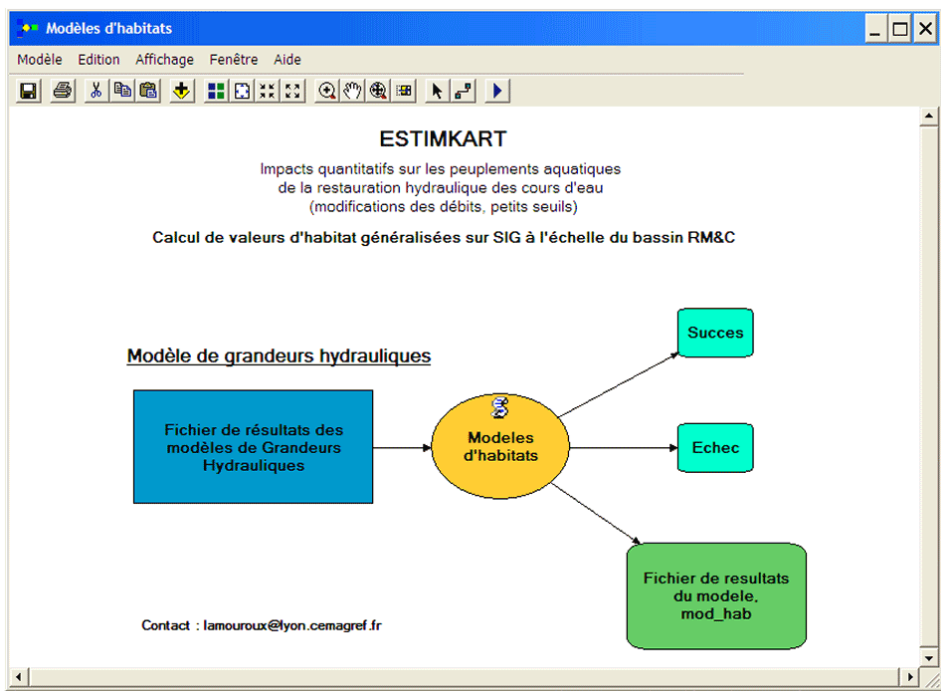


Illustration 34: Model d'habitats

Utilisation :

Ouvrez la fenêtre du modèle de grandeurs hydraulique.

Double-cliquez sur la représentation graphique du script. Ceci permet de choisir :

- Le chemin d'accès de la copie du fichier des données brutes à laquelle ont été ajoutés les coefficients de géométrie hydraulique ;
- Le nom des champs répertoriant les données nécessaires aux calculs (i.e. le champ module, les champs des coefficients de géométrie hydraulique, leurs incertitudes marginales ainsi que les domaines de validité pour la Hauteur et la Largeur)

3.4.6.4 Modèle de peuplements en place

Principe :

Le modèle de peuplements en place estime la probabilité de présence des différentes espèces de poissons. Comme le modèle de grandeurs hydrauliques, ce modèle utilise les valeurs calculées par le modèle de grandeurs hydrauliques.

Comme le modèle d'habitats, le modèle de peuplements en place nécessite une table de coefficients (par défaut : ESTIMKART\Estk_Data\indicePESP.dbf).

IMPORTANT : dans le cas où l'utilisateur a modifié le répertoire de stockage des résultats, celui-ci doit impérativement comprendre une copie de la table indicePESP.dbf.

Ces coefficients sont fonction de l'appartenance du cours d'eau au grand bassin (Nord / Seine / Manche / Atlantique / Garonne / Rhône / Méditerranée) et de l'espèce.

Le script sélectionne les arcs de chaque grand bassin à tour de rôle dans la copie des données brutes, sélectionne les coefficients adéquats dans la table indicePESP.dbf et calcule les différents paramètres de la modélisation pour chaque espèce.

Lors du déroulement de la modélisation, la table All_Heure_Minute est actualisée. Une extraction des valeurs de probabilité de présence des différentes espèces est effectuée à partir des tables des résultats brutes. Cette table des résultats de la modélisation est stockée dans la table appelée mod_PESP.

