

Mémoire de Maîtrise
Université Pierre et Marie Curie
UMR 7619 Sisyphe
Sous le tutorat d'Agnès Ducharne
Chercheur au CNRS

Marilyse Latu

**Vers une modélisation des relations entre
température de l'eau en rivière et température
de l'air dans le bassin de la Seine**

Mai 2003

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	3
2 DONNÉES	3
2.1 Température de l'air	4
2.2 Température de l'eau	4
2.2.1 Données en discontinu	5
2.2.2 Données en continu	6
2.2.3 Localisation des stations	6
3 LES TYPES DE MODÈLES DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU	8
4 TRAITEMENTS ET ANALYSE DES DONNÉES RNB	8
4.1 Méthode	8
4.2 Objectifs	9
4.3 Analyse	9
4.3.1 Analyse du coefficient de détermination	9
4.3.2 Analyse des équations de régression linéaire : coefficient directeur et ordonnée à l'origine	12
4.3.3 Facteurs locaux contribuant à la variance de la température de l'eau	13
4.3.4 Influence de l'heure de mesure des températures de l'eau	14
4.3.5 Résumé	14
5 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES DE TEMPÉRATURE DE L'EAU EN CONTINU	15
5.1 Données journalières	15
5.1.1 Méthode	15
5.1.2 Analyse	15
5.2 Données hautes fréquences	17
5.2.1 Grande Bosse	17
5.2.2 CSP	19
6 CONCLUSIONS	20
7 BIBLIOGRAPHIE	22
8 REMERCIEMENTS	22

Résumé : Un travail préliminaire (mémoire de maîtrise de Julie L'heureux, 2002) a démontré qu'un modèle stochastique très simple, reliant linéairement les températures hebdomadaires de l'eau à celles de l'air donnait des résultats très satisfaisants. Après avoir confirmé la validité de cette étude à plus grande échelle et sur des données de température de l'eau à haute fréquence, nous avons établi un modèle permettant en fonction des ordres de Strahler de calculer la température des cours d'eau à partir de celle de l'air.

Mots clés : modèle, température des cours d'eau, stochastique, température de l'air, régression linéaire.

1 Introduction

Du fait de l'activité humaine, le taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est en constante élévation, l'effet de serre augmente, ce qui entraîne à long terme un réchauffement climatique (Houghton et al., 2001). La température de l'eau qui est très fortement dépendante de celle de l'air est donc susceptible de se modifier. En comprenant les relations entre ces deux paramètres, nous serons plus à même de prédire les conséquences des modifications climatiques sur les cours d'eau, et donc sur la vie aquatique et la chimie de l'eau. Un travail préliminaire (mémoire de maîtrise de Julie L'heureux, 2002) a démontré qu'un modèle stochastique très simple, reliant linéairement les températures hebdomadaires de l'eau à celles de l'air, donnait des résultats très satisfaisants pour les 23 stations de température de l'eau sélectionnées pour cette étude. Ces résultats doivent toutefois être confirmés en raison de la faible fréquence d'acquisition des températures de l'eau utilisées pour cette étude.

Le but de ce mémoire est donc de réaliser cette étude détaillée du modèle stochastique retenu et de l'appliquer sur :

- des données de température de l'eau à haute fréquence,
- des stations de mesures plus nombreuses,
- un domaine spatiale plus étendu (le bassin de la Seine).

La température de l'eau est un paramètre important à connaître car ses variations ont des conséquences sur les propriétés biologiques, chimiques et physiques de l'eau, de même que sur plusieurs de ses paramètres de qualité. La température affecte la concentration en oxygène et donc la vie. De trop grandes variations de la température peuvent nuire à certaines espèces ou provoquer des déséquilibres des écosystèmes (Touchart, 1999).

L'intérêt de cette étude est de trouver un moyen de modéliser le comportement thermique des rivières sans système de mesure de température de l'eau et de permettre la prévision des températures de l'eau sur des périodes futures.

Après avoir défini les données acquises, nous traiterons brièvement des différents modèles applicables pour modéliser le comportement thermique des rivières. Par la suite, nous étudierons plus en détails les traitements statistiques appliqués à nos données suivant leurs origines ainsi que les résultats et les applications que nous aurons obtenus.

2 Données

Le premier travail à effectuer fut d'acquérir des séries de données auprès des différents organismes susceptibles de mesurer la température de l'eau en continu et d'obtenir les horaires de mesure des données du Réseau National de Bassins. Cette recherche, indispensable pour notre

étude, a porté ses fruits puisque nous avons obtenu plusieurs jeux de données correspondants à nos critères de recherche. Dans cette première partie, les différentes origines et spécificités de ces derniers seront exposées.

2.1 Température de l'air

Les données de températures de l'air ont été acquises par le laboratoire Sisyphe auprès de Météo France pour des études précédentes. Elles couvrent l'ensemble du bassin de la seine avec une centaine de stations de mesure. Ces données s'étalent sur une période allant du 1^{er} janvier 1993 au 31 décembre 1999 et ce, au pas de temps horaire : c'est donc cet intervalle de temps qui a délimité notre étude.

2.2 Température de l'eau

Le tableau 1 récapitule l'ensemble des données de températures de l'eau acquises.

Source	Données	Pas de temps	Période jour/mois/année	Stations	Ordre de Strahler	Rivière
Lyonnaise des eaux	température de l'eau	journalier	01/01/1999 au 26/09/2001	Nandy	6	Seine
				Evry	6	Seine
				Suresnes	7	Seine
				Chatou	7	Seine
La Générale des eaux	température de l'eau	journalier	01/01/1979 au 31/12/2002	Choisy-le-Roi	6	Seine
				Méry-sur-Oise	6	Oise
				Neuilly-sur-Marne	6	Marne
Cemagref	température de l'eau	horaire	07/06/1999 au 30/08/2001	Grande Bosse Station à l'entrée de l'ancien méandre de la Seine (en cours de réhabilitation) dans la pleine de la Bassée	6	Seine
RNB	température de l'eau date et heure du prélèvement	ponctuel	01/01/1993 au 31/12/1999	Stations RNB sélectionnées	1 à 7	Dans le Bassin de la Seine

CSP	température de l'eau	4 par jours	09/07/1996 au 17/04/1997		4	Ailette
		4 par jours	10/07/1996 au 31/10/1996	Courteille	3	avre
		4 par jours	18/07/1996 au 30/09/1996	Choisy	5	Aisne
		4 par jours	11/07/1996 au 15/04/1997		4	Yerres
		4 par jours	15/07/1996 au 15/10/1996		2	Viosne 2
		4 par jours	17/07/1996 au 29/10/1996			Therain
		4 par jours	09/07/1996 au 24/09/1996		3	Surmelain
		4 par jours	18/07/1996 au 18/09/1996	Epinay	7	Seine
		4 par jours	18/07/1996 au 19/09/1996	Poses	7	Seine
		4 par jours	15/07/1996 au 15/10/1996		2	Sausseron
		4 par jours	15/07/1996 au 09/10/1996		3	Risle
		4 par jours	18/07/1996 au 17/10/1996	Maresche		Rhonelle
		4 par jours	26/06/1996 au 22/05/1997	Fere en Tardenois	1	Ourcq
		4 par jours	18/07/1996 au 03/09/1996	Janville	1	Oise
		4 par jours	11/07/1996 au 18/09/1996		1	Montcient
		4 par jours	11/07/1996 au 23/10/1996	Dampierre	2	Mésangueville
		4 par jours	16/07/1996 au 25/09/1996	Treuzy	2	Lunain
		4 par jours	11/07/1996 au 06/11/1996	Etampes	2	Juine
		12 par jours	26/09/1996 au 25/09/1997	Jablins	6	Marne
		4 par jours	10/07/1996 au 08/10/1996	Evreux	2	Iton
		12 par jours	28/02/1997 au 07/05/1997	Gland	1	Frayere
		4 par jours	10/07/1996 au 08/10/1996	Fourge	3	Epte
		4 par jours	17/07/1996 au 29/10/1996	Monchy	3	Brèche
		4 par jours	16/07/1996 au 25/09/1996	Montereau	5	Yonne

Tableau 1 : récapitulatif des données des température de l'eau

2.2.1 Données en discontinu

Il s'agit des données RNB (Réseau national des bassins). Elles sont facilement accessibles via Internet et présentent un intérêt pour la richesse spatiale des stations de mesure dans le bassin de la Seine. Les prises de température sont discontinues et pas toujours réalisées à des horaires réguliers.

Nous avons sélectionné 95 stations de mesure présentant un nombre de données supérieur ou égal à 12 par an durant au moins cinq ans sur un intervalle compris entre 1993 et 1999. Seules 88

stations ont été exploitées au cours de cette étude. 7 stations ont donc été délaissées car leurs mesures se révélaient inutilisables. En effet, les stations Météo France situées à proximité de ces dernières n'ont commencé l'acquisition de données que tardivement dans notre intervalle d'étude 1993-1999.

L'échantillonnage des stations couvre l'ensemble du bassin de la Seine et est représentatif des différents ordres de Strahler. On a : 4 stations d'ordre 1, 7 d'ordre 2, 27 d'ordre 3, 12 d'ordre 4, 13 d'ordre 5, 10 d'ordre 6, 15 d'ordre 7.

Les ordres de Strahler sont un descripteur topologique du réseau hydrographique, et permettent de caractériser la position d'un tributaire dans le continuum amont-aval (figure 1). Les tributaires les plus à l'amont du réseau hydrographique (sans affluents) sont par définition d'ordre 1. Tout tributaire résultant de la confluence de deux tributaires d'ordre 1 est d'ordre 2, et récursivement, un tributaire d'ordre de Strahler $N+1$ résulte de la confluence de deux tributaires d'ordre N . Ce pendant, la confluence d'un tributaire d'ordre N avec un tributaire d'ordre strictement inférieur à N ne modifie pas l'ordre qui reste N . Notons enfin que des relations ont été mises en évidence entre l'ordre de Strahler d'un tributaire et nombre de ses paramètres morphologiques (longueur, pente, largeur du lit, surface contributive, nombre total d'affluents...).

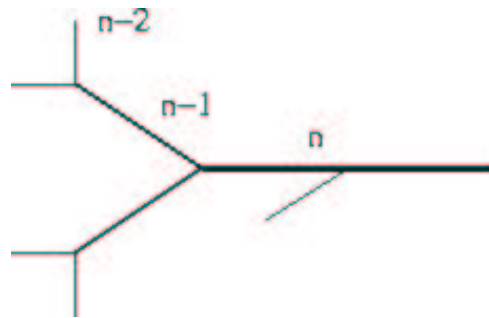


Figure 1 Schématisation de l'ordination de Strahler

2.2.2 Données en continu

- **Données moyennes journalières**

La Lyonnaise des eaux et La Générale des eaux nous ont fourni sept jeux continus de données de température de l'eau de stations proche de Paris.

