

École Polytechnique de l'Université de Tours
64, Avenue Jean Portalis
37200 TOURS, FRANCE
Tél. +33 (0)2 47 36 14 14
www.polytech.univ-tours.fr

Département Informatique
4^e année
2012 - 2013

Rapport de stage

**Développement et amélioration d'un
système expert pour la quantification des
flux polluants des rivières**

Encadrants

Florentina MOATAR
florentina.moatar@univ-tours.fr
Florence CURIE
florence.curie@univ-tours.fr

Etudiant

Hao ZHOU
hao.zhou-2@etu.univ-tours.fr

DI4 2012 - 2013

Université François-Rabelais, Tours

Version du 4 septembre 2013

Table des matières

1	Remerciement	6
2	Introduction	7
3	Presentation du laboratoire	8
3.1	Université François-Rabelais	8
3.2	Laboratoire de géosciences	9
4	Techniques utilisés	11
4.1	MVC	11
4.2	Redmine	12
4.3	Matlab	12
4.4	JfreeChart	13
4.5	GIMP	13
4.6	HTML Help Workshop	14
4.7	MyEclipse	14
5	Présentation de la mission du stage	15
5.1	Analyser les besoins	15
5.2	Designer le système	15
5.2.1	Environnement Logiciel	15
5.2.2	module de fonctionnalité	15
5.3	Programmer	15
5.4	Tester ce système	16
6	Travail réalisé	17
6.1	Amélioration de l'interface de mainpage	17
6.2	Module Fichiers	19
6.2.1	Configuration	19
6.2.2	visualisation	20
6.3	Module Graphiques	20
6.3.1	Série Chronologique	20
6.3.2	Distribution Q et C	21
6.3.3	log Q/C(visualisation Q50)	22
6.3.4	log Q/C(visualisation saison)	22
6.3.5	log Q/C(autres paramètres)	23
6.3.6	graphique durée de flux eau	23
6.4	Module Calcul flux	24
6.5	Module Système expert	28
6.5.1	Calcul d'indicateur	28
6.5.2	Méthode recommandée	28
6.5.3	Incertitude (M5)	29
6.5.4	Fréquence optimale (M5)	29

6.6	Module Aide	30
6.6.1	Aide	30
6.6.2	A propos	30
7	Difficultés rencontrées	32
8	Conclusion	33
9	Annexes	35

Table des figures

3.1	Université François-Rabelais	8
3.2	laboratoire de géosciences	9
4.1	MVC	11
4.2	Redmine	12
4.3	Redmine	12
4.4	matlab	13
4.5	JFreeChart	13
4.6	GIMP	13
4.7	L'interface de HTML Help Workshop	14
4.8	MyEclipse	14
6.1	ancienne l'interface de mainpage	17
6.2	nouvelle l'interface de mainpage	18
6.3	page d'accueil	19
6.4	L'interface de configuration	19
6.5	L'interface de visualisation	20
6.6	Graphique de série chronologique	20
6.7	Graphique de distribution débit	21
6.8	Graphique de distribution concentration	21
6.9	Graphique de log Q/C (Q50)	22
6.10	Graphique de log Q/C (saison)	22
6.11	Graphique de log Q/C (autres paramètres)	23
6.12	Graphique durée de flux eau	23
6.13	données de concentration	24
6.14	données de débit	24
6.15	fenêtre de selection période	25
6.16	Inter annulle(autre méthode)	25
6.17	Inter annulle(M5)	26
6.18	Résultat par année)	26
6.19	Résultat par saison	27
6.20	documentation de référence	27
6.21	Fenêtre d'incicateur	28
6.22	Fenêtre de la méthode recommandée	28
6.23	Fenêtre de la matrice incertitude	29
6.24	Fenêtre de fréquence optimale	30
6.25	La création du fichier CHM	31
6.26	A propos	31

Remerciement

Je tiens particulièrement à remercier Madame Florence CURIE, mon encadrant, ainsi que Madame Florentina Moatar, pour leur accueil, leur soutien et les conseils qu'ils m'ont apportés durant toute la période de ce stage au cours duquel j'ai pu conduire les tâches qui m'ont été confiées.

Je remercie également tous les membres de l'équipe du laboratoire GÉHCO pour leur accueil, leur bonne humeur et le temps qu'ils m'ont accompagné de ces 8 semaines.

En fin, je voudrais remercier ma collègue ZHANG Yuan, qui a un bon niveau en java et m'ont beaucoup aidée tout au cours de ce travail.

Introduction

Le but de ce rapport est de décrire le stage mené dans le cadre de ma formation au cours de la 4ème année au Département Informatique (DI4) de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours. Ce stage se déroule du 10 juin au 2 août 2013 soit 8 semaines dans le laboratoire de géologie GÉHCO à l'université de Tours. Le but du stage est de développer une application graphique pour le calcul des flux de polluants transportés par les cours d'eau. Les tâches principales que j'ai fait pendant le stage est d'améliorer l'interface de graphique et importer les méthodes de calcul en JAVA. Ce stage m'a permis de mettre les connaissances acquises à l'école en pratique.

Dans ce rapport je vous présente en premier lieu le laboratoire de géologie GÉHCO. Ensuite, je vous explique l'environnement ainsi que les techniques et les logiciels utilisés lors du stage. Après je vous présente le travail que j'ai fait pendant le stage. Enfin, en conclusion, je résume les difficultés rencontrées et les résolutions trouvées.

Presentation du laboratoire

3.1 Université François-Rabelais

- **Une université pluridisciplinaire**

L'université François-Rabelais, avec ses 7 Unités de Formation et de Recherche (facultés), ses 2 instituts universitaires technologiques et son école polytechnique permet des parcours de formation très diversifiés (arts et sciences humaines, droit, économie, gestion et commerce, lettres et langues, santé, sciences et techniques...)

- **Une université à fort potentiel scientifique**



FIGURE 3.1 – Université François-Rabelais

Avec plus de 40 laboratoires reconnus au niveau national et international, l'université François-Rabelais s'affirme comme la 1ère institution de recherche publique en région Centre.

Elle développe des pôles d'excellence dans les domaines suivants :

- Mathématiques et leurs applications
- Matériaux
- Biologie et santé
- Langues et civilisations
- Histoire de la Renaissance
- Ville et urbanisme
- **université multi-sites, présente dans toute la ville**

L'université François-Rabelais est répartie dans toute la ville de Tours, du nord (IUT) au sud (Droit, Ecole Polytechnique, Sciences, Pharmacie), avec une forte implantation en centre-ville (Siège de l'université, Arts et Sciences Humaines, Lettres et Langues) et près de l'hôpital Bretonneau (Médecine).

- **Une université reconnue pour la qualité de ses équipements et proposant de nombreuses activités culturelles et sportives**

L'université François-Rabelais se distingue par la richesse de son offre culturelle. Avec une salle de spectacles de près de 600 places, un passeport culturel étudiant (PCE) donnant accès à plus de 50 structures culturelles régionales à des conditions privilégiées, une programmation dense et variée

(danse, théâtre, musique, littérature) elle met la culture au coeur de son projet pour les étudiants. Elle propose également une soixantaine de cours et stages sportifs, des équipements de qualité et permet aux étudiants qui le souhaitent de bénéficier d'un statut de sportif de haut-niveau. Première nationale, le Pack'Sport donne accès depuis la rentrée 2009 à toute l'offre sportive de l'université (cours, stages, animations, compétitions,...) ainsi qu' à de nombreuses structures partenaires, à des tarifs privilégiés.[1]

3.2 Laboratoire de géosciences

– Présentation générale

Le GÉHCO est une équipe d'accueil en Sciences de la Terre et en Environnement nouvellement créé au 1er janvier 2012 (geosciences.univ-tours.fr). Les recherches du GÉHCO s'organisent autour de l'étude de l'impact du changement climatique et des activités anthropiques sur les systèmes fluviaux, les bassins versants et les ressources naturelles associées (eaux, sols, sédiments). Les analyses rétrospectives (séculaires et millénaires) et prospectives à l'aide des modèles (21ème siècle) sont largement prises en compte. Les travaux sont organisés selon quatre thèmes et sans distinction d'équipe. Le GÉHCO pilote de nombreuses actions de recherche financées par l'ANR, le FEDER, Les agences de l'eau, l'ONEMA, etc...

Le GÉHCO coordonne un réseau d'Observation des Sédiments de la Loire et de ses Affluents (OSLA). Soutenu par le réseau des Zones Ateliers de l'INEE, il a bénéficié d'un soutien de 962 000 euros en 2012 permettant de financer des projets portés par des partenaires tels que l'IRSN, les universités d'Orléans, de Clermont, de Poitiers...



FIGURE 3.2 – laboratoire de géosciences

– Thèmes & programmes de recherche

1. Flux, gradients et sources de contamination :

Les pratiques agricoles et les activités industrielles entraînent une contamination diffuse, à caractère chronique et historique des milieux aquatiques. A l'échelle des bassins versants et des systèmes fluviaux, les contaminants sont présents dans les eaux, les sols et les sédiments. Nos recherches portent sur la caractérisation des origines, des transferts, des gradients, des états de références, des stocks et des phases porteuses. Les contaminants étudiés sont les Eléments Traces Métalliques, les micropolluants organiques et les nitrates. Les questions spécifiques portent sur la reconstitution séculaire et/ou millénaire des niveaux de contamination métallique ou organique dans des carottes sédimentaires prélevées dans des annexes fluviales. Le laboratoire précise également les niveaux de références, les sources et les phases porteuses des contaminations métalliques. L'évolution des flux de contaminants et nutriments en France est également comparée à partir des bases de données nationales et reconstituée par des modèles. Il s'agit notamment d'expliquer ces tendances par l'évolution des pressions sur les bassins versants.

2. Erosion, transfert et connectivité des versants :

L'érosion hydrique et aratoire conduit à un déplacement des matières solides des zones sources aux cours d'eau et lacs. Les pratiques agricoles, l'aménagement des petits cours d'eau et le changement climatique ont profondément modifié les transferts particuliers. Nos recherches portent sur la distribution des sols à l'échelle des parcelles, l'évaluation des stocks de matière et le connectivité des versants aux cours d'eau. Le laboratoire prend en compte différentes échelles de temps allant du remembrement des dernières décennies aux périodes plus anciennes couvrant l'Holocène.

3. Régime thermique des cours d'eau et processus biogéochimiques associés :

Le réchauffement global entraîne une augmentation de la température des cours d'eau conduisant à une modification profonde des équilibres physico-chimiques et écologiques. Nos recherches portent sur l'analyse de l'impact du régime hydrologique et du climat sur la température des hydrosystèmes ainsi que sur l'étude de son influence sur les processus biogéochimiques fluviaux. Des questionnements scientifiques sont identifiés à plusieurs échelles spatiales et temporelles : Quels sont les échanges thermiques entre cours d'eau, zone hyporhéique, végétation et substrat à une échelle locale lors d'un cycle hydrologique ? Quels sont les avantages des nouvelles métrologies d'étude (caméras infrarouge, fibres optiques) ? Peut-on développer des modèles robustes et fiables pour caractériser l'évolution des régimes thermiques à une échelle régionale et dans un contexte de changement climatique ? Quelle sera l'évolution des régimes thermiques des cours d'eau en France au XXI^{ème} siècle ? Peut-on développer des modèles et des indicateurs couplés (hydraulique - biogéochimie-écologie) pour caractériser l'impact de l'évolution de la température et des apports de nutriments sur les processus biogéochimiques fluviaux (rétention de nutriments, croissance algale, filtrations, ...) ? Peut-on établir une cartographie fonctionnelle des tronçons de plaine alluviale efficaces pour la rétention par les nitrates en fonction de facteurs géomorphologiques et des échanges nappe-rivière ?