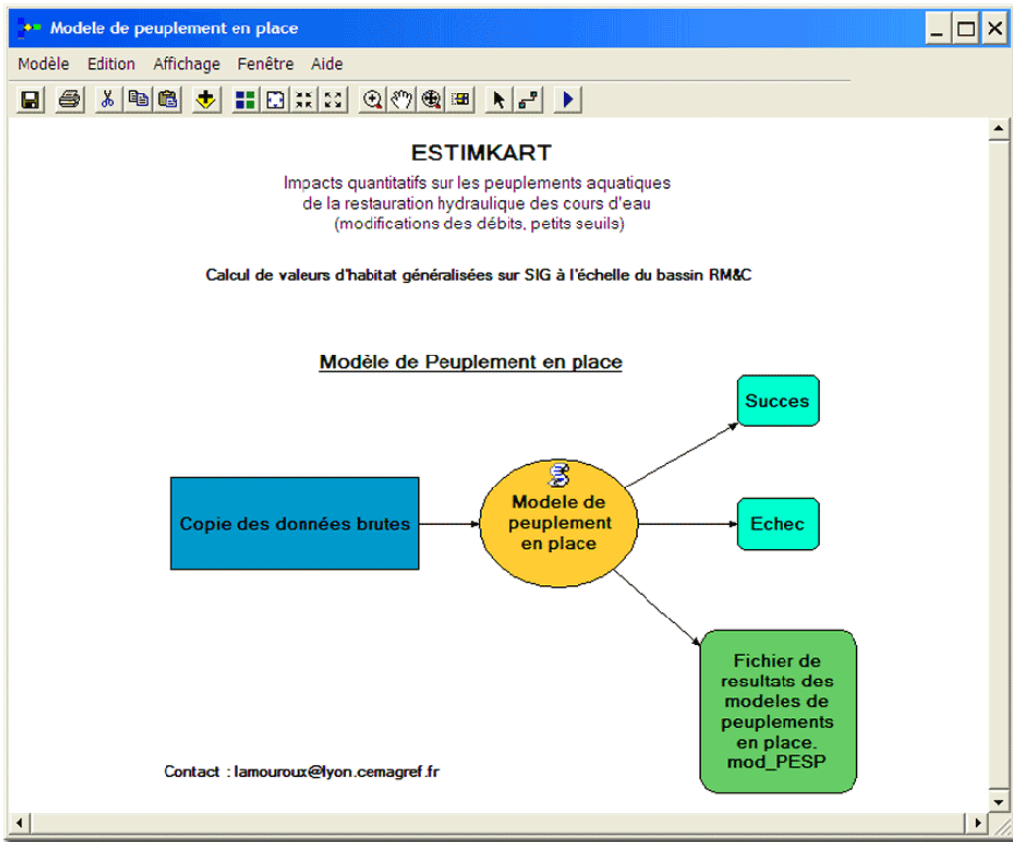


Illustration 35: Model de peuplements en place

Utilisation :

Ouvrez la fenêtre du modèle de peuplements en place.

Double-cliquez sur la représentation graphique du script. Ceci permet de choisir :

- Le chemin d'accès de la copie du fichier des données brutes à laquelle ont été ajoutés les coefficients de géométrie hydraulique ;
- Le nom des champs répertoriant les données nécessaires aux calculs (i.e. surface de bassin versant, distance à la source, altitude, pente du cours

d'eau, température moyenne en juillet, température moyenne en janvier, appartenance aux grands bassins, largeur et hauteur).

3.4.6.5 Modèle global

Le modèle global est l'enchaînement des différents modèles présentés. Le mode d'utilisation est le même que pour les modèles individuels.

Les modèles s'exécutent les uns après les autres sous réserve que la condition 'succes' soit avérée.

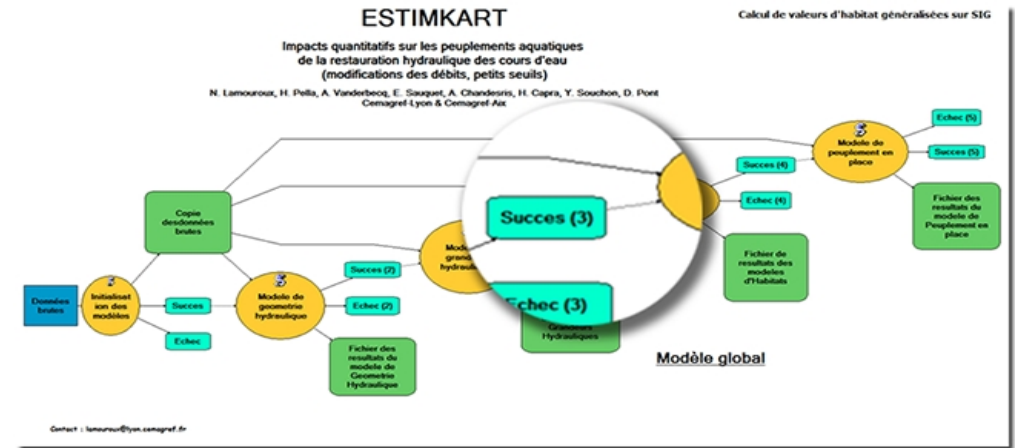


Illustration 36: Le paramètre "succes" du model précédent doit être "vrai" pour que le model concerné soit exécuté

3.4.7 Temps de calcul

Le temps moyen pour l'exécution du modèle est donné pour une machine possédant un processeur Centrino Dual Core 1,66 GHz et 1Go de RAM.