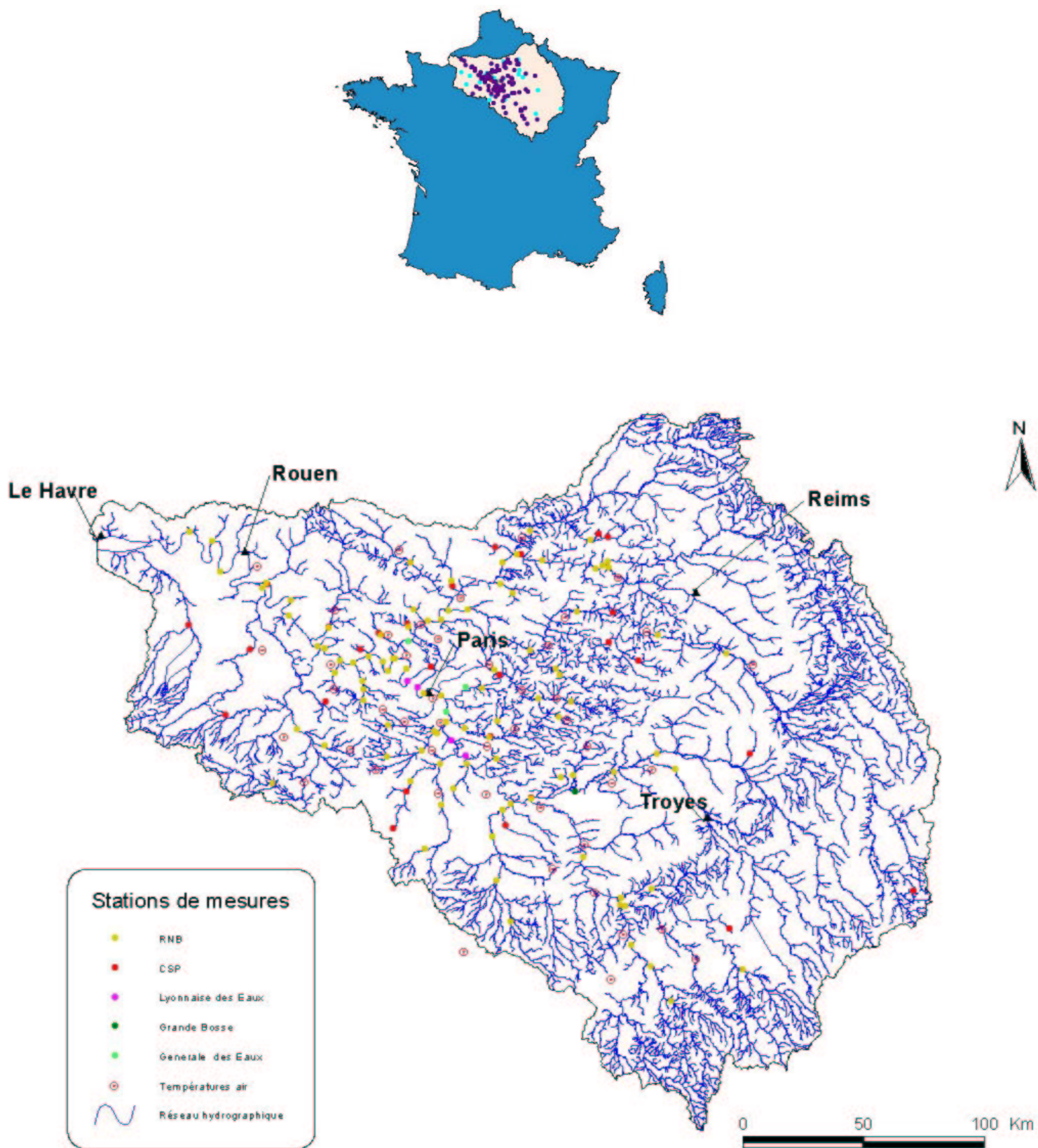
- **Données à haute fréquence :**

- La Grande Bosse (Seine et Marne)
- CSP (Conseil Supérieur de la Pêche).

L'intégralité des stations du CSP n'a pu être exploitée par manque d'informations sur leurs localisations.

2.2.3 Localisation des stations

Les stations de mesure de nos données sont bien réparties sur l'ensemble du bassin de la Seine et couvrent un bon échantillonnage des ordres de Strahler (carte1).



Carte 1 : Localisation des stations de mesure de la température de l'eau et de l'air dans le bassin hydrographique de la Seine.

3 Les types de modèles de la température de l'eau

Deux types de modèles peuvent être utilisés pour l'étude du régime thermique des rivières :

- Les modèles stochastiques. Ce sont des formes d'analyse statistique qui permettent de faire des prévisions si l'on suppose les phénomènes inchangés. Ils sont plus simples à mettre en place car ils nécessitent peu de données différentes (Caissie et al., 1998 ; Caissie et al., 2000 ; Mosheni et al., 1999 ; Gaume et Tassin, 2000). Ces modèles sont basés sur des corrélations entre variables ou du traitement du signal (transformée de Fourier) qui demandent de longues séries de d'observation.
- Les modèles déterministes. Plus physiques, ils analysent les causes et les effets des relations entre les conditions du site et les paramètres météorologiques ainsi que l'influence résultante sur la température des cours d'eau (Marceau et al, 1986). Ils nécessitent de connaître un nombre élevé de variables d'entrée : la radiation, la vitesse du vent, le débit... La mise en place de ces modèles demande beaucoup de temps et des moyens conséquents mais ils permettent de modéliser le comportement du milieu lors d'une pollution, d'un changement climatique...

Nous avons retenu un modèle stochastique pour trois raisons. Premièrement, l'étude comparative de Marceau et al. (1986) n'a montré aucune préférence entre modèle stochastique et modèle déterministe quant à la qualité de l'ajustement et des performances.

Deuxièmement, la modélisation stochastique est bien adaptée pour les études de changement climatique car les modèles de circulation générale simulent mieux la température de l'air que les autres variables climatiques (Mosheni et Stefan, 1999).

Troisièmement; Julie L'heureux, qui a travaillé sur ce sujet l'an passé, avait testé différents modèles stochastiques de la température de l'eau en fonction de celle de l'air au pas de temps décadaire à partir des données du Réseau National de Bassins (RNB) dans deux sous bassins : Seine 4 et Oise 2. La méthode de corrélation linéaire avait apporté de meilleurs résultats que les régressions non linéaire avec fonctions sigmoïdes (Mosheni et al, 1998). C'est cette méthode simple qui a donc été approfondie afin de déterminer si elle fonctionnait sur l'ensemble du bassin de la Seine et sur des données en continu.

4 Traitements et analyse des données RNB

Le premier travail effectué fut d'associer les stations de mesure de température de l'eau aux stations de mesure de température de l'air les plus proches.

Le principal traitement appliqué ensuite aux données fut une régression linéaire entre température des cours d'eau et température de l'air. De cette façon, nous avons pu estimer la relation entre les 2 variables de manière à pouvoir prévoir une variable donnée à partir de l'autre.

4.1 Méthode

Dans un premier temps, une étude par régression linéaire des relations entre température de l'eau et température de l'air a été réalisée pour l'ensemble des 88 stations traitées.

En corrélant la température de l'eau en ordonnée et la température de l'air en abscisse, nous pouvons observer que les différents points forment un nuage de points qui est orienté selon une droite préférentielle. Une droite de régression, ajoutée à nos graphiques, permet de matérialiser cette droite. Celle-ci est calculée par la méthode des moindres carrés, c'est la "droite la plus probable", celle dont la somme des carrés des différences entre x et y est minimale. Son équation s'écrit sous la forme : $y = ax + b$, a étant le coefficient directeur et b l'ordonnée à l'origine.

Le coefficient de détermination R^2 rend compte de la dispersion du nuage de points autour de la droite de régression. Pour calculer le coefficient, on élève au carré la valeur du coefficient de corrélation linéaire, R . Ce coefficient de détermination permet d'identifier la validité de cette équation. C'est une mesure de la proportion de la variance de la variable Y qui s'«explique» par les variations de la variable X .

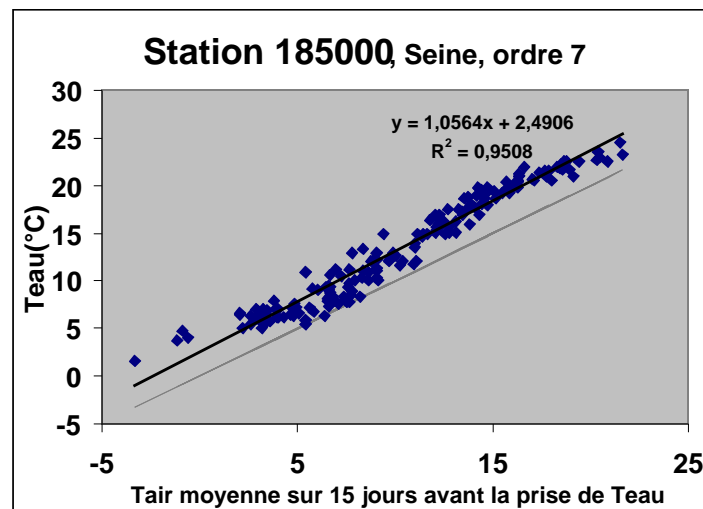
$$R^2 = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \right]^2$$

Par exemple, dans un modèle linéaire, une corrélation de 0,80 ($R = 0,80$) signifie que R^2 , équivaut à 0,64. En conséquence, il est possible de prédire 64 % de la variabilité des valeurs Y en se fondant sur la relation avec les valeurs X (Frontier, 1980).

4.2 Objectifs

Le premier objectif recherché étant de mettre à jour différentes relations entre température de l'eau et température de l'air selon les ordres des cours d'eau étudiés, j'ai réalisé sept régressions linéaires par stations de mesure avec les températures de l'air moyennées sur N jours précédant le jour j de la prise de température de l'eau ($N = 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15$).

Le graphique 1 nous en montre un exemple. Pour le calcul de ces moyennes de température de l'air, nous avons choisi de ne pas considérer les conditions atmosphériques qui régnaient après la prise de la température de l'eau, celles-ci ne pouvant influencer la température de la masse d'eau. Cet exemple de la station 185000 montre une bonne corrélation entre les deux variables. Dans ce cas, on peut observer que la température de l'eau n'est jamais inférieure à 0 °C et toujours supérieure à la température de l'air.



Graphique 1 : exemple de régression linéaire

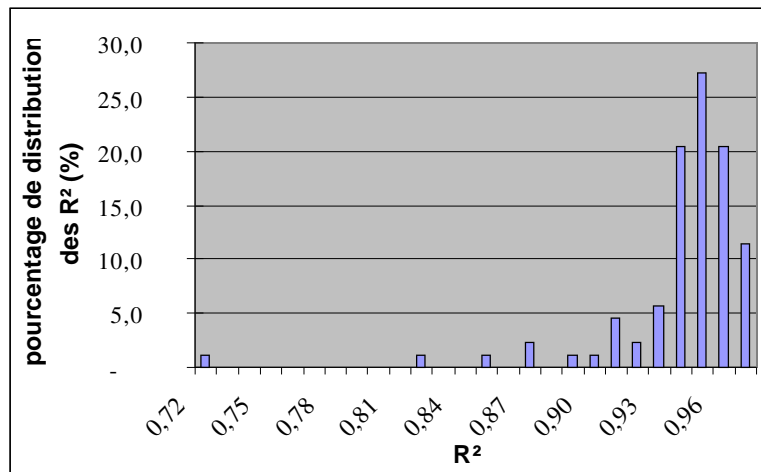
4.3 Analyse

4.3.1 Analyse du coefficient de détermination

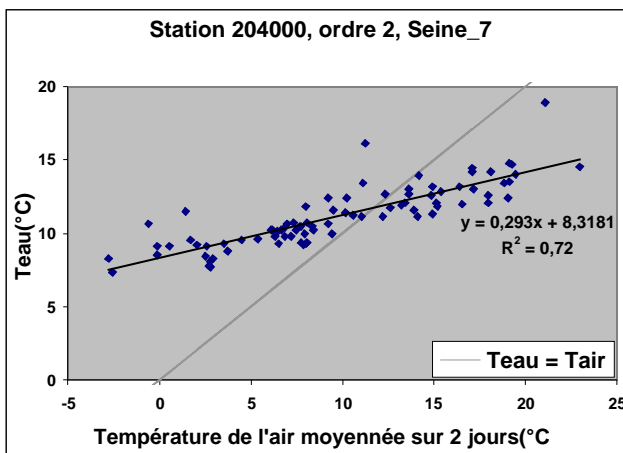
Pour chaque station, le coefficient de détermination R^2 et les équations varient selon le nombre de jours sur lequel la température de l'eau est moyennée (annexe 1). Pour pouvoir analyser plus en détails les résultats, j'ai retenu, pour chaque station, l'équation qui obtenait le meilleur R^2 (annexe 2).