4. Transport solide et morphodynamique des cours d'eau :

Nos recherches s'intéressent à la compréhension des processus hydro-sédimentaires, à leur conceptualisation, à la quantification des flux et de l'archivage récent des sédiments au sein des grands systèmes fluviaux tels que la Loire. Ces investigations visent à répondre aux questions suivantes : Quels sont les processus qui régissent la mise en mouvement et le transit de la charge de fond au sein des chenaux et qu'apportent les nouvelles technologies pour la quantification des flux solides (fond/MES) à des pas de temps compris entre l'évènement hydrologique et l'échelle pluriannuelle ? Quelle est l'influence anthropique sur la morphodynamique des cours d'eau à l'échelle globale et quels sont les processus locaux impliqués dans l'apparition et l'évolution des unités morphologiques qui caractérisent le système fluvial ? L'influence exercée par les macroformes sur les styles fluviaux et leur relation avec la géométrie hydraulique est analysée de même que celle du développement végétal sur les flux liquides et solides et sur la transformation des barres sédimentaires en île.[2]

Techniques utilisés

4.1 MVC

Le patron modèle-vue-contrôleur (en abrégé MVC, de l'anglais model-view-controller), tout comme les patrons modèle-vue-présentation ou Présentation, abstraction, contrôle, est un modèle destiné à répondre aux besoins des applications interactives en séparant les problématiques liées aux différents composants au sein de leur architecture respective.

Ce paradigme regroupe les fonctions nécessaires en trois catégories :

1. un modèle (modèle de données)
2. une vue (présentation, interface utilisateur)
3. un contrôleur (logique de contrôle, gestion des événements, synchronisation)

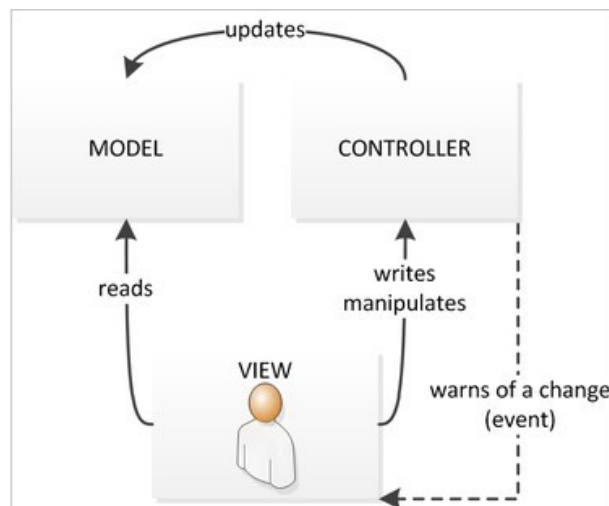


FIGURE 4.1 – MVC

Un avantage apporté par ce modèle est la clarté de l'architecture qu'il impose. Cela simplifie la tâche du développeur qui tenterait d'effectuer une maintenance ou une amélioration sur le projet. En effet, la modification des traitements ne change en rien la vue. Par exemple on peut passer d'une base de données de type SQL à XML en changeant simplement les traitements d'interaction avec la base, et les vues ne s'en trouvent pas affectées.

Le MVC montre ses limites dans le cadre des applications utilisant les technologies du web, bâties à partir de serveurs d'applications. Des couches supplémentaires sont alors introduites ainsi que les mécanismes d'inversion de contrôle et d'injection de dépendance. [3]

4.2 Redmine

Redmine est un service de suivi de ticket.

Un ticket = un dossier ou une demande à suivre

Redmine peut être utilisé pour suivre une demande de bout en bout, mais aussi pour discuter d'un dossier particulier. Il permet donc de former un groupe de discussion temporaire et fluctuant sans gêner les personnes non concernés (envoi de nombreux mail sur les ML).



FIGURE 4.2 – Redmine

Les pirates qui souhaitent travailler sur un dossier donné (et donc ceci inclut tous ceux qui veulent que leur avis soit pris en compte) peuvent placer des commentaires sur le ticket ou simplement marquer le ticket comme "à surveiller" et ainsi recevoir par mail chaque évolution sur le ticket.

Les travaux et discussions devront se faire entre eux, soit par le ticket, soit par messagerie (en utilisant les champs CC et les adresses des inscrits et non pas les alias qui arrosent des équipes entières).

Les groupes ainsi constitués doivent rendre compte régulièrement aux coordinateurs désignés. [4]

Dans mon projet, Redmine m'a aidé pour suivre des demandes comme figure 4.3. Grâce à Redmine, je peux connaître les procédures de mon projet très claire.

✓ #	Tracker	Statut	Priorité	Sujet	Assigné à	Mis-à-jour
370	Evolution	Nouveau	Normal	enregistrer le chemin quand le deuxieme fois on n'a pas besoin de saisir le chemin		26/06/2013 23:03
366	Evolution	Nouveau	Normal	réalisation de l'algorithme M17		26/06/2013 09:44
365	Evolution	Nouveau	Normal	réalisation de l'algorithme M16		26/06/2013 09:41
364	Evolution	Résolu	Normal	réaliser l'algorithme M15	Hao	26/06/2013 09:40

FIGURE 4.3 – Redmine

4.3 Matlab

Comme vous le savez, MATLAB est un langage de haut niveau pour le calcul numérique. Dans notre programme, on a besoin de calculer les flux par plusieurs méthodes. Et quelques calculs sont très compliqués et difficiles en JAVA, mais par contre, c'est très simple en Matlab. J'ai cherché beaucoup de documentations, on peut utiliser Matlab dans JAVA.

Le procédure d'intégrer Matlab dans java est un peu compliqué mais pas difficile à trouver sur internet :

- Taper «deploytool» dans la fenêtre de commande
- Saisir le nom du projet
- Choisir JAVA Package pour le type du projet
- Cliquer Add Class et saisir le nom
- Cliquer Add Files et choisir les fichiers
- Cliquer Build

Et puis on peut obtenir un fichier jar et l'importer dans MyEclipse.



FIGURE 4.4 – matlab

4.4 JfreeChart

JFreeChart est une bibliothèque open source qui permet d'afficher des données statistiques en graphique. Elle possède plusieurs formats dont le camembert, les barres ou les lignes et propose de nombreuses options de configuration pour personnaliser le rendu des graphiques. Elle peut s'utiliser dans des applications standalone ou des applications web et permet également d'exporter le graphique sous la forme d'une image.[5]



FIGURE 4.5 – JFreeChart

4.5 GIMP

GIMP a des outils utilisés pour la retouche et l'édition d'image, le dessin à main levée, réajuster, rogner, photomontages, convertir entre différents formats d'image, et plus de tâches spécialisées. Les images animées comme les fichiers GIF et MPEG peuvent être créées en utilisant un plugin d'animation.[6]



FIGURE 4.6 – GIMP

4.6 HTML Help Workshop

HTML Help Workshop est un puissant outil de création de livres électroniques. Il est conçu spécialement pour les utilisateurs du système d'exploitation Windows et vous permet de créer et gérer aisément et convenablement des projets d'aide et des connexes files. Il intègre des sous programmes parmi les quels les plus utilisés sont : l'afficheur d'aide en ligne, les composants d'aide connexes et des outils de création de Microsoft Corporation.[7]

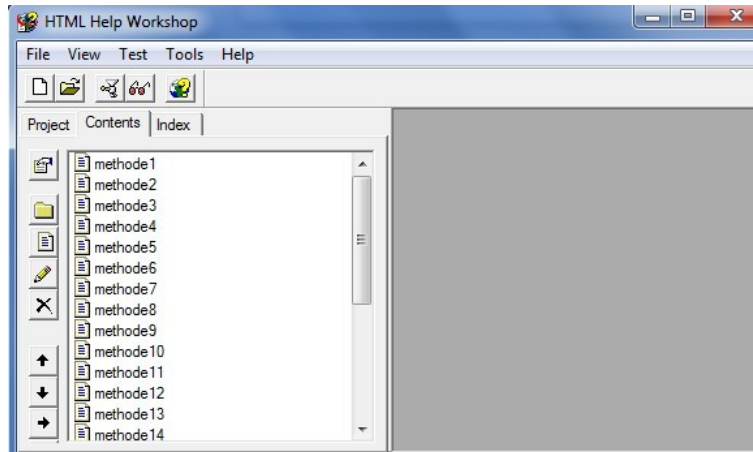


FIGURE 4.7 – L'interface de HTML Help Workshop

4.7 MyEclipse

MyEclipse est un environnement de développement intégré basé sur le très connu Eclipse. Dont les fonctionnalités est plus puissante que eclipse. je l'ai choisi pour la simple raison que je suis très familier avec ce logiciel.



FIGURE 4.8 – MyEclipse

Présentation de la mission du stage

Mes travaux principaux sont d'optimiser l'interface de graphique sur une application ancienne et calculer le flux polluant par plusieurs méthodes.

Madame Florence et Florentina ont fixé les objectifs énoncés ci-dessous que je dois avoir remplis à la fin de mon stage :

5.1 Analyser les besoins

Parce que je suis la deuxième personne à faire ce projet, donc je n'ai pas besoin de faire les cahiers des charges. Madame Florence et Florentina m'ont expliqué les analyses des besoins très clairement. Le laboratoire a développé un système expert pour optimiser de la meilleure méthode de calcul des flux. Les méthodes sont écrites dans un rapport, elles m'ont présenté les théories de chaque méthode. Pour différentes méthodes, leur performance dépend de la variabilité des concentrations $C(t)$ en fonction du comportement des débits. Le système permet de choisir la meilleure méthode au sens d'une incertitude minimale, certains d'autres paramètres.

5.2 Designer le système

5.2.1 Environnement Logiciel

Parce que mon travail est effectué sur la base d'une version ancienne, donc l'environnement logiciel a été décidé. Je travaille sous Windows 7, et l'IDE est MyEclipse. Puisque Java est un langage multi-plateforme, donc le programme est très facilement portable sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que UNIX, Windows, Mac OS ou GNU/Linux, avec peu ou pas de modifications.

5.2.2 module de fonctionnalité

Selon les besoins du laboratoire, on suppose que ce système est composé par 5 modules :

1. **Fichiers** On peut configurer les chemins des fichiers qui stockent les données de débit et polluant.
2. **Graphiques** On peut voir les graphiques qui présentent les informations sur débits et polluants.
3. **Calcul flux** Dans ce module, on doit importer quelques méthodes pour calculer le flux.
4. **Système expert** Dans ce module, l'utilisateur peut savoir la méthode recommandée et les paramètres importants.
5. **Aide** L'utilisateur peut chercher les références dans ce module et aussi peut savoir les informations sur l'auteur.

5.3 Programmer

Après avoir fini les analyses des besoins, je commence à programmer selon le design. De plus, concernant le besoin de la sécurité, je dois mettre en place des tâches suivantes :

1. Améliorer l'interface de graphique

La première étape consiste à améliorer l'interface de graphique. Parce que l'interface de la version 1.0 n'est pas très jolie, et ma première tâche est de changer l'interface ancienne et ajouter quelques composants pour bien afficher les informations.

2. Afficher les données sous la forme de différents graphiques

La deuxième partie est d'afficher les données sous la forme de différents graphiques, aidant l'utilisateur à visualiser des données importantes telles que la chronologie des débits et des polluants, le type de cours d'eau ou encore la distribution des mesures, les relations entre des débit et polluants.

3. Indiquer la méthode recommandée

La troisième étape a pour objet la présentation à l'utilisateur des indicateurs issus des graphiques ou calculés à partir des données, afin de lui permettre de choisir la méthode de calcul la plus adaptée au système fluvial étudié. Cette étape doit aussi comporter un outil d'aide à la décision qui conseille les méthodes les plus appropriées, issues des abaques obtenus grâce à une thèse menant une étude comparative sur les différentes méthodes de calcul.

4. Calcul le flux polluant par plusieurs méthodes

Finalement, le logiciel doit permettre d'appliquer des méthodes de calcul le flux. Dans mon projet, il y a 17 méthode pour le calculer. En plus du flux estimé grâce à la méthode, l'utilisateur doit aussi connaître le biais et l'imprécision du résultat, qui sont là aussi extraits d'abaques. Le choix doit être proposé entre plusieurs types de calculs : un calcul par année ou par saison et sur une période déterminée.