- Modèle de géométrie hydraulique : Une minute.
- Modèle de grandeurs hydraulique : Trente secondes.
- Modèles d'habitat : Deux minutes trente secondes.
- Modèle de peuplements en place : Sept minutes
- Modèle global : Onze minutes.

3.5 Modification de l'application

3.5.1 Modifier la table des données brutes

3.5.1.1 Modification de la structure de la table

Il est possible de modifier la table des données brutes très facilement. L'application ESTIMKART accepte tous les formats de 'Couche d'entités' supportés par ArcMap.

Cependant, la table des données brutes doit comporter les champs suivants :

Champ	Nom du champ dans la version V 1.5 – Juin 07	Unités	Valeurs	Type (indication)
Index du cours d'eau au sein de la table	ID_DRAIN*		[0, +∞[Entier
Surface de bassin versant	SURF_BV	Km ²	[0, +∞[**	Double
Module	MODULE_	m ³ /s	[0, +∞[**	Double
Minimum des débits mensuels observés (moyennes interannuelles)	MINQMX	m ³ /s	[0, +∞[**	Double

Altitude	ALTITUDE	m	[0, +∞]**	Double
Pente	PENTE	°/°°	[0, +∞]**	Double
Distance à la source	D_SOURCE	Km	[0, +∞]**	Double
Coefficient de Strahler	STRAHLER		[0, 8]	Entier
Appartenance à un grand bassin	REGION_CSP		"SEIN" ou "MANC", "ATLA" ou "LOIR" ou "GARO" ou "RHON"ou "MEDI"ou "NORD" *	Texte
Températures moyennes en janvier	TJUIL_MOY	°C	[0, +∞]**	Double
Températures moyennes en Juillet	TJAN_MOY	°C	[0, +∞]**	Double
Champ indiquant si le cours d'eau doit être pris en compte par l'application	NONCALC*		0 ou 1	Entier
...
* Ne doit pas être modifié. ** L'application accepte des valeurs appartenant à]-∞,+∞[; mais seules les				

valeurs cohérentes seront prises en compte.

3.5.1.2 Modification des modèles

Pour signifier à l'application quel fichier elle doit utiliser, actualiser le champ 'Fichier des données brutes' de la représentation graphique du script d'initialisation des modeles du Modele de geometrie hydraulique.

Si le nom des champs a été modifié, il faut le signifier à tous les modèles concernés.

Double cliquez sur la représentation incolore du script d'un modèle.

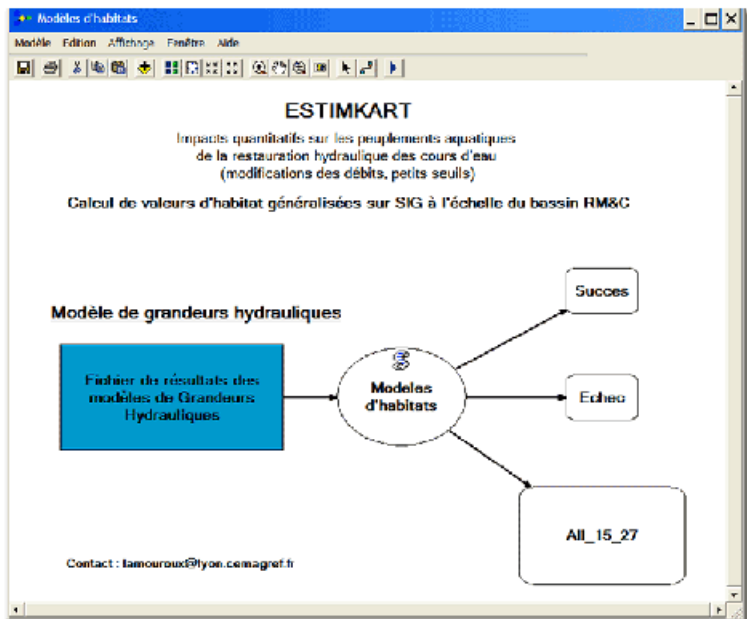


Illustration 37: Les représentations des paramètres et scripts doivent être actualisés(colorés) pour que soit exécuté le model

Dans la fenêtre de choix des paramètres qui s'affiche, changez les noms de champs marqués d'une croix rouge par la valeur du nom de champ de la nouvelle table de données brutes.