Comme le montre le graphique 2, des 88 stations étudiées, 93 % montrent un coefficient de détermination supérieur ou égal à 0,90 et 59 %, un coefficient de détermination d'au moins 0,95 ! Ces résultats très positifs valident largement le modèle choisi puisqu'il explique 90 % des variabilités de la température de l'eau par la température de l'air dans 93% des cas étudiés.

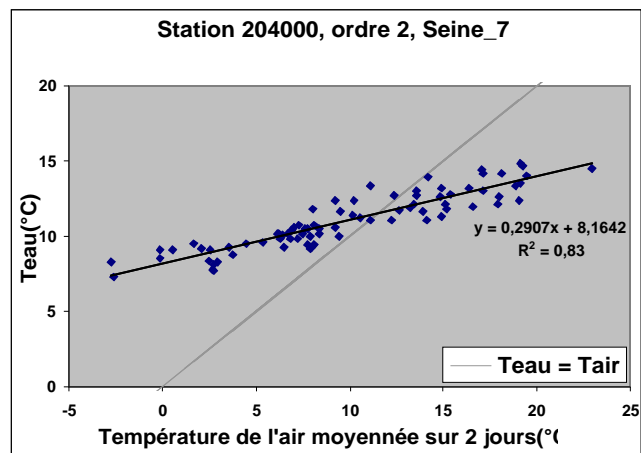
Les 10 % non expliqués par la régression linéaire peuvent s'expliquer par le bruit lié à la prise de mesure, par du bruit naturel et par l'influence d'autres paramètres que nous tacherons d'identifier par la suite (section 3.3.2).



Graphique 2



Graphique 3

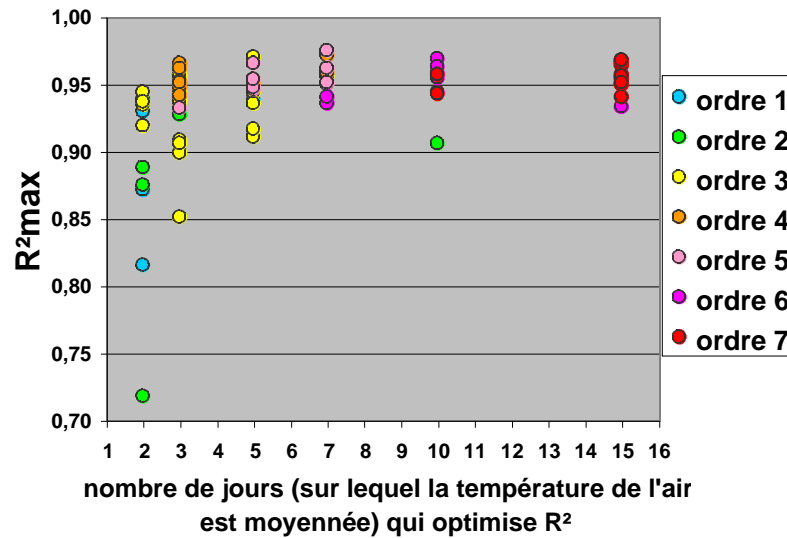


Graphique 4

La station 204000 montre le R^2 le plus faible de toutes nos stations : $R^2 = 0,72$. Si on analyse la corrélation de cette station (graphique 3), on s'aperçoit que 4 points sortent du nuage. Ces points présentent des températures de l'eau plus fortes que celles du reste de l'échantillon. Il est peu probable que l'origine de ces erreurs soit liée à la mesure elle-même car un technicien effectue une tournée sur différentes stations, or c'est la seule à avoir cette caractéristique. L'analyse de ces points a montré que pour deux d'entre eux la mesure de la température de l'eau a été faite à une heure plus tardive (après-midi) que le reste de l'échantillon. Ce décalage temporel induit une température de l'eau plus élevée qu'en matinée. Des rejets thermiques d'usines ou de centrale électrique pourraient également expliquer ces 4 points.

Une nouvelle régression réalisée sans ces points (graphique 4) permet d'obtenir un R^2 de 0,83. Ce résultat laisse penser que ces points doivent être écartés.

En comparant l'ensemble des équations trouvées et ce, en fonction des ordres de Strahler, on peut individualiser des comportements différents (annexe 2). On obtient un meilleur coefficient de détermination pour des températures de l'air moyennées sur 2 ou 3 jours avant le jour j pour les petits cours d'eau alors que pour les ordres plus importants, R^2 est optimisé pour des températures de l'air moyennées sur 10 ou 15 jours (graphique 5).



Graphique 5

Les corrélations réalisées avec les températures de l'air moyennées sur le jour de la mesure n'ont jamais permis d'obtenir les R^2 les plus importants (annexe 2). Du fait de son inertie thermique, l'eau garde en mémoire les forçages radiatifs sur plus longtemps que l'air. Il faut donc considérer que ce sont les conditions climatiques des jours précédant la mesure qui influencent la température des cours d'eau et non un état ponctuel.

Les variations de température de l'eau sont directement reliées au bilan d'énergie de la masse d'eau (Mosheni et Stephan, 1999) qui s'écrit comme suit :

$$S = dT_e/dt = H_{ns} + H_{la} - H_{le} - H_e + H_c + H_p$$

avec :

dT_e/dt : variation temporelle de température de l'eau

H_{ns} : rayonnement solaire absorbé par la surface de l'eau,

H_{la} : rayonnement atmosphérique de grandes longueurs d'ondes,

H_{le} : rayonnement de grandes longueurs d'ondes émis par la surface de l'eau,

H_e : flux de chaleur dû à l'évaporation (chaleur latente de vaporisation),

H_c : flux de chaleur sensible transmis à l'atmosphère par contact avec la surface de l'eau,

H_p : flux de chaleur dû aux précipitations.

La température d'équilibre de l'eau est la température hypothétique qu'atteindraient les cours d'eau si les forçages étaient constants ($H_{ns} + H_{la} = \text{constante}$). L'évolution des flux issus du système permettraient alors la mise en équilibre avec les forçages d'où $\partial T / \partial t = 0$.

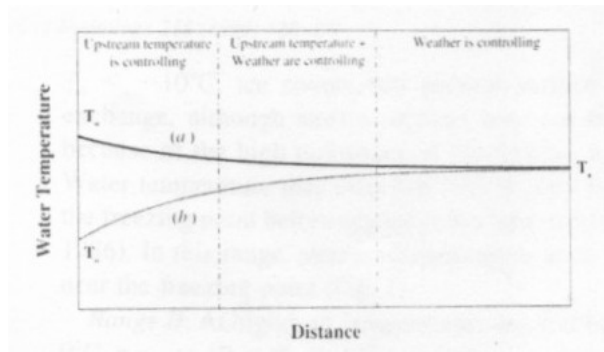


Figure 2

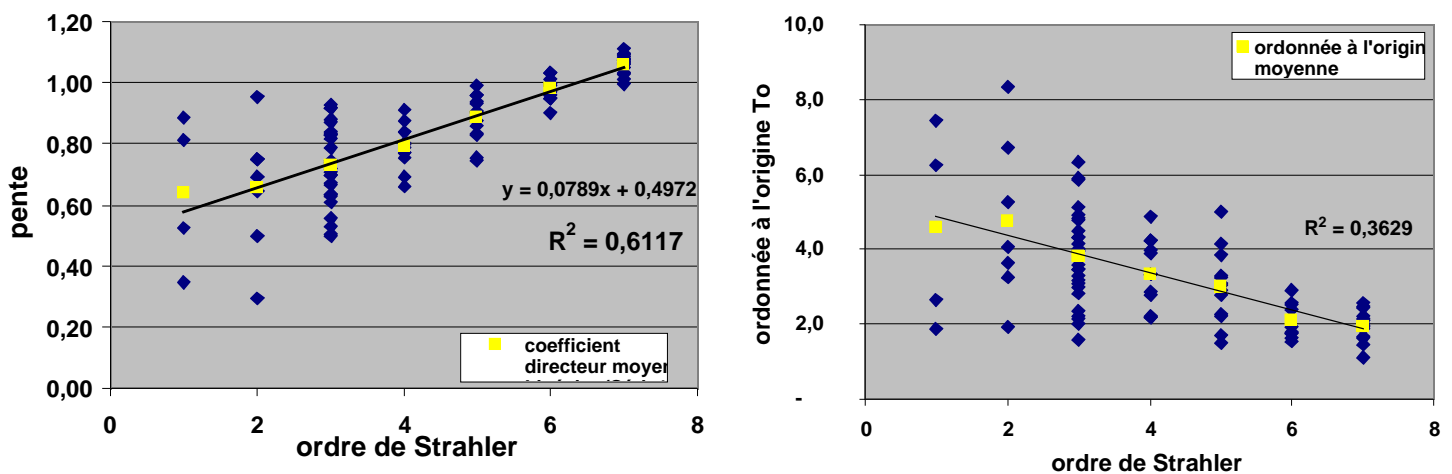
La figure 2 extraite de l'article de Mosheni et Stephan (1999) montre comment la température de l'eau tend vers son équilibre lorsque l'on s'éloigne de sa source. Plus les ordres de Strahler sont importants, plus la masse d'eau est grande et plus la température de l'eau est proche de sa température d'équilibre.

4.3.2 Analyse des équations de régression linéaire : coefficient directeur et ordonnée à l'origine

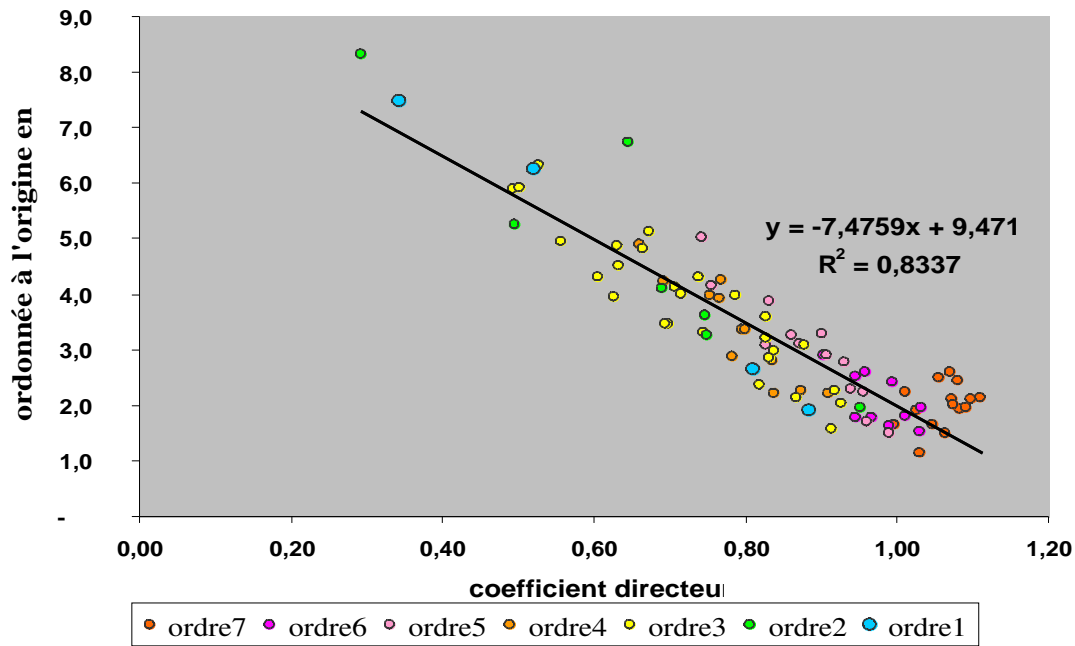
L'analyse des équations de l'annexe 2, résumée sur le graphique 6, nous montre que :

- Le coefficient directeur augmente avec l'ordre et se rapproche de 1 dans les grands ordres.
- Les ordonnées à l'origine diminuent au contraire avec l'ordre, et cette diminution tend à compenser l'effet de l'augmentation de a sur la température de l'eau.
- La pente et l'ordonnée à l'origine présentent une dispersion beaucoup plus forte dans les petits ordres (1, 2, 3) que dans les grands ordres (4, 5, 6, 7).