5.4 Tester ce système

Après finir la programmation, le test est la dernière étape pendant le développement et aussi obligatoire. Le but est de trouver des problèmes du logiciel. Les tests de vérification s'assure que ce système réagit de la façon prévue par ses concepteurs est conforme aux attentes du client. Dans mon projet, j'ai utilisé le test en boîte noire pour le tester. Grâce au test, j'ai trouvé beaucoup d'erreurs qui sont causées par l'absence de réflexion. Parce que dans les calculs mathématiques, c'est très facile d'oublier de compter de certains cas particuliers. Il m'a aidé beaucoup parce que j'ai du temps de corriger les erreurs.

Travail réalisé

6.1 Amélioration de l'interface de mainpage

L'application ancienne qui a une interface comme figure 6.1. Quand nous utilisons ce logiciel, ce n'est pas très pratique. Par exemple, lorsqu'on remplit le numéro de colonne d'année, mois, jour, on doit connaître le contenu du fichier à l'intérieur. Et cette disposition de page est très irrégulière, je n'aime pas la disposition, mes tuteurs n'aiment pas aussi. Il y a 2 boutons, ce qui n'est pas nécessaire, nous pouvons laisser des mises à jour de fichiers exécuter automatiquement.

The screenshot shows the 'Flux Polluants' application window. It has a menu bar with 'Fichiers', 'Graphiques', 'Indicateurs', and 'Méthodes'. The main content area is divided into two sections: 'Hydro' and 'RNB'. Each section has a 'Station' dropdown menu, a 'Colonnes' section with 'Année', 'Mois', and 'Jour' input fields, and a 'Valeur' input field. The 'Hydro' section also has radio buttons for 'Mètres cube par seconde' (selected) and 'Litres par seconde'. Below each section is a 'Mettre à jour' button. At the bottom of the window is a 'Polluant' dropdown menu.

Flux Polluants

Fichiers Graphiques Indicateurs Méthodes

Hydro

Station :

Colonnes :

Année : Mois : Jour : Valeur :

☒ Mètres cube par seconde
☐ Litres par seconde

Mettre à jour Hydro

RNB

Station :

Colonnes :

Année : Mois : Jour :

Valeur manquante :

Mettre à jour RNB

Polluant :

FIGURE 6.1 – ancienne l'interface de mainpage

Pour concevoir l'interface de mainpage, j'ai pris plusieurs discussions avec mes tuteurs. Enfin, j'ai utilisé le GridBagLayout, qui est l'un des plus flexibles et complexe des gestionnaires de disposition de la plateforme Java fournit. Parce que il y a nombreux de composants à placer, donc ça passe beaucoup de temps pour dessiner les pages. Grâce à le GridBagLayout, on peut ranger des composants propre et en bon ordre. La figure 6.2 vous montre la nouvelle l'interface de mainpage qui est dessinée en utilisant le GridBagLayout.

FIGURE 6.2 – nouvelle l'interface de mainpage

Dans la nouvelle page, j'ai ajouté un textfield pour afficher l'unité de polluant, 2 textfield pour indiquer les surfaces de vallée. Quand on choisit les fichiers de Hydro et Sandre, le système vérifie le contenu du fichier automatiquement, puis remplir les colonnes d'année, mois, jour automatiquement. Quand on clique sur le bouton «autre information», on peut voir les autres informations sur la station débit ou station qualité. Par exemple, le nom, le pourcentage du foret, le nombre d'habitant, etc... L'utilisateur peut aussi modifier le contenu.

page d'accueil

Avant le démarrage du programme, il y a une page d'accueil qui affiche les information du laboratoire et les tuteurs. Quand madame Florence m'a demandé de concevoir une page d'accueil, je pensais que seulement le logiciel «photoshop» pouvoir le faire, mais «Photoshop» n'est pas gratuit, puis ma collègue m'a dit «GIMP» peut accomplir la même chose. Donc j'ai conçu cette page par utilisant GIMP, la figure 6.3 vous montre la page d'accueil. C'est pas très jolie, mais pas mal.



FIGURE 6.3 – page d'accueil

6.2 Module Fichiers

Le menu «Fichiers» propose, outre la configuration des dossiers contenant les données, une fenêtre de visualisation :

6.2.1 Configuration

Pour chaque lancement, on doit configurer les chemins des fichiers de Hydro, qualité et export. Auparavant, vous deviez définir le chemin chaque fois, après que j'ai modifié, seule la première fois d'être fixés, sauf s'il y a un changement, l'avenir n'a pas besoin d'être mis à nouveau. L'interface de configuration est comme la figure 6.4.

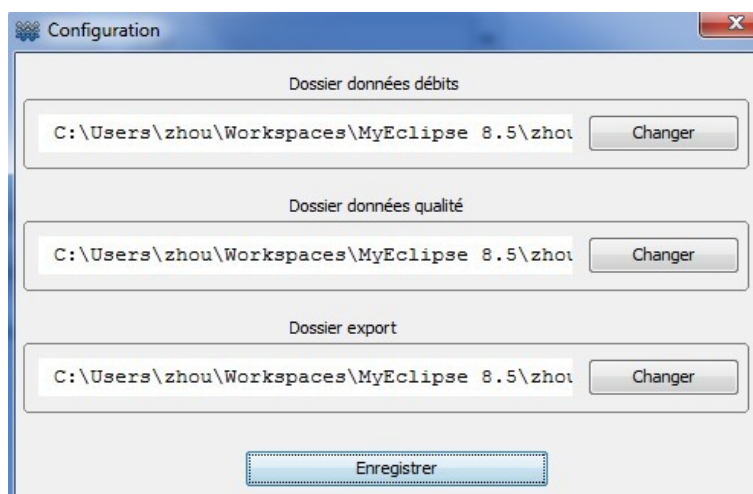


FIGURE 6.4 – L'interface de configuration

6.2.2 visualisation

Cette fenêtre fournit un résumé du nombre de données disponibles au total et par année, ainsi que la période couverte. Il est ainsi possible de se rendre compte de la précision des flux calculés suivant la fréquence des relevés.

Visualisation des données				
Année début = 1971		Année fin = 2009		Nombre d'années = 39
Mesures débit = 16479		Mesures COND = 472		Concordants = 472
Année	Mesures Q	Mesures COND	Concordants	
1966	365	0	0	
1967	365	0	0	
1968	278	0	0	
1969	365	0	0	
1970	365	0	0	
1971	365	12	12	
1972	366	12	12	
1973	365	12	12	
1974	365	12	12	
1975	365	12	12	
1976	366	12	12	
1977	365	12	12	
1978	365	12	12	
1979	365	12	12	
1980	366	12	12	
1981	365	12	12	
1982	365	12	12	
1983	365	12	12	
1984	366	12	12	

FIGURE 6.5 – L'interface de visualisation

6.3 Module Graphiques

le menu «Graphiques» sert au choix d'un des sept graphiques suivants :

6.3.1 Série Chronologique

Un graphique chronologique comme la figure 6.6. Il permet de visualiser dans le temps l'ensemble des données de débit(en bleu) et de polluant(en rouge).

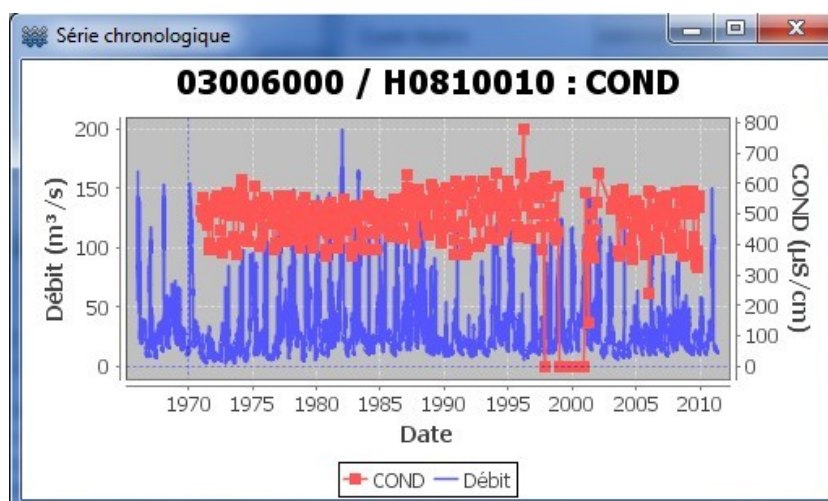


FIGURE 6.6 – Graphique de série chronologique

6.3.2 Distribution Q et C

Des graphiques de distribution débit et distribution concentration comme la figure 6.7 et la figure 6.8. Ils illustrent les pourcentages des valeurs des relevés de débit et polluant.

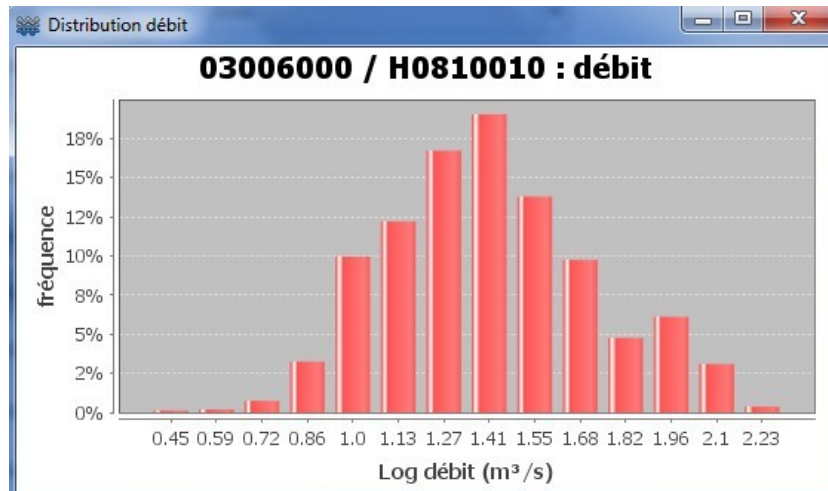


FIGURE 6.7 – Graphique de distribution débit

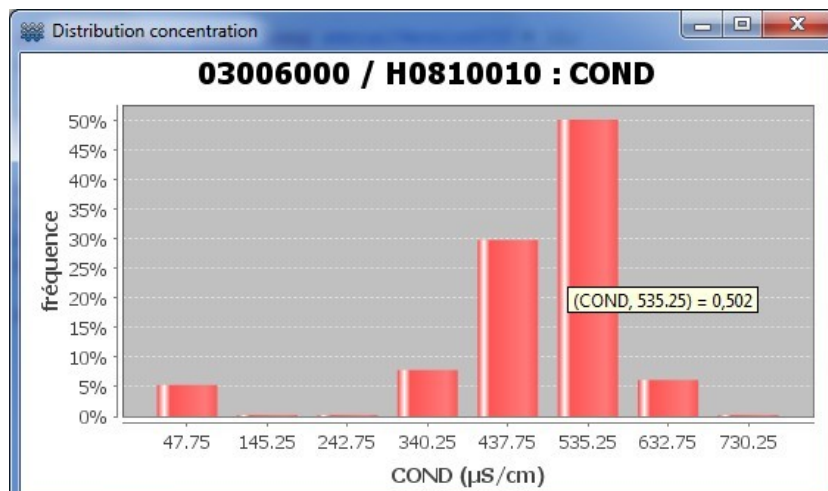


FIGURE 6.8 – Graphique de distribution concentration

6.3.3 $\log Q/C$ (visualisation Q50)

Le graphique comme la figure 6.9 qui permet de caractériser le comportement d'un polluant en fonction de l'augmentation du débit : est-il dilué, plus concentré, ou stable ? Nous pouvons voir la pente de b_{50inf} et b_{50sup} .

ce graphique permet, dans le menu suivant, d'obtenir une partie majeure des informations ainsi que les méthodes recommandées, qui dépendent du type de fleuve.