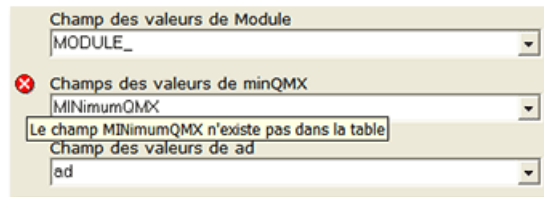


Illustration 38: Le nom de Champ représentant les valeurs de minQMX dans la table des données brutes n'est pas celui entré par l'utilisateur

3.5.1.3 Modification des tables associées

Dans le cas de la modification du nom des champs concernant le domaine de définition du modèle d'habitats, modifier également ce nom dans la table ESTIMKART\Estk_Data\coefHAB.dbf :

Champ	Nom du champ dans la version V 2.0 – Juin 07 *	Valeurs	Type (indication)
Nom du taxon étudié	TAXON	Tout nom de taxon. Le nombre d'enregistrement de la table n'est pas limité.	Texte
Coefficients A et B	A et B]-∞ ,+∞[Double
Domaines de définition du modèle pour les débits et ratios optimums	QOPT_EXPR		Expression SQL de la forme "SELECT * FROM copie_donnees_brutes WHERE QOPT_EXPR"
Domaines de définition du modèle pour les débits et ratios critiques	QCRIT_EXPR		Expression SQL de la forme "SELECT * FROM copie_donnees_brutes WHERE QCRIT_EXPR"
* Ne doit pas être modifié.			

TAXON	A	B	QOPT_EXPR	QCRIT_EXPR
TRU_FR	0.096	0.003	STRAHLER < 4	STRAHLER < 4
CHA	0.152	0.017	STRAHLER < 4	STRAHLER < 4
BAR	1.050	0.350	STRAHLER < 4	STRAHLER < 4
EEC	1.115	0.130	STRAHLER > 4	STRAHLER > 4
TRU_NZ	0.278	0.095	STRAHLER < 4	STRAHLER < 4
INV	0.310	0.095	STRAHLER < 4	STRAHLER < 4
...

4 Références

Ferguson R. I., 1986. Hydraulics and hydraulic geometry. *Progress in Physical Geography* 10, 1-31.

Ginot V., 1998. Logiciel EVHA. Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière (version 2.0). Cemagref Lyon et Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau, Paris, France.

Knighton D., 1998. Fluvial forms and processes: a new perspective. John Wiley and Sons, New York, NY.

Lamouroux N., sous presse Hydraulic geometry of stream reaches and ecological implications. *Gravel-Bed Rivers VI*. Elsevier.

Lamouroux N., Capra H., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. *Freshwater Biology* 47, 1543-1556.

Lamouroux N., Souchon Y., 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for fish habitat guilds in large streams. *Freshwater Biology* 47, 1531-1542.

Lamouroux N., Poff N.L., Angermeier P.L., 2002. Intercontinental convergence of stream fish community traits along geomorphic and hydraulic gradients. *Ecology*, 83, 1792-1807.

Lamouroux N., Jowett I.G., 2005. Generalized instream habitat models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62, 7-14.

Lamouroux N., Olivier J.M., Capra H., Zylberblat M., Chandesris A., Roger P., 2006. Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions

in the Rhône River at Pierre-Bénite, France. *Freshwater Biology*, 51, 1730-1743.

Leopold L.B., Maddock T., 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. Professional Paper 252. U.S. Geological Survey, Washington, DC.

Oberdorff T., Pont D., Huguény B. & D. Chessel (2001). A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology* 46: 399-415.

Oberdorff T., D. Pont, B. Huguény, J. Belliard, R. Berrebi dit Thomas & J.P. Porcher (2002a). Adaptation et validation d'un indice poisson (FBI) pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français. *Bulletin Français de Pêche et de la Pisciculture* 365/366: 405 :433.

Oberdorff T., D. Pont, B. Huguény & J.P. Porcher (2002b). Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of "river health" in France. *Freshwater Biology* 47: 1720-1734.

Park C.C., 1977. World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: an analysis and some observations. *Journal of Hydrology* 33, 133-146.

Pella H., Wasson J.G., Chandesris A., 2006. Construction d'un réseau hydrographique simplifié à partir de la BD Carthage pour la modélisation de l'écoulement naturel. *Ingénieries*.

Reiser D.W., Wesche T.A., Estes C., 1989. Status of instream flow legislation and practices in North America. *Fisheries* 24, 24-26.

Rhoads B.L., 1994. Fluvial geomorphology. *Progress in Physical Geography* 18, 103-123.

Sauquet E., Gottschalk L. & Leblois E. (2000a). Mapping average annual runoff: A hierarchical approach applying a stochastic interpolation scheme, *Hydrological Sciences Journal*, 45(6), 799-816.

Sauquet E., Krasovskaïa I. & Leblois E. (2000b). Mapping mean monthly runoff pattern using EOF analysis, *Hydrology and Earth System Sciences* 4, 79-93.

Sauquet E. (2006a). Cartographie des écoulements mensuels moyens en France. Note de synthèse, 41 pages. Cemagref-Lyon.

Sauquet E. (2006b). Mapping mean annual river discharges: geostatistical developments for incorporating river network dependencies. *Journal of Hydrology* 331, 300-314.