Ce dernier point tient sans doute au fait que la température de l'eau dans les grands ordres est plus proche de la température d'équilibre, si bien que l'influence des facteurs locaux, qui explique la plus grande dispersion des températures de l'eau à l'amont, est atténuée par le rappel au forçage climatique (Mosheni et Stephan, 1999).



Graphique 6: analyse des équations de l'annexe 2



Graphique 7 : relation entre les ordonnées à l'origine et les coefficients directeurs de nos régressions

Le graphique 7 montre enfin que le coefficient directeur et l'ordonnée à l'origine de nos relations sont étroitement liés. Même si les résultats des petits ordres de Strahler sont d'une grande variabilité aux vues des équations (annexe 1), ils sont fortement corrélés et régis par une relation linéaire. Les points des ordres 1 à 3 sont assez éloignés dans le nuage de points. On remarque encore que les ordres 4,5,6 sont moins dispersés. L'ordre 7 a un comportement particulier : tous les points sont très rapprochés et légèrement au-dessus des autres ce qui est sûrement dû au coefficient directeur supérieur à 1.

4.3.3 Facteurs locaux contribuant à la variance de la température de l'eau

Dans les petits ordres, la température de l'eau est moins proche de la température d'équilibre que dans les grands ordres, si bien qu'elle est davantage influencée par de nombreux facteurs locaux, qui expliquent la plus forte dispersion des paramètres (graphique 6) et les plus faibles valeurs du coefficient de détermination R^2 (graphique 5). La température de l'air, qu'on peut voir comme un intégrateur des forçages climatiques, n'est donc pas le seul facteur intervenant pour la détermination de la température des cours d'eau, même si elle reste le principal. Ces facteurs locaux sont essentiellement non climatiques, et incluent l'ombrage, la température des nappes drainées par le cours d'eau, la vitesse d'écoulement...

Nous avons étudié l'influence de facteurs morphologiques liés à ces facteurs locaux : pente du tributaire, surface du bassin versant contributif, longueur amont et altitude de la station. Ces paramètres ont été définis pour l'ensemble de nos stations, mais nous n'avons pas pu mettre en évidence de corrélation entre ces paramètres et les ordonnées à l'origine ou les coefficients directeurs des régressions linéaires que nous avons réalisées précédemment.

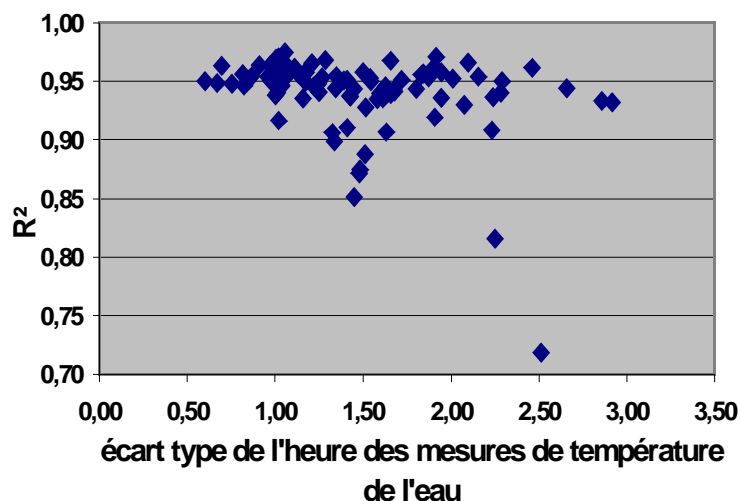
La température des nappes drainées par les cours d'eau peut influencer la valeur de l'ordonnée à l'origine de nos régressions linéaires car leurs eaux sont plus chaudes de 1 à 2 °C en moyenne (Mosheni et Stephan, 1999) et augmentent la température de base de la rivière. Nous n'avons pas trouvé comment analyser ce paramètre, mais les R^2 déjà très forts nous indiquent que ce facteur n'expliquerait de toute manière qu'une part très faible de la variance de la température de l'eau. Ce facteur a sans doute plus d'influence sur les petits ordres (les volumes d'eau étant plus faibles et le rappel à l'équilibre thermique étant moins prononcé à cause du temps de séjour plus réduit).

4.3.4 Influence de l'heure de mesure des températures de l'eau

Pour essayer de comprendre une des causes de la variabilité des R^2 et des paramètres (a et b) des équations que l'on a obtenues (notamment pour les petits ordres de Strahler), il a paru intéressant de se s'intéresser au problème de l'heure de la prise de mesure de la température de l'eau. En effet, ces températures étant acquises au cours de tournée de terrain sur plusieurs sites par des techniciens, les horaires des relevés varient d'un jour à l'autre et surtout d'une station à l'autre. L'annexe 2 indique les heures moyennes d'acquisition et leurs écarts types.

Le graphique 8 montre qu'il n'y a aucune relation entre le coefficient de détermination et la variance de l'heure de la prise de la température de l'eau. Les valeurs des écarts types des heures de mesure de température de l'eau sont faibles puisque comprises entre 0,5 et 2,5 heures (graphique 8). D'autres traitements graphiques me permettent d'affirmer qu'il n'y a pas non plus de lien entre l'écart type de l'heure de mesure de la température de l'eau et le coefficient directeur, l'ordonnée à l'origine de nos équations.

L'heure de la prise de mesures et sa reproductibilité ne permettent pas d'expliquer la variabilité des paramètres de nos équations : c'est donc, dans notre cas, un paramètre dont on peut s'affranchir.



Graphique 8

4.3.5 Résumé

La température de l'air, bon intégrateur du forçage radiatif, est le principal facteur influençant la température de l'eau : elle explique au minimum 70% de la variance de la

température de l'eau, et dans 93% des cas étudiés, elle explique au moins 90 % de cette variance. C'est dans les ordres de Strahler les plus grands que la température de l'air explique le mieux la température de l'eau, car le temps de séjour est alors suffisant pour que cette dernière soit rappelée vers sa température d'équilibre thermique, ce qui atténue l'effet des facteurs locaux.

Nous avons aussi montré que les coefficients directeurs et les ordonnées à l'origine des droites de régression entre température de l'eau et de l'air sont corrélés à l'ordre de Strahler. On peut donc envisager de définir des équations types permettant de calculer la température de l'eau en fonction de celle de l'air et des ordres de Strahler (voir section 6).

Au préalable, nous avons tenté de valider les résultats obtenus avec des séries de données continues. Une étude similaire à la précédente a donc été appliquée aux données des traiteurs d'eau et aux données hautes fréquences.

5 Traitement et analyse des données de température de l'eau en continu

5.1 Données journalières

5.1.1 Méthode

Dans ce cas, il n'y a plus de problème d'heure de prise de mesure puisque les données que l'on nous a transmises étaient moyennées sur la journée.

Pour visualiser la relation entre température de l'eau et température de l'air, on réalise un graphique avec le temps en abscisse et les températures de l'air et de l'eau en ordonnée. On obtient 2 courbes. La courbe de température de l'air varie beaucoup. Pour reproduire le travail précédent on va lisser les variations trop rapides grâce à un outil mathématique : la moyenne mobile.

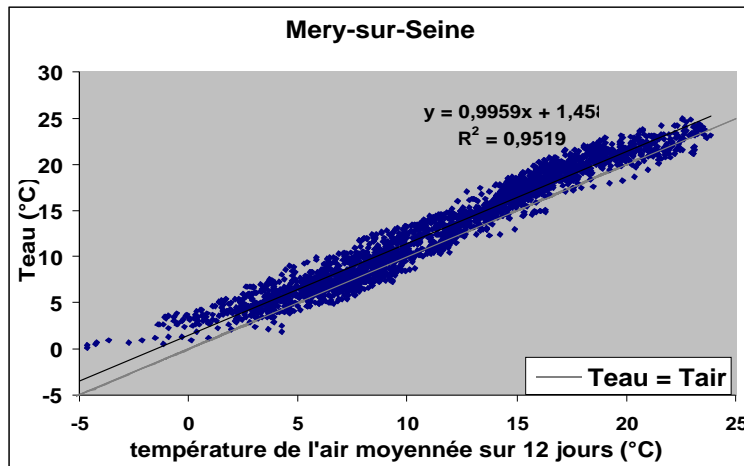
La moyenne mobile est une suite de moyennes calculées à partir des différentes parties d'une série de données. La moyenne des températures de l'air sur N jour(s) précédent(s) la mesure est appliquée au jour j de la prise de température de l'eau. Dans un graphique, une moyenne mobile atténue (lisse) les variations des données, permettant ainsi de dégager plus clairement la tendance ou le modèle. Le fait d'appliquer la moyenne mobile au dernier jour de l'intervalle entraîne aussi un décalage temporel.

Après avoir testé différentes périodes de la moyenne mobile, on détermine celle qui permet de reproduire au mieux les variations de température de l'eau. Pour déterminer la meilleure période, on utilise les mêmes régressions linéaires que pour les stations RNB et on teste plusieurs pas de temps en cherchant celui qui maximise le R^2 .

5.1.2 Analyse

Dans le cas de Méry-sur-Oise, station d'ordre 6, c'est le pas de temps sur 12 jours qui permet la meilleure corrélation (graphique 9). Le coefficient directeur de l'équation de la courbe de tendance est très proche de 1 (tableau 1), aussi l'ordonnée à l'origine correspond au décalage entre la courbe de la moyenne mobile et celle de la température de l'eau du graphique 10 ci-dessous.

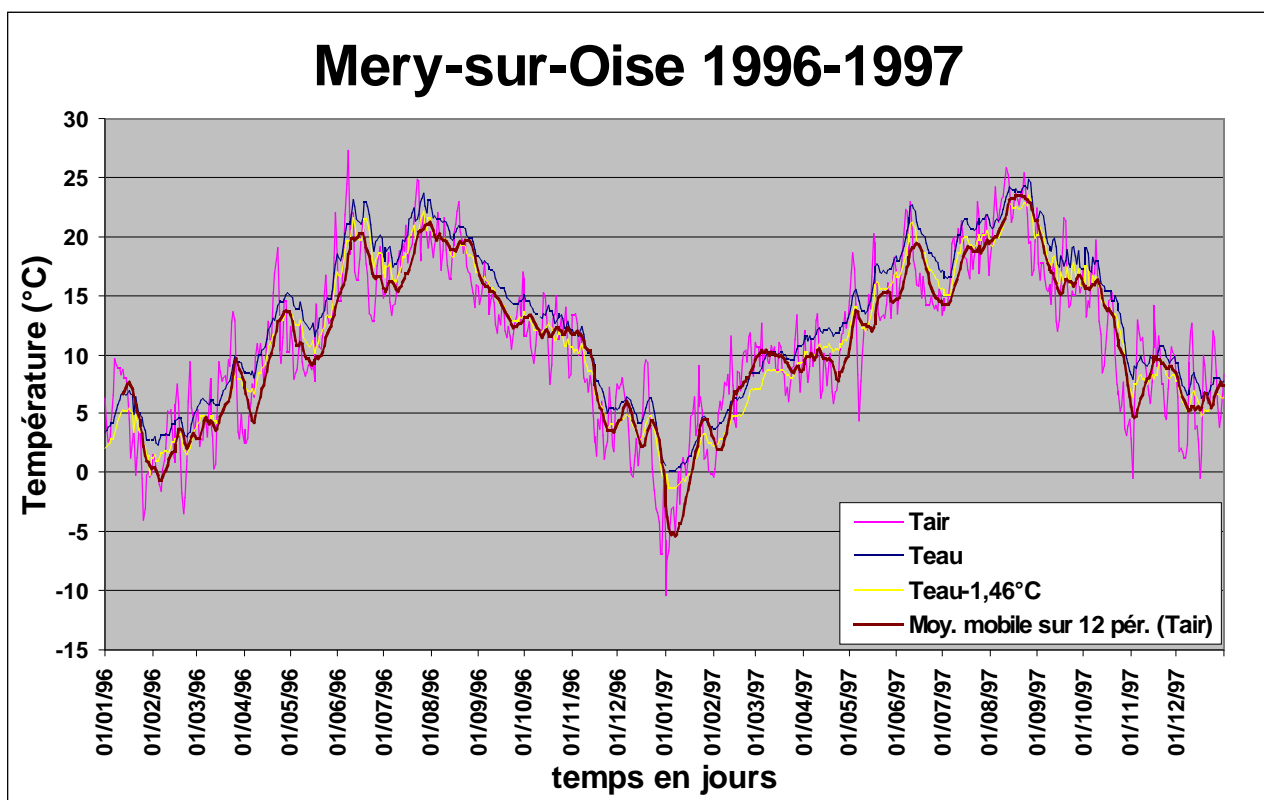
Sur le graphique 10, on observe que les amplitudes des variations de la température de l'air sont bien plus vives que celles de l'eau qui sont naturellement lissées, car l'inertie thermique de l'eau empêche toute variation rapide de la température de l'eau. On voit également l'effet retard de la moyenne mobile.