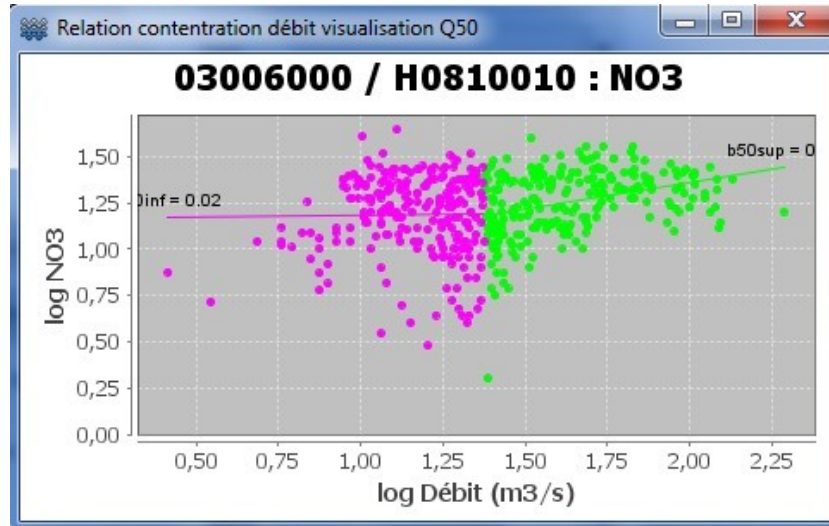


FIGURE 6.9 – Graphique de $\log Q/C$ (Q50)

6.3.4 $\log Q/C$ (visualisation saison)

Le graphique comme la figure 6.10 qui permet de caractériser le comportement d'un polluant en fonction de la changement de saison : est-il le niveau de pollution plus grave en hiver qu'en été ? est-il le climat en printemps le plus beau ?

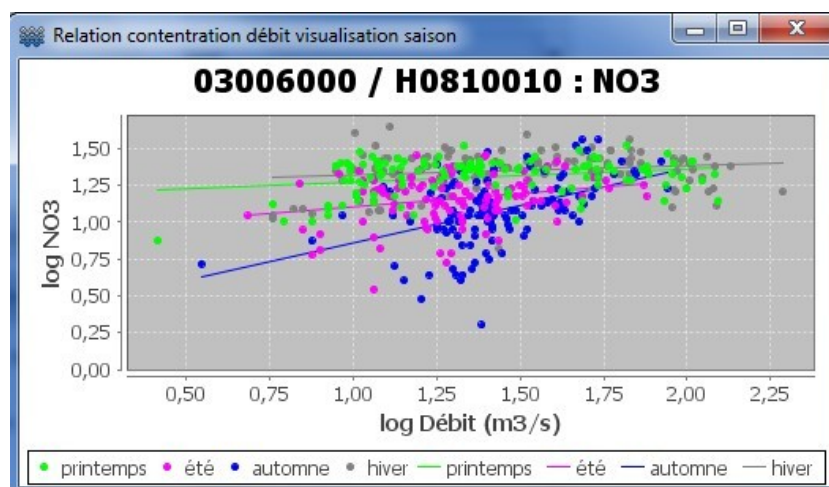


FIGURE 6.10 – Graphique de $\log Q/C$ (saison)

6.3.5 $\log Q/C$ (autres paramètres)

Le graphique de $\log Q/C$ (autres paramètres) montre de caractériser le comportement d'un polluant en fonction de la changement du facteur : le facteur peut être la température ou la valeur de PH, tous les polluants peuvent être un facteur. La figure 6.11 illustre la relation entre la polluant Nitrate et température.

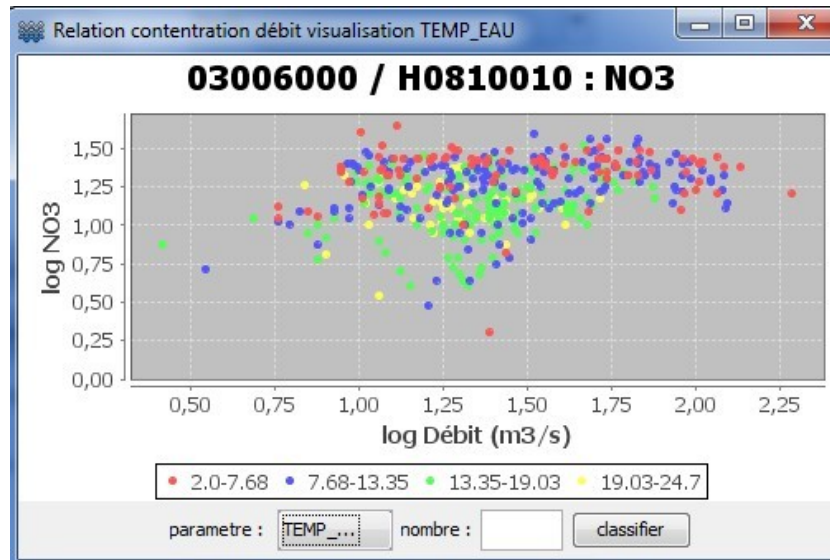


FIGURE 6.11 – Graphique de $\log Q/C$ (autres paramètres)

6.3.6 graphique durée de flux eau

Le graphique durée de flux eau comme la figure 6.12. Nous pouvons savoir la valeur de $W2\%$, ainsi que les tendances de débit qui dispose dans l'ordre décroissant. La variabilité hydrologique ($W2\%$) est caractérisée par l'indicateur de durée des flux d'eau transportés en 2% du temps pendant les plus fort débits.

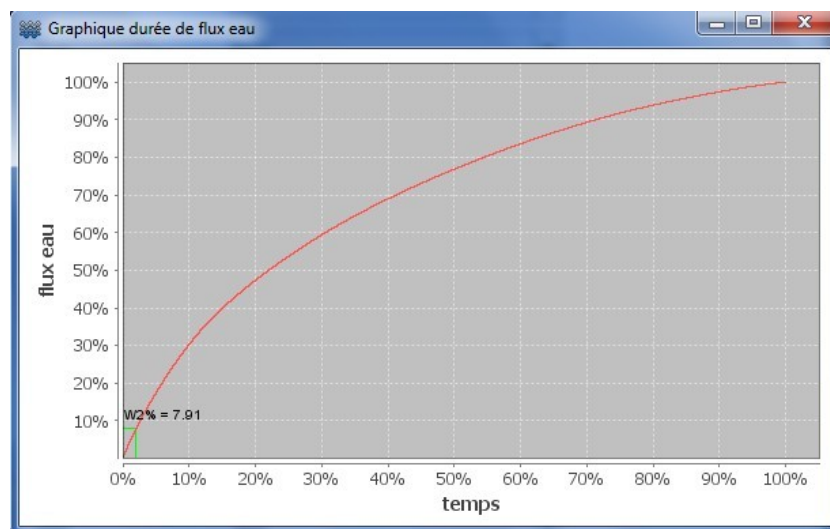


FIGURE 6.12 – Graphique durée de flux eau

6.4 Module Calcul flux

les flux de polluants transportés par les rivières à différentes stations se déterminent en combinant les concentrations («C») des polluants avec les flux d'eau transportés («Q») suivant différentes méthodes de calcul. Par exemple, pour une année donnée, il s'agit de combiner 12 valeurs de concentration (généralement connues avec une fréquence mensuelle) avec 365 valeurs de débits (généralement connus avec une fréquence journalière). Ces calculs peuvent se faire sur plusieurs années (les données de concentrations sont disponibles depuis une trentaine d'années, celles des débits depuis les années 1950 pour la plupart des stations HYDRO). Le calcul devra utiliser 2 types d'informations :

1. les concentrations, «C», des différents polluants (phosphore, zones...) mesurées au niveau des stations «QUALITE» et gérées par les Agence de l'Eau. Le contenu de ce type de fichier est comme la figure 6.13.
2. les débits, «Q» mesurés au niveau des stations hydrométriques «HYDRO» assemblées à l'échelle de la France par la banque de données Hydro. Le contenu de ce type de fichier est comme la figure 6.14.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Date	Annee	Mois	jour	TEMP_EA	pH	COND	O2	DBO5	MES	COD	NH4
2	19710113	1971	1	13	4.000000	7.900	510.000	8.700	2.600000	4.000000	-1.000000	0.100
3	19710209	1971	2	9	5.000000	8.100	489.000	10.80	4.700000	17.000000	-1.000000	0.100
4	19710308	1971	3	8	2.000000	7.700	552.000	15.50	3.700000	1.000000	-1.000000	0.400
5	19710415	1971	4	15	12.900000	7.800	497.000	10.00	2.700000	3.000000	-1.000000	0.100
6	19710504	1971	5	4	15.000000	7.800	485.000	4.200	4.800000	14.000000	-1.000000	0.200
7	19710608	1971	6	8	16.700001	7.500	527.000	5.200	1.600000	4.000000	-1.000000	0.100
8	19710707	1971	7	7	18.000000	8.000	463.000	6.200	2.000000	48.000000	-1.000000	0.100
9	19710810	1971	8	10	19.000000	7.800	407.000	7.200	1.100000	3.000000	-1.000000	0.100
10	19710907	1971	9	7	18.000000	7.700	382.000	7.300	1.900000	12.000000	-1.000000	0.100
11	19711013	1971	10	13	15.000000	7.800	391.000	6.500	1.800000	10.000000	-1.000000	0.100
12	19711116	1971	11	16	8.000000	8.100	382.000	7.600	1.600000	5.000000	-1.000000	0.300
13	19711207	1971	12	7	6.000000	7.800	508.000	9.200	4.500000	4.000000	-1.000000	0.300
14	19720112	1972	1	12	8.000000	7.900	530.000	6.900	3.300000	4.000000	-1.000000	0.600

FIGURE 6.13 – données de concentration

	A	B	C	D	E	F
1	Date	Annee	Mois	jour	Qls	Qm3s
2	19660101	1966	1	1	164000	164.00
3	19660102	1966	1	2	162000	162.00
4	19660103	1966	1	3	160000	160.00
5	19660104	1966	1	4	158000	158.00
6	19660105	1966	1	5	153000	153.00
7	19660106	1966	1	6	151000	151.00
8	19660107	1966	1	7	147000	147.00
9	19660108	1966	1	8	142000	142.00

FIGURE 6.14 – données de débit

Dans mon programme, j'ai réussi d'avoir importé 17 méthodes qui décrites en détail dans l'annexe. Lorsque l'on lance une méthode de calcul de flux, la fenêtre de sélection période s'ouvre comme la figure 6.15, permettant à l'utilisateur d'entrer le type de calcul qu'il souhaite obtenir : un calcul interannuel, ou bien par année ou saison. En cas de calcul de flux par année ou saison, il est possible d'entrer le mois de départ désiré pour une année, et dans le cas des saisonnalités le nombre de saisons désirées. Il est nécessaire de pouvoir changer le mois de départ car une hydrologique, contrairement à une année civile, commence au mois d'août. Il peut de plus être nécessaire d'ajuster le mois de départ pour étudier certains phénomènes périodiques tels que la dénitrification.

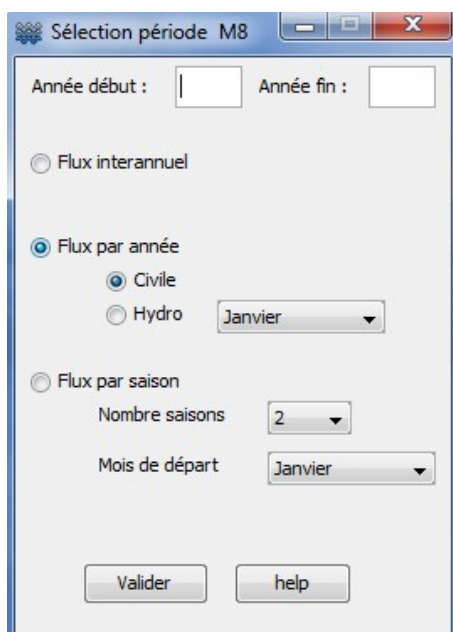


FIGURE 6.15 – fenêtre de selection période

Quand on choisit «interannuelle», on peut voir la figure 6.16 qui donne une valeur de flux et un graphique qui affiche les changements de la valeur de flux de chaque année. Si la méthode est DWC(M5), on peut voir le biais et l'imprécision 10 et l'imprécision 90 comme la figure 6.17. Les trois paramètres sont calculés par des fichiers fournis par le laboratoire.