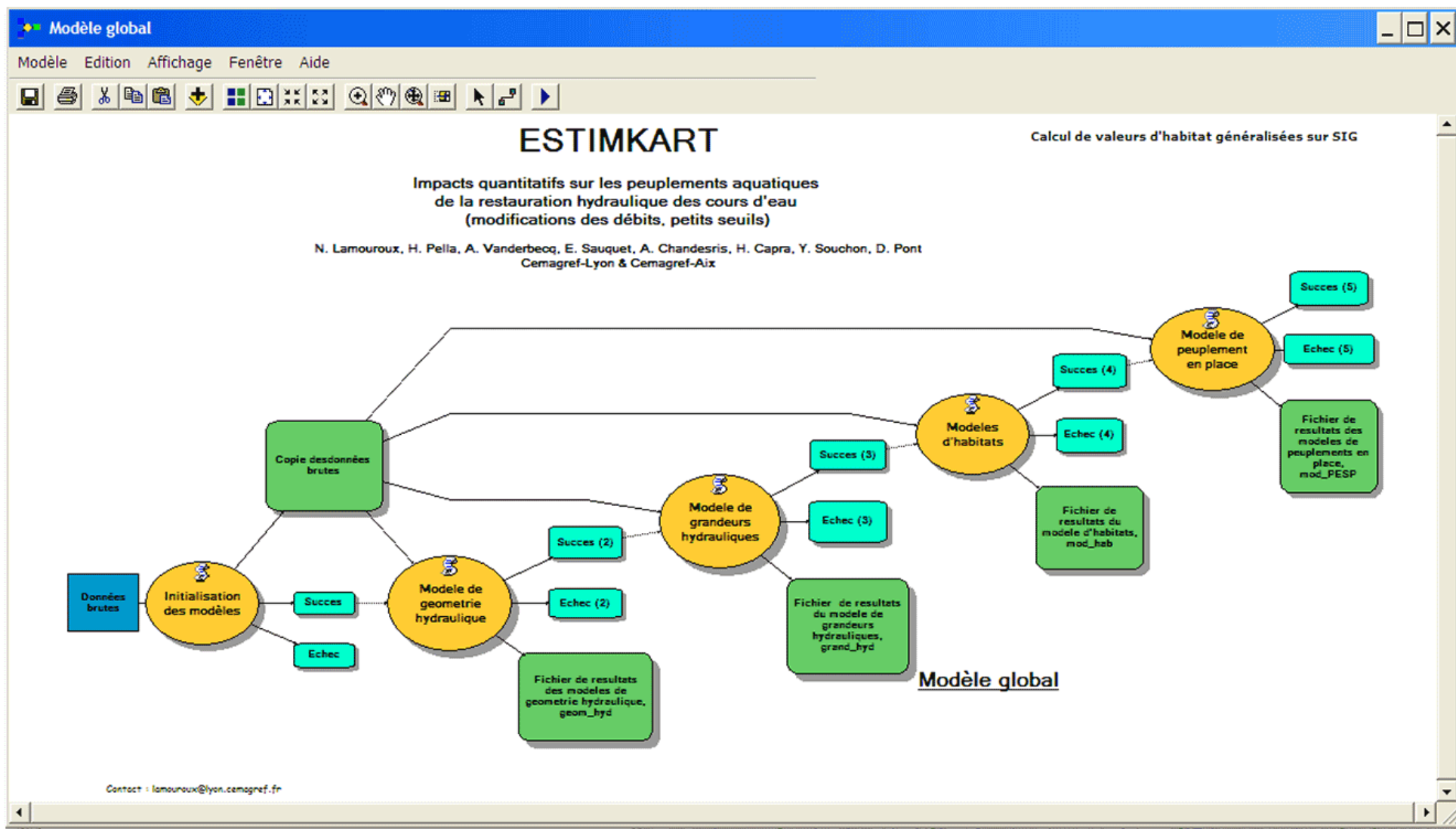
ANNEXE A

ESP	intercept	correction sur intercept suivant bassin								coefficients des modèles									
		nord	sein	manc	atla	loir	garo	rhon	medi	cV	cV^2	cTV	cTV^2	cTA	cTA^2	cA	cA^2	cG	cG^2
ABL	-65.8315	-0.3877	-1.8736	0.3677	0.0000	0.6268	-0.4345	-0.3696	-2.1287	0.0000	0.0000	0.1222	0.0000	6.8521	-0.2017	2.5558	-0.3873	-2.0446	0.0000
ANG	9.7428	-2.4824	-3.6886	-0.3957	0.0000	-2.3304	-1.8987	-2.9428	-0.4382	0.0000	-0.2391	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.6141	0.0000	-0.4091	0.0000
BAF	-25.7366	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.6012	0.0000	1.2835	-0.0218	0.0000	0.0126	0.6324	0.0000	-1.9185	-0.2392
BAM	-16.5079	1.4034	1.1091	0.7908	0.0000	0.7767	8.8232	9.9618	12.2506	0.0000	0.0000	0.1885	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.3480
BLN	-36.0590	0.4374	-0.2209	0.8884	0.0000	0.1717	0.0588	13.4636	11.2158	0.0000	-0.2603	1.9595	-0.0402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.7134	0.0000
BOU	-2.8481	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.6125	0.0000	0.0000	-0.0039	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.9111	-0.2308
BRB	-2.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.4278	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0595	-1.2847	0.0000
BRO	-10.9132	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.6421	0.0000	-0.1569	0.0000	0.2331	0.0000	5.1173	-0.6639	-0.4933	0.0000
CAS	-1.3359	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.5779	0.0000	0.0000	0.1186
CCO	-20.0934	9.5898	9.5190	1.8567	0.0000	9.8274	7.8334	8.5576	7.7224	-0.2810	0.0000	0.3059	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000	-0.0748	0.0000	0.1058
CHA	-10.4795	0.1401	0.8229	1.0272	0.0000	0.6566	0.1949	0.2431	-1.0891	0.0000	-0.0952	0.5211	-0.0177	0.0000	0.0000	4.1059	-0.4791	0.2092	-0.1988
CHE	-41.1173	0.5515	0.2511	-0.2474	0.0000	1.1551	0.5057	1.5180	1.6519	0.0000	-0.2971	0.0948	0.0000	4.0268	-0.1225	3.0234	-0.3732	-1.0779	0.1421
EPI	-23.8069	10.3325	8.7490	6.0910	0.0000	7.3899	6.8660	9.4706	1.1321	0.0000	-0.4427	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	7.5978	-0.9819	0.3552	0.0000
EPT	-8.4907	0.1156	2.5520	-1.0283	0.0000	2.2941	0.6293	-5.2176	-6.4245	-0.4288	-1.0499	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.2130	-0.6233	0.5329	-0.2639
GAR	-7.4054	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.5783	-0.1991	0.0000	0.0000	0.3278	0.0000	1.7728	-0.2831	-0.7350	0.1795
GOU	-1.6140	0.5447	0.2141	-1.0529	0.0000	1.1369	1.2091	0.1598	-0.0033	-0.3584	-0.2375	0.0000	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.8991	-0.1702