Graphique 9

Les graphiques 9 et 10 confirment la validité de la moyenne sur N jours amonts. La courbe de la moyenne mobile sur 12 jours de la température de l'air mime les variations des données de température de l'eau avec un décalage de quelques degrés Celsius. Si on effectue une translation de 1,46°C de la courbe de température de l'eau, celle-ci se superpose alors à la moyenne mobile. La moyenne mobile permet donc de simuler l'inertie de l'eau.

On peut enfin remarquer que le nuage de point du graphique 9 dessine légèrement une forme en S. Il pourrait être intéressant d'appliquer les fonctions sigmoïdes étudiées par Mosheni et al. (1998) sur ces dernières, mais nous avons déjà un coefficient de détermination de plus de 0,95 ! ...



Graphique 10 : représentation chronologique des données précédentes

Source	Stations	Ordre de Strahler	Rivière	Nombre de jours qui optimise le R ²	Equations et coefficient de détermination des régressions linéaires
Lyonnaise des eaux	Nandy	6	Seine	8 jours	$y = 0,9109x + 3,7798$ R ² = 0,9409
	Evry	6	Seine	12 jours	$y = 1,0307x + 2,7221$ R ² = 0,9676
	Suresnes	7	Seine	15 jours	$y = 1,0683x + 2,3168$ R ² = 0,9768
	Chatou	7	Seine	17 jours	$y = 1,0562x + 3,1642$ R ² = 0,9656
La Générale des eaux	Choisy-le-Roi	6	Seine	11 jours	$y = 0,9833x + 2,3441$ R ² = 0,9663
	Méry-sur-Oise	6	Oise	11 jours	$y = 0,9918x + 1,5023$ R ² = 0,9516
	Neuilly-sur-Marne	6	Marne	15 jours	$y = 1,0263x + 1,3557$ R ² = 0,9476
				Moyenne des R ² :	0,9595

Tableau 2 : récapitulatif des résultats obtenus

Les résultats obtenus avec les données des traiteurs d'eau (tableau 2) sont similaires à ceux calculés au cours de l'étude des données RNB (annexe 2). Les pas de temps, les coefficients directeurs et les ordonnées à l'origine des régressions linéaire sont dans les mêmes ordres de grandeur. Les R² des séries en continu au pas de temps journalier sont très forts. Les séries discrètes du RNB sont donc un bon échantillonnage du continu.

5.2 Données hautes fréquences

Ici, l'objectif est de comprendre des variations horaires, journalières, mensuelles, saisonnières de la température de l'eau dans la variabilité des données RNB.

5.2.1 Grande Bosse

Les données horaires continues de température de l'air s'étalant sur une période allant de juin à décembre 1999 ont été dépouillées et analysées. Pour cela j'ai calculé :

- La moyenne des températures sur le mois et son écart type,
- La moyenne des amplitudes journalières sur le mois et son écart type.

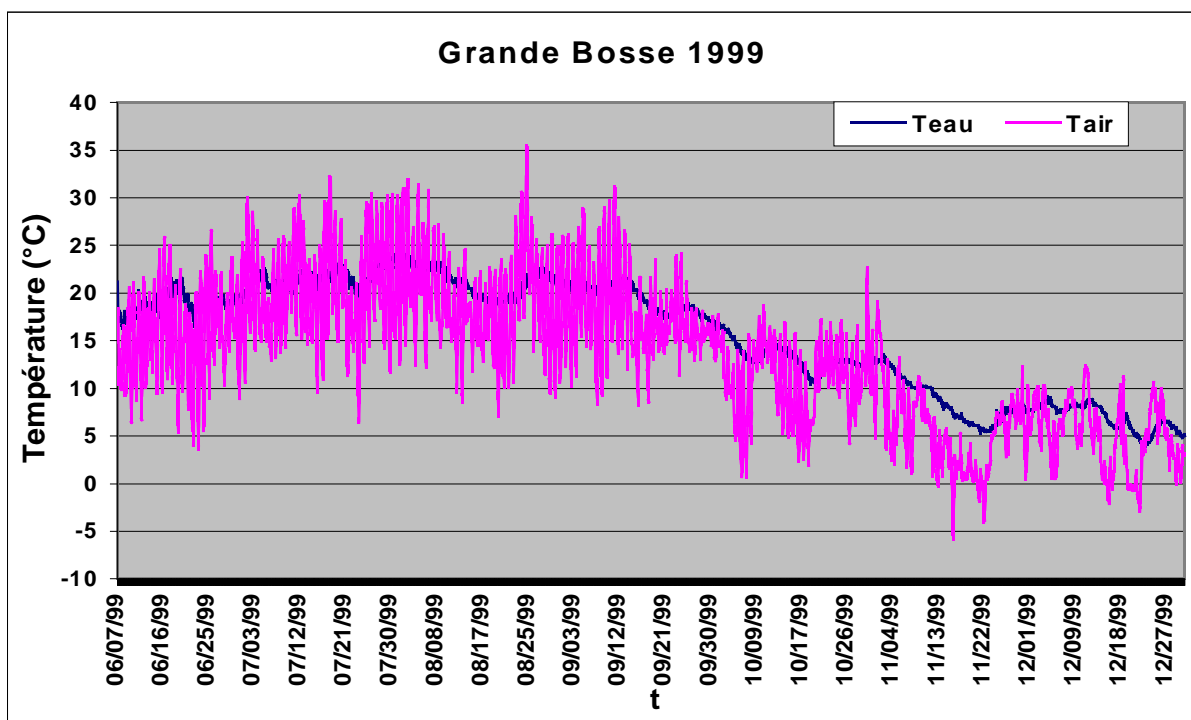
Une des questions qui se posait dans la partie 3.3.2. était quelle dispersion en température peut entraîner la dispersion en heure des données RNB ? Le tableau 3 indique que sur la période d'une amplitude (10-12 heures), la moyenne mensuelle des amplitudes journalières atteint un maximum de 2°C en juin. Les écarts types des heures de mesure de température de l'eau des données RNB étant au maximum de 2,5 heures (graphique 8), il apparaît que la variabilité des horaires de mesure des données RNB ne peut entraîner de dispersion conséquente des températures.

On observe bien sur que les températures sont plus froides en hiver qu'en été (tableau 3). On remarque également que la variabilité des températures est plus faible en hiver, l'amplitude journalière est donc plus réduite, il y a moins de contraste thermique.

	Moyenne des températures de l'eau	Ecart type des températures de l'eau	moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Ecart type des amplitudes journalières des températures de l'eau
juin	18,90	0,50	2,05	0,63
juillet	21,56	0,38	1,44	0,39
août	21,28	0,29	1,06	0,31
septembre	19,45	0,20	0,81	0,24
octobre	13,37	0,11	0,57	0,25
novembre	8,73	0,07	0,59	0,34
décembre	0,65	0,04	0,65	0,27

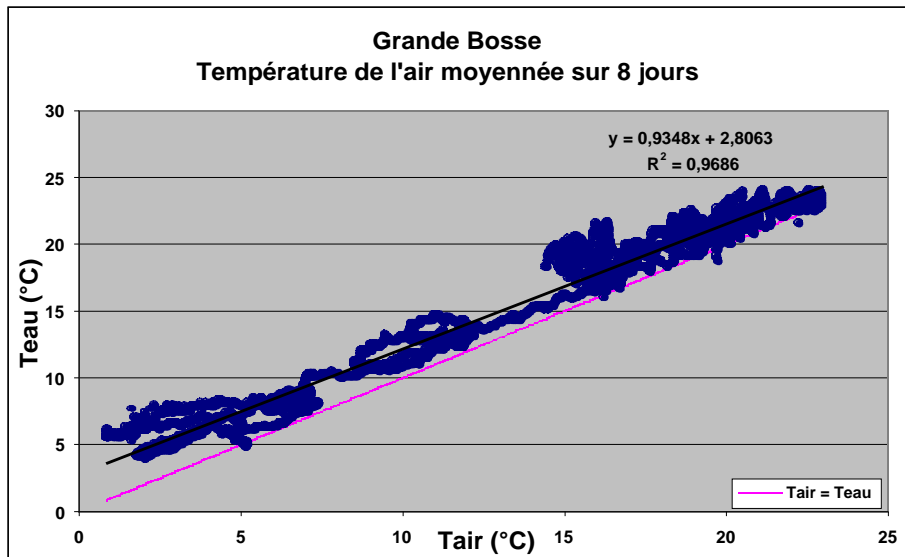
Tableau 3

Cette analyse est confirmée par le graphique 11 représentant les températures de l'eau et de l'air en fonction du temps, on voit nettement que les signaux sont plus lisses en hiver qu'en été. Les amplitudes de la température de l'air sont nettement plus marquées que celles de l'eau. L'inertie thermique de l'eau due à sa forte capacité calorifique temporeuse les variations rapides de la température de l'air.

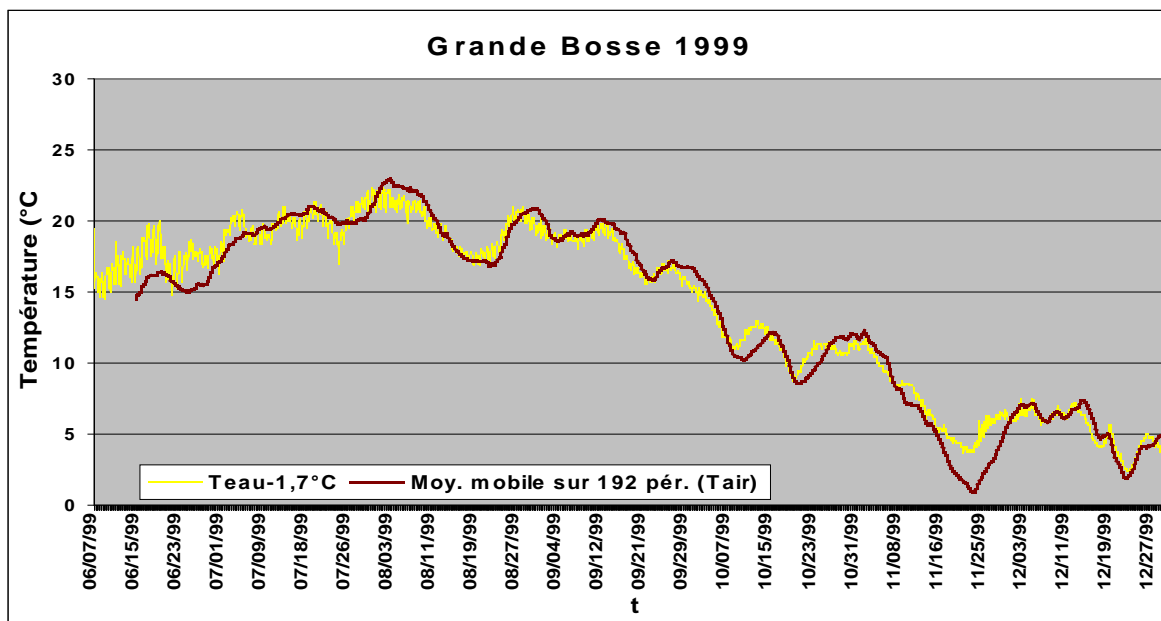


Graphique 11

On applique par la suite le même traitement qu'aux données des traiteurs d'eau. Dans le cas de la Grande Bosse, le décalage n'est pas égal à l'ordonnée à l'origine de la régression linéaire : $b=2,8$ car le coefficient directeur n'est pas égal à 1 (graphique 12). Le graphique 13 montre que la courbe de la moyenne mobile mime les fluctuations de la courbe de température de l'eau avec $1,7^{\circ}\text{C}$ de décalage (en accord avec le graphique 12). Le modèle étudié s'applique donc au pas de temps horaire, même s'il a tendance à surestimer la température de l'eau l'été et à la sous estimer l'hiver.