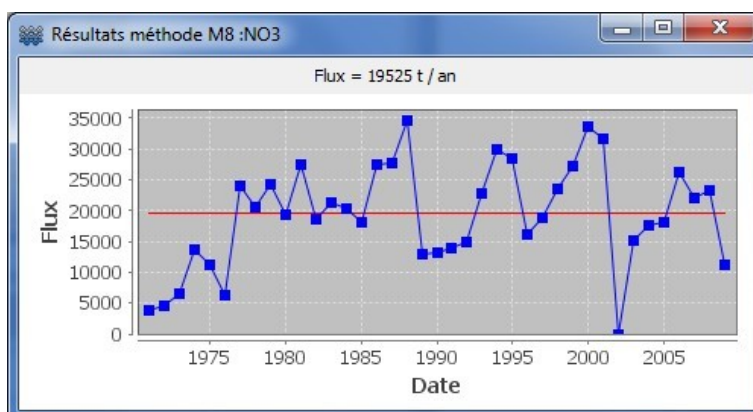


FIGURE 6.16 – Inter annuelle (autre méthode)

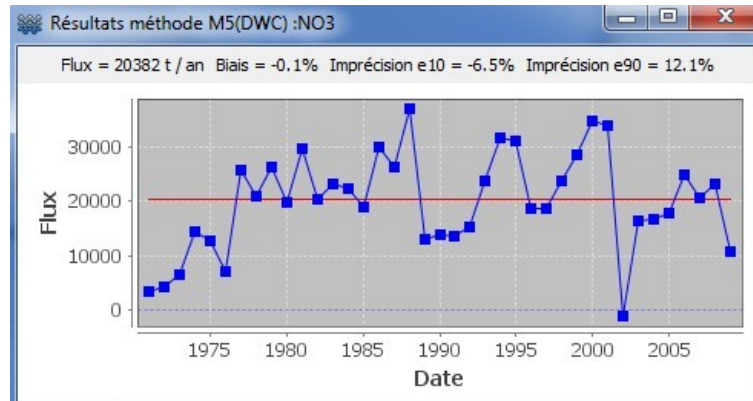


FIGURE 6.17 – Inter annulle(M5)

Quand on choisit «par année» ou «par saison», les mêmes données apparaissent sous forme de tableau récapitulatif, et un graphique illustre les mêmes données de manière plus visuelle.

Il est possible de copier le contenu des tableaux ou d'exporter les graphiques dans plusieurs formats d'image afin de stocker le résultat des calculs.

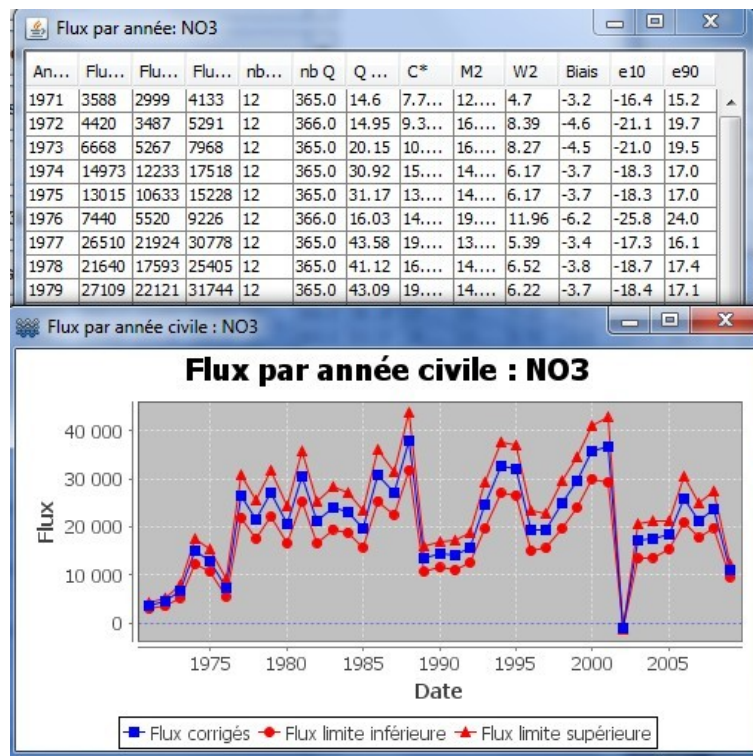


FIGURE 6.18 – Résultat par année)



FIGURE 6.19 – Résultat par saison

On peut voir qu'il y a un bouton qui s'appelle «help» dans la fenêtre «sélection période». Lorsque l'on clique sur le bouton-là, la documentation de référence sera ouvert pour présenter les informations de la méthode comme la figure 6.20.

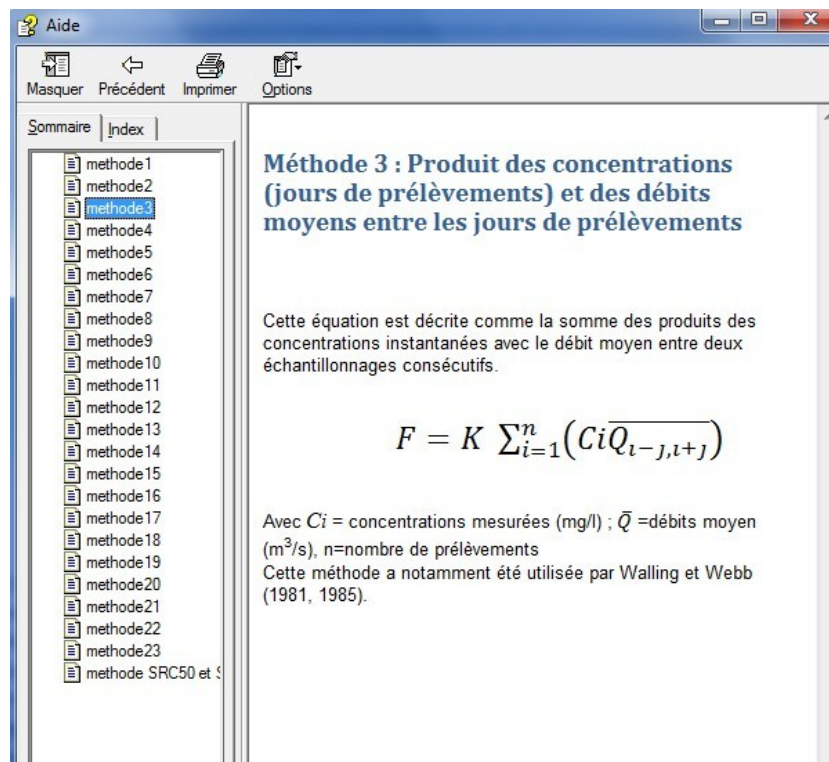


FIGURE 6.20 – documentation de référence

6.5 Module Système expert

Le menu «Système expert» donne 4 sousmenus. On peut obtenir quelques conseils pour calculer le flux de polluant.

6.5.1 Calcul d'indicateur

C'est à partir des informations contenues dans la fenêtre d'indicateurs que l'étude des flux pourra être menée. En effet le calcul de l'imprécision et du biais se font à partir des indicateurs tels que W2, M2, b50, b50sup et b50inf. Les variabilités hydrochimique et sédimentologique sont caractérisées par l'exposant tronqué (b50sup) de la relation concentration \dot{U} débit pour les plus forts débits (b50sup). b50inf et b50sup sont au contraire. W2 est le pourcentage du flux maximal transporté en 2% du temps. La figure 6.21 vous indique quelques informations importantes.

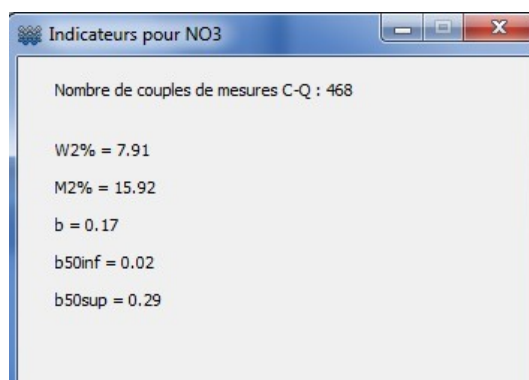


FIGURE 6.21 – Fenêtre d'indicateur

6.5.2 Méthode recommandée

Lorsqu'on clique sur le sousmenu «Méthodes recommandées», il y aura une table pour vous indiquer quelle méthode est la plus appropriée pour les données actuelles. La figure 6.22 vous dit la méthode DWC (en bleu) est la plus appropriée. Le principe de calcul est basé sur des valeurs W2% et b50sup.

	b50sup<0,2	-0,2<b50sup<0,2	0,2<b50sup<0,8	0,8<b50sup<1,4	b50sup>1,4
W2%<10	DWC IRC*	DWC	DWC	IRC* SRC50*	IRC* SRC50* HSM
10<W2%<15	DWC IRC*	DWC	IRC* SRC50*	IRC* SRC50*	HSM
15<W2%<25	SRC50*	IRC* SRC50*	HSM SRC50*	IRC* SRC50* HSM	HSM
W2%>25	DWC IRC*	Non documenté	Non documenté	HSM	HSM

FIGURE 6.22 – Fenêtre de la méthode recommandée

6.5.3 Incertitude (M5)

La matrice incertitude est que pour la méthode M5(DWC), le résultat est calculé par W2,b50sup et interval d'échantillonnage. Dans notre exemple, l'incertitude comme la figure 6.23 est marqué en bleu.

Matrice incertitude (M5)		bsup				
W2%						
		<-0,2	-0,2 to 0,2	0,2 to 0,8	0,8 to 1,4	>1,4
median impression (%) -30 days sampling interval						
<10%	±8	±6	±35	±40	±50(c)	
10% to 15%	±9	±15	±35	±60	±95(c)	
15% to 25%	±15	±20	±45	±70	±80(c)	
>25%	-20/+40	±25(c)	-55/+35(c)	-85/+50(b)	-90/+60(a)	
median bias (%) -30 days sampling interval						
<10%	0	0	-10	-12	-11(c)	
10% to 15%	1	-1	-9	-22	-63(c)	
15% to 25%	2	0	-14	-36	-50(c)	
>25%	11	-3(c)	-25(c)	-50(b)	-60(a)	
median impression (%) -15 days sampling interval						
<10%	±5	±4	±25	±30	±30(c)	
10% to 15%	±6	±10	±25	±48	±90(c)	
15% to 25%	±10	±13	±32	±60	±75(c)	
>25%	-20/+30(a)	±14(c)	-50/+35(c)	-80/+60(b)	-85/+65(a)	
median bias (%) -15 days sampling interval						
<10%	0	0	-5	-7	-3(c)	
10% to 15%	0	0	-4	-13	-44(c)	
15% to 25%	1	0	-7	-22	-33(c)	
>25%	5(a)	1(c)	-12(c)	-34(b)	-36(a)	
median impression (%) -7 days sampling interval						
<10%	±4	±3	±19	±23	±20(c)	
10% to 15%	±4	±7	±17	±36	±75(c)	
15% to 25%	±8	±10	±24	±50	±65(c)	
>25%	-15/+13(a)	-7/+11(c)	-35/+24(c)	-65/+24(c)	-73/+70(a)	
median bias (%) -7 days sampling interval						
<10%	0	0	-3	-4	0(c)	
10% to 15%	0	0	-2	-5	-23(c)	
15% to 25%	1	0	-3	-8	-12(c)	
>25%	2(a)	0(c)	-2(c)	-23(b)	-17(a)	

FIGURE 6.23 – Fenêtre de la matrice incertitude

6.5.4 Fréquence optimale (M5)

La fréquence optimale est aussi que pour la méthode M5(DWC). Cette table ressemble à «Méthodes recommandées», mais son cible est Biais < ±10% et Imprécision < ±30%. Dans mon exemple, la Fréquence optimale est 15 jours(en bleu) comme la figurefig :frequenceoptimal

Fréquence optimale (M5)

Cible: Biais < $\pm 10\%$ et Imprécision < $\pm 30\%$

W2%>25	30 jours	Non documenté	Non documenté	3 jours	3 jours
15<W2%<25	30 jours	30 jours	15 jours	7 jours	3 jours
10<W2%<15	30 jours	30 jours	15 jours	7 jours	7 jours
W2%<10	30 jours	30 jours	15 jours	15 jours	7 jours
	b50sup<-0,2	-0,2<b50sup<0,2	0,2<b50sup<0,8	0,8<b50sup<1,4	b50sup>1,4

FIGURE 6.24 – Fenêtre de fréquence optimale

6.6 Module Aide

Le menu «Aide» propose, outre une documentation de référence au format "chm", une fenêtre d'afficher information de auteur.