GRE	-105.3557	11.8403	8.3341	9.6103	0.0000	10.2638	8.3710	3.5267	0.7453	-0.5106	0.0000	0.0000	0.0000	11.7586	-0.3606	0.0000	-0.13	-1.45	-0.2793

ESP	intercept			correction sur intercept suivant bassin						coefficients des modèles									
		nord		manc	atla	loir	garo	rhon	medi	cV	cV^2	cTV	cTV^2	cTA	cTA^2	cA	cA^2	cG	cG^2
HOT	-124.3824	7.7572	7.5763	1.5291	0.0000	8.7025	4.7515	8.1168	6.7740	-0.9399	0.0000	0.0000	0.0000	13.7673	-0.4147	0.0000	0.0000	-1.6986	-0.2559
LOF	-11.9671	-0.8217	0.6007	0.3815	0.0000	1.2174	-0.5550	-0.1730	-3.0129	-0.4583	-0.2351	0.1397	0.0000	0.0000	0.0000	4.1020	-0.3811	-0.1854	-0.2454
LOT	-6.8531	4.2810	5.9684	-2.8928	0.0000	9.4509	9.1155	6.3454	2.9226	0.0000	-0.7038	0.0000	-0.0180	0.0000	0.0168	3.1815	-0.5932	0.0000	0.0000
LPP	0.9374	0.1699	0.1489	0.1149	0.0000	0.3145	-0.8440	-1.1103	-7.7997	0.0000	-0.4969	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0060	0.0000	0.0000	0.2849	-0.1670
OBR	-105.1076	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	11.4730	-0.3186	0.0000	0.0000	-1.2507	-0.3320
PCH	-7.3326	-8.3928	-0.2637	-6.3310	0.0000	1.4129	0.0481	0.6048	-7.3960	-0.6591	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0249	0.0000	-0.1048	0.0000	0.0000
PER	-28.7419	3.7191	2.9022	2.7696	0.0000	3.0311	2.0707	3.1050	0.2192	-0.5497	0.0000	0.0000	0.0000	3.3833	-0.1037	-0.5884	0.0000	-0.7574	0.0000
PES	-2.0482	-0.6812	-1.4756	-7.8945	0.0000	1.4002	0.8112	0.3171	1.4463	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0015	0.0000	0.0156	0.0000	-0.1492	-0.4316	0.0000
ROT	-14.1178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0060	0.2636	0.0000	5.3245	-0.6722	-0.6009	0.0000
SAN	-7.0623	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.6128	-0.3029	-2.0275	-0.1421
SAT	-10.8659	-10.0329	-11.5669	-1.7659	0.0000	-2.0344	0.7273	-8.9436	-7.5374	0.9261	0.4470	3.2323	-0.0807	-3.8642	0.1223	4.2993	-0.6256	-1.1263	-0.1605
SPI	-18.9686	10.2210	9.8177	2.0990	0.0000	11.8308	-0.5192	10.4398	-0.0577	0.0000	-0.4822	0.0000	0.0044	0.0000	0.0164	0.0000	0.0000	-1.8499	-0.3750
TAN	-2.3068	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.7570	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.5862	0.0000
TOX	-9.1176	-6.6853	-7.7939	-7.0108	0.0000	0.2729	0.8098	1.0293	-2.2571	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.8322	-0.5909
TRF	3.7755	-3.3833	-2.3155	0.0809	0.0000	-0.3864	-0.9222	-1.2148	-1.4478	0.3924	0.0000	0.0000	-0.0062	0.0000	0.0000	0.0000	0.1060	0.5386	-0.1263
VAI	-5.1832	-1.9341	-0.8967	-0.9206	0.0000	0.7339	-0.2511	-0.8686	-0.7915	0.0000	-0.3793	0.0617	0.0000	0.0000	0.0000	2.3638	-0.2253	-0.2037	-0.2246
VAN	-2.6023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.7311	-0.4341	0.0000	0.0000	0.0000	0.0065	0.0000	0.0000	-1.3619	-0.2580