Graphique 12



Graphique 13 : La moyenne mobile est calculée sur des intervalles de 192 périodes horaires, soit 8 jours.

5.2.2 CSP

Une étude similaire à celle appliquée aux données de température de l'eau de la Grande Bosse a été réalisée sur différentes stations du CSP (annexe 3). On peut observer que les moyennes des amplitudes journalières sont plus grandes pour les petits ordres de Strahler. Plus les masses d'eau sont importantes plus elles ont une grande inertie thermique. La variabilité de la température et donc de l'amplitude, est donc plus grande pour les petits cours d'eau. Malheureusement faute de temps, je n'ai pas pu faire les régressions linéaires.

6 Conclusions

Au vu des analyses des données de température RNB et des confirmations obtenues par les données à haute fréquence, il semble possible de généraliser nos résultats et de définir un modèle stochastique de la température de l'eau dans le bassin de la Seine :

$$T_{\text{eau}}(i, t) = a(i) \cdot m(T_{\text{air}, t-n(i)}, t) + b(i) \quad (1)$$

- $m(T_{\text{air}, t-n(i)}, t)$ désigne la moyenne des températures de l'air sur les jours $t-n(i)$ à t
- $n(i)$ est le nombre de jours pour la réalisation de la moyenne des températures de l'air qui optimise le R^2
- $a(i)$ et $b(i)$ sont des paramètres locaux.

Les i ci-dessus correspondent aux différentes stations RNB, mais nous avons montré que l'on peut restreindre la signification de cet indice à l'ordre de Strahler. En effet, on a une relation entre cet ordre et les paramètres a et b (graphique 6). Le graphique 6 indique en outre que c'est la relation entre le coefficient de détermination et l'ordre de Strahler qui obtient le meilleur R^2 . Les coefficients directeurs a ont été calculés à partir de l'équation donnée par le graphique 6 : $a_{\text{calculé}} = 0,789i + 0,4972$ avec $i = \text{ordre de Strahler}$.

Nous avons également montré que les grandeurs a et b ne sont pas indépendantes (graphique 7). Les ordonnées à l'origine b (tableau 4) ont donc été calculées à partir de $a_{\text{calculé}}$ et de l'équation de la droite de régression linéaire liant a et b : $b = -7,4759a + 9,471$ (graphique 7).

A ce stade, nous ne sommes pas loin d'une loi qui décrit la température de l'eau en fonction de la température de l'air et de l'ordre mais il manque encore un élément, c'est le nombre de jour sur lequel on calcule la moyenne des températures de l'air en fonction de l'ordre. Ce choix a été fait de façon arbitraire après analyse des annexes 1 et 2 (tableau 4).

Pour valider ce modèle et ses paramètres, j'ai testé le R^2 (valeurs en annexe 4) entre la température de l'eau mesurée et celle calculée avec l'équation 1. Le tableau 4 réunit en fonction des ordres de Strahler :

- les moyennes et les écarts types des coefficients directeurs a , des ordonnées à l'origine b et des R^2 déterminés avec le nombre de jours (sur lequel la température de l'air est moyennée) qui optimise la corrélation entre la température de l'air et celle de l'eau pour chaque station RNB (section 4.3),
- les coefficients directeurs a et les ordonnées à l'origine b calculés ainsi que les moyennes des R^2 établis entre les températures de l'eau mesurée et les températures de l'eau calculées à partir du modèle stochastique que nous avons déterminé (ci-dessus).

Les résultats que l'on obtient sont excellents puisque les coefficients de détermination entre température de l'eau mesurée et simulée sont très forts, avec une moyenne de 0,935. Le modèle défini par l'équation 1 peut donc être appliqué comme modèle de prévision des températures de l'eau.

	Paramètres des régressions linéaires avec le nombre de jours qui optimise le R ² (Tair/Teau) pour chaque station					Paramètres de notre modèle de calcul des températures de l'eau en fonction des températures de l'air			
	Moyenne de a	Ecart type de a	Moyenne de b	Ecart type de b	R ² (Tair/Teau)	Nombre de jour retenu	a calculé	b calculé	R ² (Teaucalculée/Teaum esurée)
Ordre 1	0,68	0,24	4,56	2,24	0,89	2	0,58	5,16	0,88
Ordre 2	0,65	0,21	4,74	2,19	0,89	2	0,65	4,57	0,89
Ordre 3	0,73	0,13	3,82	1,24	0,94	3	0,73	3,98	0,92
Ordre 4	0,79	0,07	3,35	0,91	0,95	5	0,81	3,39	0,95
Ordre 5	0,88	0,08	3,00	0,97	0,95	7	0,89	2,80	0,95
Ordre 6	0,98	0,04	2,08	0,48	0,95	10	0,97	2,21	0,95
Ordre 7	1,06	0,03	1,93	0,37	0,96	15	1,05	1,63	0,96
								Moyenne des R ² :	0,935

Tableau 4: synthèse des résultats

En résumé, on a défini les relations suivantes en fonction des ordres de Strahler :

- ordre 1 : $Teau = 0.58 * Tair(\text{moyennée sur 2 jours}) + 5,16$
- ordre 2 : $Teau = 0.65 * Tair(\text{moyennée sur 2 jours}) + 4,57$
- ordre 3 : $Teau = 0.73 * Tair(\text{moyennée sur 3 jours}) + 3,98$
- ordre 4 : $Teau = 0.81 * Tair(\text{moyennée sur 5 jours}) + 3,39$
- ordre 5 : $Teau = 0.89 * Tair(\text{moyennée sur 7 jours}) + 2,80$
- ordre 6 : $Teau = 0.97 * Tair(\text{moyennée sur 10 jours}) + 2,21$
- ordre 7 : $Teau = 1.05 * Tair(\text{moyennée sur 15 jours}) + 1,63$

Le modèle testé apporte d'excellents résultats dans le bassin de la Seine où il pourrait être appliqué comme modèle de prévision des températures des cours d'eau. Simple d'utilisation et de conception, il nécessite qu'une seule donnée d'entrée : la température de l'air. Il serait intéressant de l'appliquer au modèle Senèque (Ducharne et al., 2000) qui pour l'instant utilise un modèle basé sur des sigmoïdes, ou à tout autre modèle qui nécessite des données de température de l'eau dans le bassin de la Seine.

Les principales limites de ce modèle concerne sa transposabilité. Sa transposabilité géographique est a priori nulle : le modèle stochastique est sans doute applicable à d'autres fleuves ou rivières, mais au prix d'une nouvelle calibration de ses paramètres.

Une autre question est la transposabilité de ce modèles à d'autres conditions climatiques (et donc à d'autres périodes de temps). En effet, les conditions climatiques influencent le cycle hydrologique et l'état des ressources en eau, notamment par des facteurs venant affecter le régime des précipitations et l'évapotranspiration, mais aussi les caractéristiques des nuages, l'humidité du sol et l'intensité des phénomènes météorologiques. Suite à l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, l'évolution du climat devrait conduire à une intensification du cycle hydrologique mondial et pourrait avoir d'importantes répercussions sur les ressources régionales en eau. Une modification du volume d'eau et de sa répartition nuirait à l'approvisionnement en eau

souterraine et de surface. De telles variations pourraient modifier les relations entre température des cours d'eau et température de l'air et remettre en cause notre modèle. En outre, Mosheni et Stefan (1998) indiquent que la régression linéaire entre les températures de l'eau et de l'air n'est pas suffisante sous les climats très contrastés (très froids ou très chauds) et qu'un modèle de type sigmoïde est alors plus adapté.

Il faut néanmoins noter que les années 90 ont été les plus chaudes du XXI^{ème} siècle et que c'est sur ces années que notre modèle a été testé (période 1993-1999) avec d'excellents résultats. La validité actuelle de notre modèle (R^2 moyen supérieur à 0,93, tableau 4) permet donc de le cautionner pour un large spectre de températures.

7 Bibliographie

Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third, Assessment Report of IPCC*. Cambridge University Press.

Marceau, P., Cluis, D. et Morin, G., Comparaison des performances relatives à un modèle déterministe et à un modèle stochastique de température de l'eau en rivière, *Can. J. Eng.* 13, 352-364, 1986.

Ducharne, A., Brunstein, D., Billen, G., Garnier, J., Couplage de Sénèque avec un modèle hydrologique à bases physiques et perspectives en matière d'impact du changement climatique, *Rapport d'activité 2000 du programme Piren-Seine*, 2000.

Caissie, D., El-Jabi, N. et St-Hilaire, A., Stochastic modelling of water temperatures in a small stream using air to water relations, *Can. J. Civ. Eng.* 25, 250-260, 1998.

Caissie, D., El-Jabi, N., Satish, M.G., Modelling of maximum daily water temperatures in a small stream using air temperatures, *Journal of Hydrology* 251, 14-28, 2001.

Mohseni, O., Stefan, H.G., Stream temperature/air temperature relationship: a physical interpretation, *Journal of Hydrology* 218, 128-141, 1999.

Mohseni, O., Stefan, H.G. et Erickson, T.R., A non linear regression model for weekly stream temperatures, *Water Res. Res.*, 10, 2685-2692, 1998.

Touchart, L., La température de l'eau en Limousin, *Notes et chronique du Limousin*, 183, 441-451, 1999.

Frontier, S., *Méthode statistique*, édition Masson, 1980.

Gaume, E., Tassin, B., *Prévision des débits et de la températures sur la Seine, la Marne et l'Oise*, 2000.

L'Heureux, J., *Analyse des relations entre température des cours d'eau et température de l'air dans le bassin de la Seine*, mémoire de maîtrise, 2002.

8 Remerciements

Ce stage de maîtrise a été réalisé dans l'UMR 7619 Sisyphe sous le tutorat d'Agnès Ducharne, chercheur au CNRS. Merci à Agnès Ducharne, Sylvain Thiery, Nicolas Bacq pour leur aide et leur disponibilité.