6.6.1 Aide

J'ai créé un fichier d'aide au format html(.chm) avec l'atelier de création Microsoft HTML Workshop. Les étapes breves de création un fichier au format html(.chm) sont au-dessous :[\[10\]](#)

1. la création des fichiers HTML

Dans cette étape, je vous conseille d'utiliser Microsoft Word pour créer des fichiers .html. c'est très pratique.

2. la création de la table des matières

3. la création de l'index

L'index est facultatif, mais permet à l'utilisateur de rechercher de l'aide en saissant ou en sélectionnant des mots clés.

4. définition de la fenêtre et du menu

5. la compilation

6.6.2 A propos

La fenêtre d'à propos est comme la figure [6.26](#) qui indique les information de auteur.

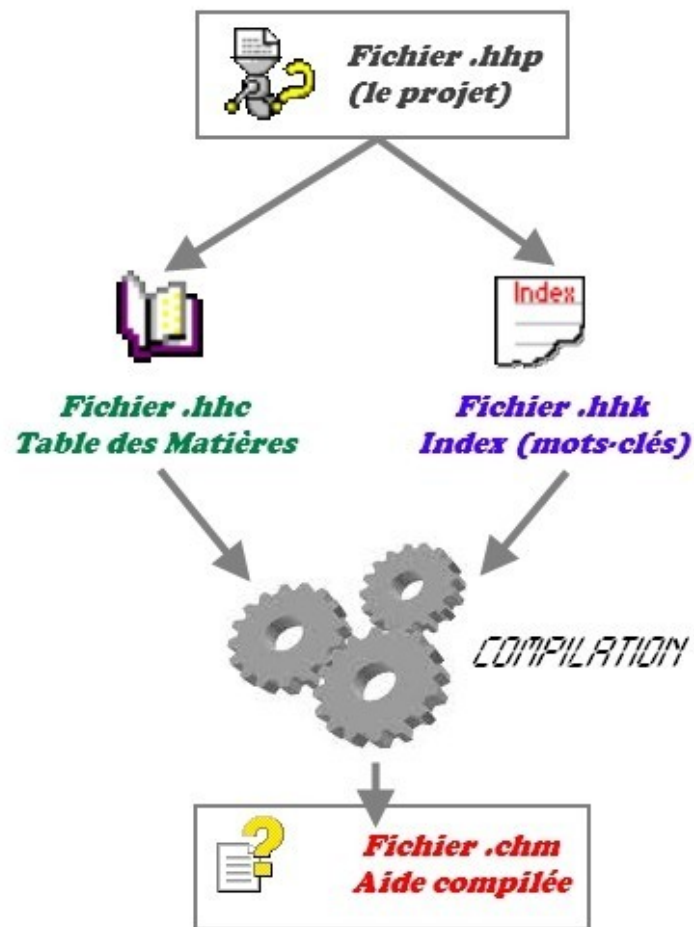


FIGURE 6.25 – La création du fichier CHM

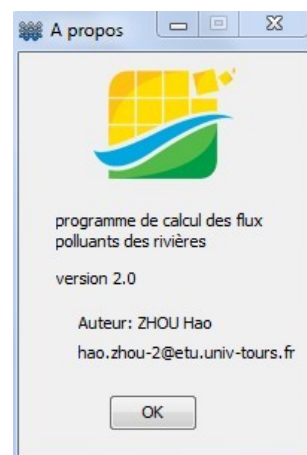


FIGURE 6.26 – A propos

Difficultés rencontrées

Pendant le développement, j'ai rencontré quelques difficultés :

comprendre le code ancien

Parce que mon développement est la version 2.0 ,avant j'ai commencé à programmer, je dois lire les codes anciens écrit par un autre stagiaire. Comme chaque programmeur a son propre type de programmation, et je ne sais rien de son style, donc il m'a apporté beaucoup de difficultés à comprendre son code.

Utilisation de JFreeChart

C'est ma première fois en utilisant JFreeChart, pour chaque graphique, Madame Florence et Florentina ont exigé beaucoup en détails, ce qui m'a apporté beaucoup de difficultés. Je ne disposais que de la documentation de l'API et de quelques exemples incomplets, et le problème pour moi c'est quelques fois je ne sais pas comment rechercher l'API parce que pour chaque type de graphique, les références sont différents. L'utilisation de cette bibliothèque est en fait très compliqué et à nécessité beaucoup d'expérimentations.

Rétrospectivement, je pense que la meilleur solution à adopter est de prendre beaucoup de temps pour tester les possibilités offertes par JFreeChart, et savoir comment utiliser la documentation d'API.

intégrer matlab dans java

Auparavant, je ne savais pas que on peut appeler la fonction Matlab en Java, ma collègue Yuan m'a dit ça possible. Donc j'ai cherché quelques documents sur internet, et j'ai réussi de finir un petit exemple à l'aide du guide. Mais quand je intègre mon programme matlab dans java, ça ne toujours marche pas. Enfin, grâce à Yuan, j'ai trouvé le problème. J'ai oublié d'importer un jar package.

mal compris des méthodes

Parce que je ne suis pas familier avec la géographie, c'est très difficile pour moi de bien comprendre les méthodes. Ici, je dois remercier à Madame Florence et Florentina, elles sont très patientes de m'expliquer les théories de ces méthodes.

Rédaction du rapport

A cause de ma niveau du français. Même si nous avons déjà étudié la langue il y a presque 2 ans, c'est quand même difficile pour moi de rédiger un rapport en français clairement.

Pour faire un résumé, il y a deux raisons pourquoi nous avons enfin pu trouvé les solutions. D'une part, j'ai pris fréquemment des rendez-vous avec Madame Florence et Florentina, qui m'ont renseigné beaucoup ; d'autre part, je peux pu trouvé beaucoup de documentations sur internet, et je les ai bien lu.

Conclusion

Pour conclure, les huit semaines de ce stage a été une excellente expérience professionnelle, me permettant de mettre en pratique des connaissances apprises au cours de ma formation tout en les approfondissant. De plus, j'ai le sentiment d'avoir enrichi mes connaissances.

Pendant ce stage, j'ai fini tous les tâches ci-dessous que le laboratoire m'a donnée.

1. Améliorer l'interface de graphique
2. Afficher les données sous la forme de différents graphiques
3. Calcul la flux polluant par plusieurs méthodes

Selon les missions j'ai fait, j'ai pu participer au contact avec le client afin de comprendre mieux les besoins. Et puis j'ai dû apprendre JFreeChart, comment intégrer matlab dans java et d'autres choses que je ne peut pas apprendre en classe.

Bibliographie

- [1] Présentation de l'université de Tours :
<http://www.univ-tours.fr/l-universite/l-universite-en-quelques-mots-31631.kjsp?RH=12271870>
- [2] Présentation du laboratoire de GéHCO :
<http://geosciences.univ-tours.fr/recherche/presentation.html>
- [3] Présentation de MVC :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Mod%C3%A8le-vue-contr%C3%B4leur>
- [4] Présentation de Redmine :<https://wiki.partipirate.org/wiki/Redmine>
- [5] présentation de JfreeChart :
<http://jmdoudoux.developpez.com/cours/developpons/java/chap-bibliotheques-free.php>
- [6] présentation de GIMP : <http://fr.wikipedia.org/wiki/GIMP>
- [7] <http://www.imagup.com/html-help-workshop.htm>
- [8] Thèse de Sébastien Raymond
«Incertitudes des flux transportés par les rivières (Matière en suspension, nutriments, sels dissous)», 2011
- [9] Travaux de recherche de Florentina Moatar
«Incertitudes sur les métriques de qualité des cours d'eau (médianes et quantiles de concentrations, flux, cas des nutriments) évaluées à partir de suivis discrets», 2009
- [10] Tutoriels Créer un fichier au format html
http://www.learnup.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=240&Itemid=115

Annexes

Abaques de biais d'un flux

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Freq	u_1	v_1	u_3	v_3	u_5	v_5	u_10	v_10	u_20	v_20
2	3	0	-0.0002	0	-0.0003	0	0.0007	0	-0.010156	0	-0.00552
3	5	0	0.0277	0	0.0192	0	0.01	0	0.0124379	0	0.01306
4	7	0	0.0556	0	0.0336	0	0.018	0	0.0039640	0	0.00334
5	10	0	0.0828	0	0.0457	0	0.0319	0	0.0176255	0	0.00317
6	15	0	0.1208	0	0.0786	0	0.057	0	0.0316471	0	-0.00742
7	20	0	0.1661	0	0.1024	0	0.0853	0	0.0478984	0	-0.00999
8	25	0	0.2172	0	0.1378	0	0.1068	0	0.0717559	0	0.01056
9	30	0	0.2554	0	0.1646	0	0.13	0	0.0753023	0	0.03986
10	60	0	0.419	0	0.2304	0	0.1673	0	0.1320009	0	0.04553

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Freq	u_1	v_1	u_3	v_3	u_5	v_5	u_10	v_10	u_20	v_20
2	3	-0.0008	0.008	-0.0001	-0.0052	0	-0.0087	-5.73E-05	-0.005494	0.0007	-0.0288
3	5	-0.002	0.0179	-0.001	0.0114	-0.0007	0.0003	-0.000623	0.0060333	-0.0002	-0.0034
4	7	-0.0035	0.0187	-0.0015	0.0094	-0.001	-0.0027	-0.000587	-0.015052	-0.0009	0.0155
5	10	-0.0048	0.0302	-0.0028	0.035	-0.0019	0.0174	-0.001331	0.0083129	-0.0016	0.0343
6	15	-0.0063	0.0046	-0.0035	0.0207	-0.0023	-0.0024	-0.001621	-0.005173	-0.002	0.0259
7	20	-0.0076	-0.0307	-0.0045	0.0115	-0.0031	0	-0.001463	-0.036079	-0.0022	0.0289
8	25	-0.0079	-0.093	-0.0055	0.0113	-0.0037	-0.0098	-0.002035	-0.021458	-0.002	-0.0047
9	30	-0.0085	-0.1399	-0.0071	0.0391	-0.0046	-0.0027	-0.003509	0.0166285	-0.0032	0.0428
10	60	-0.0066	-0.5244	-0.008	-0.1273	-0.007	-0.0491	-0.005256	-0.008612	-0.0042	0.0377