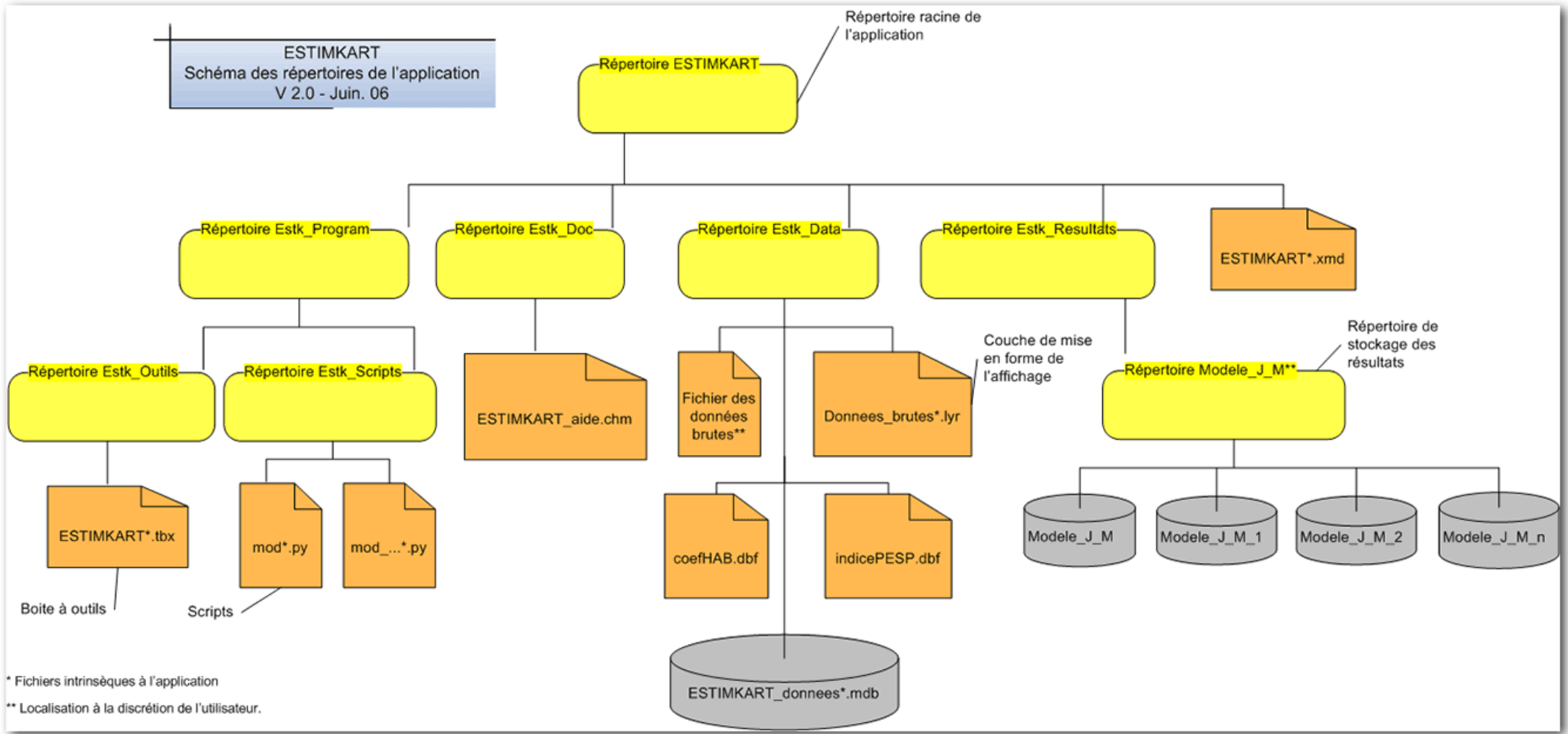
Annexe A : Table des coefficients du modèle de probabilités de peuplements en place.