Station de température de l'eau	équation obtenue avec le moyenne des températures de l'air le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 2 jours précédents le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 3 jours précédents le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 5 jours précédents le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 7 jours précédents le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 10 jours précédents le jour j	équation obtenue avec la moyenne des températures de l'air sur les 15 jours précédents le jour j	Nb de jours où la moy. mobile de temp. max mise R ²	Sous bassin versant	Ordre de Strahler	Heure décimale de mesure : moyenne	Heure décimale de mesure : écart-type
47490	y = 0.5127x + 6.373 R2 = 0.8052	y = 0.5216x + 6.2498 R2 = 0.8155	y = 0.5283x + 6.2024 R2 = 0.801	y = 0.5349x + 6.0843 R2 = 0.7874	y = 0.5183x + 6.2864 R2 = 0.7735	y = 0.519x + 6.3232 R2 = 0.7502	y = 0.5161x + 6.3833 R2 = 0.7141	2j	Seine 4	1	12,42	2,25
51500	y = 0.7902x + 2.7846 R2 = 0.9049	y = 0.8106x + 2.6284 R2 = 0.9301	y = 0.8163x + 2.59 R2 = 0.9224	y = 0.8395x + 2.199 R2 = 0.9018	y = 0.8415x + 2.1344 R2 = 0.8917	y = 0.8628x + 1.936 R2 = 0.871	y = 0.8563x + 2.0421 R2 = 0.8258	2j	Seine 4	1	12,3	2,08
133000	y = 0.7937x + 2.8209 R2 = 0.873	y = 0.8067x + 2.6209 R2 = 0.907	y = 0.8381x + 2.3224 R2 = 0.9209	y = 0.8843x + 1.8894 R2 = 0.9377	y = 0.8905x + 1.8663 R2 = 0.9368	y = 0.9097x + 1.699 R2 = 0.9204	y = 0.9148x + 1.6342 R2 = 0.8997	5j	Oise a	1	11,19	1,42
138390	y = 0.3422x + 7.4538 R2 = 0.8649	y = 0.3455x + 7.4568 R2 = 0.8716	y = 0.3395x + 7.4849 R2 = 0.8567	y = 0.3365x + 7.4105 R2 = 0.8158	y = 0.3262x + 7.5132 R2 = 0.7851	y = 0.3215x + 7.5578 R2 = 0.7849	y = 0.3294x + 7.5057 R2 = 0.7735	2j	Oise 2	1	11,14	1,48
13620	y = 0.7251x + 3.5516 R2 = 0.9215	y = 0.7491x + 3.2534 R2 = 0.9395	y = 0.7571x + 3.1472 R2 = 0.9353	y = 0.7764x + 2.8371 R2 = 0.921	y = 0.7816x + 2.7159 R2 = 0.9146	y = 0.8016x + 2.5104 R2 = 0.9002	y = 0.8012x + 2.5485 R2 = 0.8554	2j	Seine 2	2	13,62	1,66
65000	y = 0.639x + 6.7708 R2 = 0.8483	y = 0.6467x + 6.7185 R2 = 0.8749	y = 0.6528x + 6.7297 R2 = 0.8561	y = 0.6491x + 6.7834 R2 = 0.8223	y = 0.6416x + 6.8938 R2 = 0.8069	y = 0.6445x + 6.8815 R2 = 0.7796	y = 0.6558x + 6.7281 R2 = 0.7518	2j	Seine 4	2	12,5	1,48
76000	y = 0.8408x + 2.869 R2 = 0.8844	y = 0.8735x + 2.5847 R2 = 0.9248	y = 0.9018x + 2.3276 R2 = 0.9352	y = 0.9531x + 1.9342 R2 = 0.9456	y = 0.9738x + 1.6327 R2 = 0.9421	y = 0.9909x + 1.2487 R2 = 0.928	y = 1.0115x + 0.8827 R2 = 0.8997	5j	Seine 4	2	12,15	1,22
134730	y = 0.4727x + 5.5713 R2 = 0.8587	y = 0.4958x + 5.2424 R2 = 0.8879	y = 0.4903x + 5.2853 R2 = 0.8683	y = 0.4759x + 5.416 R2 = 0.8311	y = 0.4723x + 5.442 R2 = 0.8263	y = 0.4619x + 5.6027 R2 = 0.8339	y = 0.4678x + 5.6007 R2 = 0.8315	2j	Oise 2	2	11,55	1,51
140400	y = 0.6303x + 4.852 R2 = 0.896	y = 0.6712x + 4.3778 R2 = 0.9229	y = 0.691x + 4.0811 R2 = 0.9278	y = 0.6933x + 4.069 R2 = 0.9175	y = 0.6865x + 4.1188 R2 = 0.8977	y = 0.66x + 4.4921 R2 = 0.8711	y = 0.6423x + 4.7556 R2 = 0.8226	3j	Oise 2	2	13,58	1,52
168400	y = 0.6519x + 4.8445 R2 = 0.8508	y = 0.6814x + 4.4192 R2 = 0.8826	y = 0.6974x + 4.233 R2 = 0.8964	y = 0.7182x + 4.0128 R2 = 0.905	y = 0.7494x + 3.604 R2 = 0.9027	y = 0.7483x + 3.6123 R2 = 0.9065	y = 0.7305x + 3.8163 R2 = 0.8819	10j	Seine 6	2	11	1,63
204000	y = 0.2804x + 8.4992 R2 = 0.7036	y = 0.293x + 8.3181 R2 = 0.7183	y = 0.2998x + 8.2141 R2 = 0.6898	y = 0.3092x + 8.0653 R2 = 0.6432	y = 0.3166x + 7.9554 R2 = 0.6299	y = 0.3224x + 7.8675 R2 = 0.6363	y = 0.3257x + 7.8263 R2 = 0.6254	2j	Seine 7	2	12,6	2,51
13300	y = 0.5006x + 6.6352 R2 = 0.8237	y = 0.5198x + 6.4355 R2 = 0.8441	y = 0.529x + 6.3209 R2 = 0.8511	y = 0.5471x + 6.0846 R2 = 0.845	y = 0.5514x + 5.9825 R2 = 0.8397	y = 0.5639x + 5.8683 R2 = 0.8285	y = 0.5648x + 5.8744 R2 = 0.7861	3j	Seine 2	3	13,38	1,45
33000	y = 0.7746x + 2.8652 R2 = 0.9093	y = 0.7947x + 2.6461 R2 = 0.9464	y = 0.8189x + 2.3486 R2 = 0.9536	y = 0.8499x + 1.9806 R2 = 0.9383	y = 0.8659x + 1.7819 R2 = 0.9379	y = 0.8893x + 1.3886 R2 = 0.9152	y = 0.9148x + 1.0228 R2 = 0.8983	3j	Yonne	3	11,55	1,87
36280	y = 0.7312x + 4.6101 R2 = 0.9046	y = 0.7436x + 4.4314 R2 = 0.9402	y = 0.7554x + 4.3072 R2 = 0.9461	y = 0.787x + 3.9635 R2 = 0.9478	y = 0.8013x + 3.7333 R2 = 0.9449	y = 0.8115x + 3.4701 R2 = 0.9223	y = 0.8279x + 3.1491 R2 = 0.9076	5j	Yonne	3	12,4	1,25
52134	y = 0.8622x + 3.1494 R2 = 0.8902	y = 0.8664x + 3.2448 R2 = 0.9254	y = 0.8797x + 3.0798 R2 = 0.9406	y = 0.8975x + 2.8514 R2 = 0.936	y = 0.933x + 2.2475 R2 = 0.9161	y = 0.9297x + 2.2466 R2 = 0.8867	y = 0.9311x + 2.427 R2 = 0.8599	3j	Loing	3	13,24	1,25
66000	y = 0.7923x + 3.3412 R2 = 0.8762	y = 0.8171x + 3.1164 R2 = 0.9436	y = 0.8396x + 2.9706 R2 = 0.962	y = 0.8512x + 2.8376 R2 = 0.9556	y = 0.8442x + 2.9372 R2 = 0.9406	y = 0.8481x + 2.9241 R2 = 0.9101	y = 0.8609x + 2.7461 R2 = 0.8737	3j	Seine 4	3	11,64	1,90
75000	y = 0.5837x + 4.3441 R2 = 0.8772	y = 0.6102x + 4.0836 R2 = 0.9276	y = 0.6283x + 3.9249 R2 = 0.9379	y = 0.6517x + 3.7454 R2 = 0.934	y = 0.665x + 3.5332 R2 = 0.9243	y = 0.674x + 3.3084 R2 = 0.9051	y = 0.6863x + 3.0915 R2 = 0.881	3j	Seine 4	3	11,48	1,00
77000	y = 0.7323x + 3.3352 R2 = 0.925	y = 0.7631x + 3.0335 R2 = 0.9472	y = 0.7921x + 2.6712 R2 = 0.9534	y = 0.856x + 2.148 R2 = 0.9555	y = 0.868x + 2.1281 R2 = 0.9563	y = 0.8718x + 1.8966 R2 = 0.9493	y = 0.9143x + 0.955 R2 = 0.9381	7j	Seine 4	3	9,695	1,07
78510	y = 0.783x + 3.2915 R2 = 0.8767	y = 0.8218x + 2.9527 R2 = 0.9373	y = 0.8315x + 2.8362 R2 = 0.9434	y = 0.8459x + 2.4804 R2 = 0.9334	y = 0.8462x + 2.4057 R2 = 0.9312	y = 0.8672x + 2.1722 R2 = 0.921	y = 0.8622x + 2.2751 R2 = 0.8731	3j	Seine 4	3	11	1,45
109660	y = 0.4932x + 5.7422 R2 = 0.8708	y = 0.5103x + 5.5747 R2 = 0.9027	y = 0.5234x + 5.3694 R2 = 0.9084	y = 0.557x + 4.9336 R2 = 0.9106	y = 0.5535x + 4.9185 R2 = 0.8929	y = 0.5432x + 5.0709 R2 = 0.8523	y = 0.5301x + 5.2848 R2 = 0.8022	5j	Marne 6	3	11,32	1,41
114000	y = 0.6601x + 4.3148 R2 = 0.8955	y = 0.6905x + 3.98 R2 = 0.9281	y = 0.7118x + 3.6987 R2 = 0.9498	y = 0.7455x + 3.2937 R2 = 0.9699	y = 0.7427x + 3.2222 R2 = 0.9674	y = 0.7486x + 3.0687 R2 = 0.9475	y = 0.7551x + 3.047 R2 = 0.9112	5j	Petit Morin	3	11,3	1,02