Abaques d'imprécision d'un flux

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Freq	u_1	v_1	u_3	v_3	u_5	v_5	u_10	v_10	u_20	v_20
2	3	-0.0045	-0.289	-0.0028	-0.1831	-0.0022	-0.152	-0.0016704	-0.1196805	-0.0018	-0.06
3	5	-0.0049	-0.4451	-0.0041	-0.2424	-0.0034	-0.1977	-0.0020515	-0.1775331	-0.0021	-0.11
4	7	-0.0045	-0.5842	-0.0042	-0.3306	-0.0034	-0.2751	-0.0025426	-0.2154494	-0.0026	-0.13
5	10	-0.0043	-0.6889	-0.005	-0.3649	-0.0043	-0.3024	-0.0031694	-0.2268771	-0.0032	-0.15
6	15	-0.003	-0.8937	-0.0048	-0.4957	-0.0045	-0.3948	-0.0026801	-0.3340341	-0.0033	-0.2
7	20	0	-1.1617	-0.0043	-0.6189	-0.0041	-0.5045	-0.0028141	-0.4044241	-0.0028	-0.29
8	25	0	-1.2337	-0.0037	-0.7213	-0.0041	-0.5743	-0.0025861	-0.4681341	-0.0034	-0.31
9	30	0	-1.2904	-0.0031	-0.8208	-0.0039	-0.6454	-0.0037501	-0.4687861	-0.0037	-0.35
10	60	0	-1.5093	0	-1.2241	0	-1.0789	-0.0023894	-0.7542421	-0.0039	-0.5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Freq	u_1	v_1	u_3	v_3	u_5	v_5	u_10	v_10	u_20	v_20
2	3	0.0025	0.3495	0.0023	0.2007	0.002	0.1632	0.0022	0.05	0.0018412	0.109477689
3	5	0.003	0.513	0.0033	0.2847	0.0026	0.2455	0.003	0.08	0.0025938	0.159493607
4	7	0.0035	0.639	0.004	0.3551	0.0032	0.3108	0.0049	0.06	0.0035064	0.186649182
5	10	0.0025	0.7841	0.0037	0.4634	0.0034	0.3823	0.0043	0.13	0.0025213	0.299108512
6	15	0.0005	1.0188	0.0033	0.6202	0.0033	0.5166	0.0076	0.06	0.0032961	0.387719699
7	20	0	1.1	0.0029	0.7354	0.0029	0.6008	0.0039	0.28	0.0031440	0.441846224
8	25	0	1.15	0.002	0.879	0.0031	0.7009	0.0018	0.39	0.0008283	0.624311768
9	30	0	1.2	0	1.1	0	1.01	0	0.58	0	0.759586656
10	60	0	1.25	0	1.2	0	1.0947	0	0.67	0	0.892007003

Méthodes de calculs de flux

Dix méthodes basées sur les moyennes des concentrations et/ou des débits sont présentées ci-après. Pour certaines méthodes, on utilise les débits des jours de prélèvements et pour d'autres la chronique des débits journaliers disponibles aux stations hydrométriques. Nous noterons ici les méthodes de M1 à M10. Les flux sont calculés sur une période T à l'aide de n prélèvements pour les constituants ayant des concentrations C_i ($i=1$ à n) et des débits Q_i ($i=1$ à n). L'intervalle de temps Δt entre 2 prélèvements est variable (mensuel dans le cas des suivis RNB, c'est-à-dire en moyenne $\Delta t=30$ jours avec une dispersion autour de cette moyenne de quelques jours pour le cas de la Loire moyenne. Exemple : Pas de prélèvement le samedi ou dimanche). Dans les exemples suivants, le flux est calculé à partir des 12 valeurs données précédemment (tableau 1), le flux réel (ou de référence) est lui calculé à partir de la base de données journalières des débits et des concentrations.

– M1 : Produit des moyennes arithmétiques des concentrations et des débits

Cet algorithme est basé sur le produit des moyennes des concentrations et des débits instantanés au moment des prélèvements.

$$F_{M1} = K_1 (\sum_{i=1}^n C_i / n) * (\sum_{i=1}^n Q_i / n) \quad (4)$$

FM1 = flux estimé par la méthode M1 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement i (m^3/s)

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, n=12)

K_1 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_1 = 31.536$)

– M2 : Moyenne arithmétique des flux instantanés

Le flux estimé par cette méthode utilise la moyenne des flux instantanés.

$$F_{M2} = K_2 \sum_{i=1}^n C_i Q_i / n \quad (5)$$

F_{M2} = flux estimé par la méthode M2 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement i (m^3/s)

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, n=12)

K_2 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_2 = 31.536$)

– M3 : produit des concentrations (jours de prélèvements) et des débits moyens entre les jours de prélèvements

Cette équation est décrite comme la somme des produits des concentrations instantanées avec le débit moyen entre 2 échantillonnages consécutifs.

$$F_{M3} = K_3 \sum_{i=1}^n (C_i \bar{Q}_{i-j,j+j}) \quad (6)$$

FM3 = flux estimé par la méthode M3 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

$\bar{Q}_{i-j,j+j}$ = débit moyen pour la période qui entoure le prélèvement

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, n=12)

K_3 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_3 = 1.0368$)

– M4 : Produit des moyennes des concentrations mesurées et du débit de l'intervalle d'étude

Cet algorithme reprend le principe de la méthode M1, le débit moyen étant calculé à partir de la chronique journalière des débits.

$$F_{M4} = K_4 * \bar{Q}(\sum_{i=1}^n (Ci/n)) \quad (7)$$

F_{M4} = flux estimé par la méthode M4 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

\bar{Q} = module annuel (m^3/s), déterminé à l'aide de la chronique journalière des débits

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, $n=12$)

K_4 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_4 = 31.536$)

– **M5(DWC) : Produit des concentrations moyennes pondérées par les débits et le débit moyen**

Cette méthode est basée sur le calcul de la concentration moyenne pondérée par les débits qui est ensuite multiplié par le débit moyen :

$$F_{M5} = K_5 \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} * \bar{Q} = K_5 * C * \bar{Q} \quad (8)$$

F_{M5} = flux estimé par la méthode M5 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

\bar{Q} = module annuel (m^3/s), déterminé à l'aide de la chronique journalière des débits

C^* = concentration moyenne pondérée par les débits, calculé comme le rapport entre le flux de matière et le flux d'eau (en général en mg/l)

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, $n=12$)

K_5 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_5 = 31.536$)

– **M6(DWC*) : Méthode 5 et correction "Beale Ratio Estimator" (BRE)**

Cette méthode est basé sur la méthode précédente M5 avec l'ajout d'un coefficient de correction afin de diminuer le biais.

Elle se définit sous la forme :

$$F_{M5} = K_5 \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} * \bar{Q} * CF_1 \quad (9)$$

avec

$$CF_1 = \left[1 + \frac{1}{n} \left(\frac{Slq}{l} \right) \right] / \left[1 + \frac{1}{n} \left(\frac{Sq^2}{\bar{q}^2} \right) \right]$$

$$Slq = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n Q_i^2 C_i - (n \bar{q} \bar{l}) \right]$$

$$Sq^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n Q_i^2 - (n \bar{q}^2) \right]$$

F_{M6} = flux estimé par la méthode M6 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement i (m^3/s)

n = nombre de prélèvements sur la période de calcul des flux (dans l'exemple ci-après, $n=12$)

K_6 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q_i en m^3/s ; $K_6 = 31.536$)

\bar{Q} = module annuel (m^3/s), déterminé à l'aide de la chronique journalière des débits

CF_1 = facteur de correction de Beale (Littlewood, 1995)

\bar{l} = flux moyen journalier pour les jours où les concentrations sont connues (en général en mg/l)

\bar{q} = débit moyen journalier pour les jours où les concentrations sont connues (en m^3/s)

– **M7 : Méthode M6 avec subdivision du jeu de données par rapport à la période des hautes et basses eaux (critère : débit moyen)**

Dans cette méthode, on divise le jeu de données de concentrations et de débits mesurés, par rapport au module annuel, à savoir, s'il est supérieur ou inférieur. On applique ensuite la méthode M6 pour les 2 jeux de données afin de calculer le flux de matière transportée en période de hautes et basses eaux.

Les 2 résultats sont ensuite sommés afin d'obtenir une estimation de la charge totale sur l'année.

$$F_{M7} = \bar{Q} * [K_{BE} * C_{BE}^* * CF_{BE} + K_{HE} * C_{HE}^* * CF_{HE}] \quad (10)$$

F_{M7} = flux estimé par la méthode M7 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\bar{Q} = module annuel (m^3/s), déterminé à l'aide de la chronique journalière des débits

C_{BE}^* = concentration moyenne pondérée par les débits pour la période de basses eaux (mg/l)

C_{HE}^* = concentration moyenne pondérée par les débits pour la période de hautes eaux (en mg/l)

CF_{BE} = Facteur de correction de Beale (Equation 9) pour la période de basses eaux

CF_{HE} = facteur de correction de Beale (Equation 9) pour la période de hautes eaux

K_{BE} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s) pour les périodes de basses eaux

$$K_{BE} = 24 * 3.6/1000 * \frac{n_{BE} * 365}{n}$$

n_{BE} = nombre de jours de prélèvements où le débit est inférieur ou supérieur au module annuel

n = nombre de jours total de prélèvements

K_{HE} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s) pour les périodes de hautes eaux.

$$K_{HE} = 24 * 3.6/1000 * \frac{n_{HE} * 365}{n}$$

n_{HE} = nombre de jours de prélèvements où le débit est inférieur ou supérieur au module annuel

– **M8 : Méthode M6 avec subdivision du jeu de donnée par rapport aux périodes de hautes et basses eaux (critère : débit médian)**

Cette méthode reprend le principe et la formule de la méthode M7 à la différence que le jeu de donnée est divisé par rapport au débit médian calculé à partir des débits à haute résolution temporelle.

– **M9 : Moyenne des concentrations par classe de débit**

Cette méthode développée par Verhoff et al. (1980) consiste à subdiviser la chronique des débits en classes de débits.

Pour cela il faut avoir à disposition plusieurs années de prélèvement, dans cet exemple nous disposons de 10 ans de prélèvement mensuel soit un total de 120 points de mesures de concentrations et de débits.

On peut ainsi représenter graphiquement le flux instantané en fonction du débit. Le flux annuel est ensuite calculé par la formule :

$$F_{M9} = K_9 \sum_{k=1}^m \bar{F}_k * P_k \quad (11)$$

F_{M9} = flux estimé par la méthode M9 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\bar{F}_k = flux moyen pour chaque intervalle (en g/s)

P_i = probabilité que le flux soit bien dans l'intervalle considéré

K_9 = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour en g/s ; $K_9 = 31.536$)

m = nombre de classes

k = indice de classe de $k=1$ à m

Le flux moyen est calculé à l'intérieur de chaque classe par :

$$\bar{F}_k = \frac{\sum F_{ik}}{m_k} \quad (12)$$

Avec \bar{F} = flux moyen pour un intervalle k (en g/s)

F_{ik} = flux calculé en chaque points de prélèvements dans un intervalle k (en g/s)

m_k = nombre de points de prélèvements dans un intervalle k

La probabilité P_i que le flux se situe dans cette classe est obtenue par :

$$P_k = \frac{d_k}{D} \quad (13)$$

Avec P_k = probabilité que le flux soit dans l'intervalle k considéré

d_k = nombre de jours dans un intervalle k donné

D = nombre total de jours de la période d'enregistrement

On détermine le nombre de classe par :

$$I_c = \frac{Q_{max}}{n} \quad (14)$$

Avec I_c = Intervalle de classe

Q_{max} = Débit maximum des prélèvements (m^3/s)

n = nombre de classe à déterminer (dans notre exemple nous avons choisi arbitrairement 5 classes)

– **M10 : Distinction entre les flux de surface et de sub-surface d'après la méthode de séparation des écoulements sur la base des hydrogrammes**

On réalise dans cette méthode une séparation d'hydrogramme sur la base des données journalières de débits pour l'année d'étude afin de distinguer la chronique des écoulements de base (Q_b) et celle du ruissellement (Q_r).