ANNEXE B



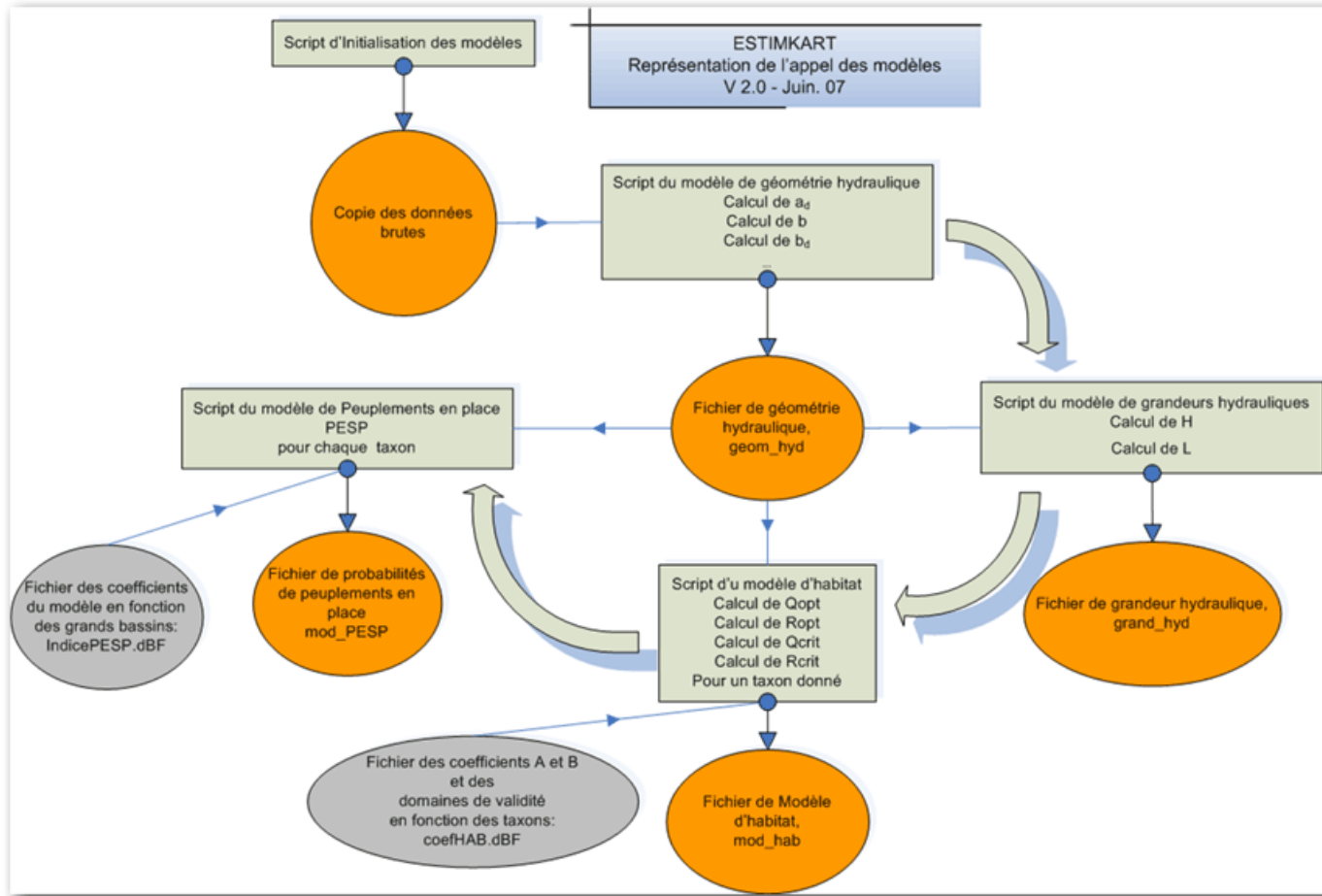
Annexe B: Chaînage de tous les model de la version V 1.5 – Juin 07

ANNEXE C



Annexe C: Architecture de l'application ESTIMKART V 1.5 – Juin 07

ANNEXE D



Annexe D: Enchaînement des model