Pour cela, on utilise la formule développée par Eckhardt (2005) :

$$Q_{b(t)} = \frac{(1-BFI_{max})aQ_{b(t-1)} + (1-a)BFI_{max}Q_t}{1-aBFI_{max}} \quad (15)$$

avec

$$Q_{r(t)} = Q_{(t)} - Q_{b(t)}$$

$Q_{b(t)}$ = débit de base au temps t

$Q_{b(t-1)}$ = débit de base au temps t-1 (à caler de manière à ce que $Q_{b(t)} = Q_{b(t-1)}$)

Q_t = débit total au temps t

BFI_{max} = indice du débit de base (=0.8 pour une rivière pérenne à aquifère poreux, Eckhardt, 2005)

a = coefficient de récession (généralement compris entre 0.9 et 1), se calcule à partir des chroniques de débits lors d'une décrue suffisamment longue et après tarissement des écoulements superficiels, selon la formule :

$$Q_{(t)} = Q_0 e^{-a(t-t_0)}$$

avec $a = 1 - \alpha$

$Q_{(t)}$ = débit au temps t

Q_0 = débit au temps initial t=0

α = coefficient de tarissement

On réalise ensuite une régression linéaire multiple en utilisant comme variables explicatives les proportions des écoulements de base et de ruissellement au moment des prélèvements ($\frac{Q_b}{Q_i}$ et $\frac{Q_r}{Q_i}$ respectivement), et comme variable à expliquer la concentration. On a donc une équation de la forme :

$$\hat{C} = a \frac{Q_b}{Q_i} + b \frac{Q_r}{Q_i} + c \quad (16)$$

\hat{C} = Concentration estimée (en général en mg/l)

Q_i = Débit au jour du prélèvement i (en m^3/s)

Q_b = débit de base (en m^3/s)

Q_r = débit de ruissellement (en m^3/s)

a, b et c sont les constantes de la régression à estimer.

On peut ensuite calculer le flux annuel à partir des concentrations estimées et des débits journaliers selon la formule :

$$F_{M10} = K_{10} \sum_{i=1}^{365-n} \hat{C} Q_i + K_{10} \sum_{i=1}^n C_i Q_i \quad (17)$$

F_{M10} = flux annuel estimé par la méthode M10 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C} = concentration estimée par régression linéaire multiple (en général mg/l)

C_i = concentration instantanée au moment du prélèvement (mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement i (m^3/s)

K_{10} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{10} = 0.0864$)

On dispose en général de plusieurs années de suivis C_i et Q_i (si n=12 par an, ce qui correspond à

un échantillonnage mensuel, pour 10 ans de suivi, N=120 valeurs). Sur ces 120 valeurs, on effectue une régression. Ces méthodes d'extrapolation sont basées sur des régressions logarithmiques du type " Rating Curve " dont la forme générale est :

$$\hat{C} = \alpha Q^\beta \Rightarrow \log \hat{C} = a + b \log Q \text{ avec } a = \log \alpha \text{ et } b = \beta \quad (18)$$

(a et b = paramètres de la régression). Ces paramètres de régression sont spécifiques à chaque site et doivent donc être recalculés à chaque fois. Ils sont calculés selon la méthode linéaire des moindres carrées. Dans les résultats présentés ci-après, les exemples sont calculés à partir d'un tirage aléatoire de 120 valeurs et le flux réel est calculé à partir de la base de données journalières.

– M11(IRC) : Régression Logarithmique "concentrations-débits"

Cette méthode consiste à calculer les concentrations journalières à partir des débits continus selon l'équation :

$$\log \hat{C} = a + b \log Q \text{ avec } a = \log \alpha \text{ et } b = \beta \quad (19)$$

Puis, on peut estimer le flux annuel à partir de la formule : $F_{M11} = K_{11} \sum_{j=1}^{365-n} \hat{C}_i * Q_i + K_{11} \sum_{i=1}^n C_i * Q_i$ (20)

F_{M11} = flux estimé par la méthode M11 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C}_i = Concentration estimée d'après l'équation 18 (mg/l)

C_i = concentration instantanée mesurée pour le prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit journalier au moment du prélèvement (m^3/s)

K_{11} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{11}=0.0864$)

n = nombre de prélèvements

a = constante de la régression

b = pente de la droite de régression

– M12(IRC*) : Régression Logarithmique " concentrations-débits " avec la correction de Fergusson

Un coefficient de correction (CF_{12}) est ajouté à la méthode M11 afin de corriger la sous estimation due à la transformation logarithmique de l'équation de " Rating curve ". Ce coefficient a été développé par Fergusson (1986) et est donc appelé correction de Fergusson.

$$\hat{C}_c = \alpha Q^\beta * CF_{12} \quad (20)$$

$CF_{12} = \exp(2.651\sigma^{12})$ σ correspond à l'écart type de l'estimation

Comme pour M11, le flux annuel est la somme des flux journaliers obtenus à partir des concentrations estimées selon la formule :

$$F_{M12} = K_{12} \sum_{i=1}^{365-n} \hat{C}_c * Q_i + K_{12} \sum_{i=1}^n C_i * Q_i \quad (22)$$

F_{M12} = flux estimé par la méthode M12 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C}_c = Concentrations estimées corrigée (mg/l)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement (m^3/s)

K_{12} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{12}=0.0864$)

a = constante de la régression

b = pente de la droite de régression

– M13 : Régression Logarithmique «concentrations-débits» avec la correction de Duan

Dans cette méthode, un facteur de correction (CF_{13}) différent («smearing estimate») décrit par Duan en 1983 est appliqué.

$$\hat{C}_c = \alpha Q^\beta * CF_{13} \quad (23)$$

$$\text{Où } CF_{13} = \frac{1}{n} \sum i = 110^{e_i} \text{ avec } e_i = \log(C_i) - \log(C_{e_i})$$

C_i = Concentration instantanée au moment du prélèvement i

C_{e_i} = Concentration estimée pour le même prélèvement i

Le flux annuel se calcule de la même manière que pour les méthodes M11 et M12 en sommant les flux journaliers obtenus à partir des concentrations journalières estimées selon la formule :

$$F_{M13} = K_{13} \sum_{i=1}^{365-n} \hat{C}_c * Q_i + K_{13} \sum_{i=1}^n C_i * Q_i \quad (24)$$

F_{M13} = flux estimé par la méthode M13 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C}_c = Concentrations estimées corrigées (mg/l)

C_i = concentration instantané au moment du prélèvement i (en général mg/l)

Q_i = débit instantané au moment du prélèvement (m^3/s)

K_{13} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{13}=0.0864$)

a = constante de la régression

b = pente de la droite de régression

– **M14 : Régression Logarithmique " concentrations-débits " avec la correction proposée par Walling**

Walling en 1984 propose un nouvel algorithme pour corriger l'estimation des concentrations déduite de la méthode M11. Les concentrations estimées par la régression sont corrigées en fonction des mesures réalisées et du temps entre les prélèvements. Il élabore ainsi un nouveau facteur de correction (CF_{14}) décrit par :

$$\hat{C}_c = \hat{C} * CF_{14} \quad (25)$$

$$\text{Où } CF_{14} = \left(\frac{C_1}{\hat{C}_1} + \frac{t}{T} * \left(\frac{C_2}{\hat{C}_2} - \frac{C_1}{\hat{C}_1} \right) \right) \quad (26)$$

\hat{C}_c = concentration estimée corrigée (en mg/l)

\hat{C} = concentration estimée par la méthode M11 (en mg/l)

CF_{14} = facteur de correction associé à

C_1 = concentration mesurée du prélèvement précédant l'estimation (en mg/l)

\hat{C}_1 = concentration estimée par régression (méthode 11) pour la mesure C_1 (en mg/l)

C_2 = concentration mesurée du prélèvement suivant l'estimation (en mg/l)

\hat{C}_2 = concentration estimée par régression (méthode 11) pour la mesure C_2 (en mg/l)

t = nombre de jours séparant la concentration estimée que l'on veut corrigé de C_1

T = nombre de jours séparant C_1 et C_2

On peut ainsi calculer le flux annuel par :

$$F_{M14} = K_{14} \sum_{i=1}^{365-n} \hat{C}_c * Q_i + K_{14} \sum_{i=1}^n C_i * Q_i \quad (27)$$

F_{M14} = flux estimé par la méthode M14 pour une période donnée (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C}_c = Concentrations estimées corrigée (mg/l)

Q_i = débit instantané associé à C_c (m^3/s)

K_{14} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{14}=0.0864$)

– **M15 : Régression Logarithmique «concentrations-débits» avec la correction proposée par Philipps et al**

Philipps et al (1999) propose un facteur de correction (CF_{15}) pour améliorer l'estimation des concentrations déduite par la méthode de régression logarithmique «concentrations-débits» (M11 dans ce rapport).

Ce facteur de correction est calculé comme le rapport de la concentration estimée par M11 pour l'échantillon prélevé sur la valeur mesurée de ce même échantillon :

$$CF_{15} = \frac{\hat{C}_2}{C_2} \quad (28)$$

CF_{15} = facteur de correction proposé par Philipps et al.

\hat{C}_2 = Concentration estimée par régression pour le prochain prélèvement (en mg/l)

C_2 = Concentration mesurée lors du prochain prélèvement (en mg/l)

Ce facteur de correction s'utilise comme précédemment dans la méthode 14 (équation 22). Le flux annuel se calcule donc par :

$$F_{M15} = K_{15} \sum_{i=1}^{365-n} \hat{C}_c * Q_i + K_{15} \sum_{i=1}^n C_i * Q_i \quad (29)$$

F_{M15} = flux annuel estimé par la méthode M15 (en général sur une année, tonnes/an)

\hat{C}_c = Concentrations estimées corrigées (mg/l)

Q_i = débit instantané associé à \hat{C}_c (m^3/s)

K_{15} = facteur de conversion du flux pour un résultat en tonnes/an (pour C_i en mg/l et Q en m^3/s ; $K_{15}=0.0864$)

– **SRC50 et SRC50* : Méthodes basées sur les régressions segmentées**

Les relations log C- log Q n'étant pas toujours linéaires, on se propose de segmenter le jeu de données en fonction d'un critère Q_{50} , correspondant au débit médian. Cette méthode est appelée par la suite SRC50 (Segmented Rating Curve). La pente de la régression est calculée pour les valeurs en dessous (b_{50inf}) et au-dessus (b_{50sup}) du débit médian, Q_{50} .

On estime donc les concentrations en fonction du débit en utilisant les régressions appropriées :

$$\log \hat{C} = a_{50inf} + b_{50inf} \log Q \text{ si } Q < Q_{50}$$

$$\log \hat{C} = a_{50sup} + b_{50sup} \log Q \text{ si } Q > Q_{50}$$

Les flux annuels sont ensuite calculés en sommant le produit des débits et des concentrations estimées (pour les jours manquants) et des concentrations mesurées (pour les jours échantillonnés). Le facteur de correction de Ferguson est appliqué aux deux régressions effectuées. Cette méthode sera définie par la suite sous le nom de méthode SRC50*

Développement et amélioration d'un système expert pour la quantification des flux polluants des rivières

Département Informatique

4^e année
2012 - 2013

Rapport de stage

Résumé : Ce rapport présente le travail effectué lors du stage de 4^{ème} année au sein du laboratoire GéHCO à Université Tours. Les missions qui m'ont été confiées durant le stage étaient l'amélioration de l'interface de graphique, l'importation des méthodes et l'affichage des données sous la forme de différents graphiques en utilisant JFreeChart. La réalisation de ce projet s'est très bien passée et m'a permis de mettre en pratique et d'approfondir mes connaissances dans les technologies du moment

Mots clefs : GéHCO,java,polluant,flux

Abstract: This report presents the task completed during the internship in the summer of 2012 in the laboratory at university of Tours. The mission entrusted to me during the internship was to improve graphical interface,import methods and use JFreeChart to display data in different form. The internship went very well and allowed me to practice and deepen my current knowledge

Keywords: GéHCO,java,polluant,flux

Encadrants

Florentina MOATAR

florentina.moatar@univ-tours.fr

Florence CURIE

florence.curie@univ-tours.fr

Etudiant

Hao ZHOU

hao.zhou-2@etu.univ-tours.fr

DI4 2012 - 2013

Université François-Rabelais, Tours