117310	y = 0.4458x + 6.4811 R2 = 0.8739	y = 0.4618x + 6.2977 R2 = 0.8883	y = 0.4732x + 6.1409 R2 = 0.8981	y = 0.4953x + 5.8726 R2 = 0.9162	y = 0.4927x + 5.8369 R2 = 0.911	y = 0.5007x + 5.6986 R2 = 0.9065	y = 0.5111x + 5.6241 R2 = 0.8917	5j	Grand Morin	3	11,58	1,02
119590	y = 0.869x + 2.8244 R2 = 0.8827	y = 0.8978x + 2.5236 R2 = 0.9031	y = 0.9195x + 2.2373 R2 = 0.9085	y = 0.9522x + 1.8608 R2 = 0.8957	y = 0.9509x + 1.7664 R2 = 0.8864	y = 0.9519x + 1.7026 R2 = 0.8547	y = 0.9619x + 1.6265 R2 = 0.8297	3j	Grand Morin	3	12,91	2,23
120980	y = 0.5677x + 5.2464 R2 = 0.8605	y = 0.6133x + 4.7083 R2 = 0.9133	y = 0.6322x + 4.3786 R2 = 0.925	y = 0.6992x + 3.4509 R2 = 0.9436	y = 0.6994x + 3.3168 R2 = 0.9314	y = 0.653x + 3.9516 R2 = 0.8982	y = 0.6191x + 4.441 R2 = 0.8601	5j	Marne 8	3	10,91	1,80
134000	y = 0.8455x + 2.7781 R2 = 0.8575	y = 0.8534x + 2.669 R2 = 0.8897	y = 0.8842x + 2.3931 R2 = 0.9045	y = 0.9332x + 1.8935 R2 = 0.929	y = 0.9459x + 1.7681 R2 = 0.9358	y = 0.9764x + 1.4614 R2 = 0.9335	y = 0.9862x + 1.3082 R2 = 0.9207	7j	Oise 2	3	12,91	1,95
134800	y = 0.6554x + 3.997 R2 = 0.8836	y = 0.6955x + 3.454 R2 = 0.9349	y = 0.6949x + 3.4359 R2 = 0.9334	y = 0.6811x + 3.5489 R2 = 0.911	y = 0.6733x + 3.6251 R2 = 0.906	y = 0.6549x + 3.8921 R2 = 0.9048	y = 0.6628x + 3.8962 R2 = 0.9004	2j	Oise 2	3	11,65	1,58
137685	y = 0.8306x + 3.182 R2 = 0.8878	y = 0.8791x + 2.6622 R2 = 0.9137	y = 0.9073x + 2.2847 R2 = 0.9244	y = 0.9278x + 2.0264 R2 = 0.9354	y = 0.9314x + 1.9342 R2 = 0.9268	y = 0.8995x + 2.4045 R2 = 0.8961	y = 0.8665x + 2.9062 R2 = 0.8508	5j	Oise 2	3	13,93	1,61
163000	y = 0.6195x + 5.0429 R2 = 0.8863	y = 0.6375x + 4.81 R2 = 0.945	y = 0.6324x + 4.8453 R2 = 0.9554	y = 0.6279x + 4.7592 R2 = 0.9218	y = 0.6256x + 4.7234 R2 = 0.9057	y = 0.6113x + 4.9159 R2 = 0.893	y = 0.6253x + 4.8147 R2 = 0.8738	3j	Oise 2	3	11,06	1,83
167000	y = 0.573x + 4.664 R2 = 0.9244	y = 0.6055x + 4.2973 R2 = 0.944	y = 0.6216x + 4.064 R2 = 0.9401	y = 0.621x + 4.0541 R2 = 0.9133	y = 0.613x + 4.1254 R2 = 0.8904	y = 0.5929x + 4.4268 R2 = 0.86	y = 0.5723x + 4.7353 R2 = 0.8134	2j	Oise 2	3	13,83	1,34
167820	y = 0.6884x + 4.3875 R2 = 0.8761	y = 0.7131x + 4.1157 R2 = 0.935	y = 0.7079x + 4.1248 R2 = 0.9455	y = 0.703x + 3.9997 R2 = 0.9171	y = 0.703x + 3.9073 R2 = 0.9002	y = 0.6833x + 4.1547 R2 = 0.8809	y = 0.6913x + 4.138 R2 = 0.8551	3j	Oise 2	3	11	1,63
168035	y = 0.7916x + 4.0967 R2 = 0.865	y = 0.8213x + 3.7401 R2 = 0.9174	y = 0.8277x + 3.5858 R2 = 0.9397	y = 0.8452x + 3.1469 R2 = 0.934	y = 0.8302x + 3.2469 R2 = 0.9178	y = 0.8082x + 3.5254 R2 = 0.9009	y = 0.8165x + 3.5185 R2 = 0.872	3j	Oise 2	3	11,13	1,59
168995	y = 0.6719x + 4.6364 R2 = 0.8759	y = 0.7017x + 4.1867 R2 = 0.8965	y = 0.7165x + 3.9983 R2 = 0.8985	y = 0.7299x + 3.857 R2 = 0.8849	y = 0.7506x + 3.5619 R2 = 0.8595	y = 0.7488x + 3.5708 R2 = 0.8526	y = 0.7331x + 3.733 R2 = 0.8227	3j	Seine 6	3	11,26	1,34
169500	y = 0.7029x + 4.8031 R2 = 0.89	y = 0.7269x + 4.46 R2 = 0.9031	y = 0.74x + 4.2955 R2 = 0.906	y = 0.7675x + 3.9717 R2 = 0.8899	y = 0.8015x + 3.5383 R2 = 0.8695	y = 0.7851x + 3.6914 R2 = 0.8369	y = 0.745x + 4.2445 R2 = 0.7911	3j	Seine 6	3	11,33	1,32
171880	y = 0.4844x + 6.1415 R2 = 0.9101	y = 0.5018x + 5.9082 R2 = 0.9189	y = 0.5125x + 5.7754 R2 = 0.9045	y = 0.5252x + 5.5367 R2 = 0.8916	y = 0.5356x + 5.402 R2 = 0.8747	y = 0.5198x + 5.6592 R2 = 0.8445	y = 0.4914x + 6.0302 R2 = 0.7985	2j	Seine 6	3	12,3	1,91
172000	y = 0.6095x + 4.8173 R2 = 0.9234	y = 0.6329x + 4.5061 R2 = 0.9372	y = 0.6494x + 4.3066 R2 = 0.9309	y = 0.6688x + 3.9681 R2 = 0.9265	y = 0.6849x + 3.7647 R2 = 0.9165	y = 0.6653x + 4.0855 R2 = 0.8869	y = 0.6279x + 4.572 R2 = 0.8357	2j	Seine 6	3	12,32	1,43
178000	y = 0.6389x + 5.0631 R2 = 0.8964	y = 0.6606x + 4.8495 R2 = 0.9362	y = 0.6665x + 4.8015 R2 = 0.9365	y = 0.6637x + 4.7058 R2 = 0.9096	y = 0.6687x + 4.5995 R2 = 0.8921	y = 0.6669x + 4.6007 R2 = 0.8729	y = 0.6714x + 4.5273 R2 = 0.8472	3j	Seine 6	3	13,03	2,24
187000	y = 0.8445x + 2.4399 R2 = 0.9222	y = 0.8862x + 1.9447 R2 = 0.9437	y = 0.9149x + 1.5644 R2 = 0.9539	y = 0.9353x + 1.2843 R2 = 0.953	y = 0.9447x + 1.1688 R2 = 0.9428	y = 0.9361x + 1.3463 R2 = 0.9277	y = 0.9178x + 1.7118 R2 = 0.8929	3j	Eure	3	11,58	2,16
189675	y = 0.7617x + 4.1569 R2 = 0.9344	y = 0.7995x + 3.6172 R2 = 0.9547	y = 0.8281x + 3.1834 R2 = 0.9559	y = 0.8575x + 2.7399 R2 = 0.9421	y = 0.8642x + 2.6882 R2 = 0.9334	y = 0.8604x + 2.7653 R2 = 0.926	y = 0.8487x + 3.0541 R2 = 0.8914	3j	Eure	3	12,12	1,13
34000	y = 0.7125x + 4.4646 R2 = 0.8981	y = 0.7258x + 4.2854 R2 = 0.9277	y = 0.7538x + 3.959 R2 = 0.9415	y = 0.7888x + 3.5509 R2 = 0.9385	y = 0.8021x + 3.3727 R2 = 0.9389	y = 0.8221x + 3.0104 R2 = 0.922	y = 0.8458x + 2.6778 R2 = 0.9133	3j	Yonne	4	11,36	1,68
41000	y = 0.7452x + 3.7743 R2 = 0.8886	y = 0.7609x + 3.5853 R2 = 0.9299	y = 0.7699x + 3.5781 R2 = 0.9374	y = 0.7972x + 3.339 R2 = 0.9502	y = 0.8185x + 3.0131 R2 = 0.9457	y = 0.8174x + 2.9174 R2 = 0.9237	y = 0.8203x + 2.8716 R2 = 0.9054	5j	Yonne	4	9,989	1,54
42190	y = 0.7157x + 4.3497 R2 = 0.9045	y = 0.7237x + 4.2108 R2 = 0.94	y = 0.7365x + 4.1496 R2 = 0.9501	y = 0.7677x + 3.903 R2 = 0.9539	y = 0.7827x + 3.6269 R2 = 0.946	y = 0.7799x + 3.5552 R2 = 0.9266	y = 0.7843x + 3.5084 R2 = 0.915	5j	Yonne	4	12,22	0,96
68800	y = 0.657x + 5.1557 R2 = 0.9088	y = 0.6594x + 5.196 R2 = 0.953	y = 0.6729x + 5.1254 R2 = 0.9576	y = 0.6754x + 5.1194 R2 = 0.9287	y = 0.6632x + 5.294 R2 = 0.9054	y = 0.6627x + 5.329 R2 = 0.8661	y = 0.6809x + 5.0989 R2 = 0.8387	3j	Seine	4	13,12	1,94
69000	y = 0.7604x + 3.6936 R2 = 0.8769	y = 0.7811x + 3.4561 R2 = 0.9434	y = 0.8011x + 3.3374 R2 = 0.966	y = 0.8217x + 3.1462 R2 = 0.9641	y = 0.8196x + 3.2286 R2 = 0.952	y = 0.8217x + 3.2081 R2 = 0.9239	y = 0.8328x + 3.0401 R2 = 0.8855	3j	Seine 4	4	10,49	2,10
71550	y = 0.7252x + 3.4125 R2 = 0.905	y = 0.7575x + 3.117 R2 = 0.9526	y = 0.7841x + 2.868 R2 = 0.9616	y = 0.8206x + 2.562 R2 = 0.961	y = 0.833x + 2.3453 R2 = 0.9521	y = 0.8397x + 2.0912 R2 = 0.931	y = 0.8482x + 1.8778 R2 = 0.8988	3j	Seine 4	4	10,94	1,02
73000	y = 0.7381x + 3.4417 R2 = 0.9292	y = 0.7686x + 3.1443 R2 = 0.9501	y = 0.7973x + 2.7854 R2 = 0.955	y = 0.8613x + 2.2613 R2 = 0.9566	y = 0.8736x + 2.2392 R2 = 0.9578	y = 0.8773x + 2.0072 R2 = 0.9506	y = 0.9187x + 1.0757 R2 = 0.9365	7j	Seine 4	4	10,3	1,18
78600	y = 0.8479x + 2.7163 R2 = 0.8701	y = 0.8939x + 2.3185 R2 = 0.9356	y = 0.9104x + 2.1881 R2 = 0.9526	y = 0.9355x + 1.7387 R2 = 0.9513	y = 0.9391x + 1.6228 R2 = 0.9475	y = 0.9647x + 1.3781 R2 = 0.9429	y = 0.9636x + 1.4505 R2 = 0.902	3j	Seine 4	4	11,01	1,54

79150	y = 0.7071x + 3.7101 R2 = 0.8409	y = 0.7316x + 3.4739 R2 = 0.9027	y = 0.7604x + 3.1426 R2 = 0.9307	y = 0.8072x + 2.5764 R2 = 0.9541	y = 0.8393x + 2.1927 R2 = 0.9709	y = 0.8597x + 2.0654 R2 = 0.9596	y = 0.8301x + 2.3493 R2 = 0.8974	7j	Seine 4	4	10,27	1,92
118000	y = 0.6171x + 5.1186 R2 = 0.8922	y = 0.6456x + 4.8127 R2 = 0.9229	y = 0.664x + 4.5729 R2 = 0.9386	y = 0.6923x + 4.2177 R2 = 0.952	y = 0.6902x + 4.1447 R2 = 0.9515	y = 0.6994x + 3.9628 R2 = 0.9418	y = 0.7089x + 3.9057 R2 = 0.9153	5j	Grand Morin	4	11,52	2,01
165020	y = 0.6487x + 4.912 R2 = 0.9015	y = 0.6637x + 4.8387 R2 = 0.9433	y = 0.6608x + 4.8763 R2 = 0.9512	y = 0.6506x + 4.8124 R2 = 0.914	y = 0.654x + 4.7041 R2 = 0.9026	y = 0.6397x + 4.8681 R2 = 0.8931	y = 0.658x + 4.7431 R2 = 0.8811	3j	Oise 2	4	11,37	1,72
189975	y = 0.7378x + 4.081 R2 = 0.9017	y = 0.7664x + 3.7661 R2 = 0.933	y = 0.7993x + 3.3151 R2 = 0.9437	y = 0.8364x + 2.7952 R2 = 0.9493	y = 0.854x + 2.5653 R2 = 0.942	y = 0.8404x + 2.7986 R2 = 0.9256	y = 0.8298x + 3.0305 R2 = 0.8882	5j	Eure	4	11,83	1,25
6000	y = 0.7685x + 4.0479 R2 = 0.8708	y = 0.7781x + 4.1171 R2 = 0.9274	y = 0.7689x + 4.2419 R2 = 0.9482	y = 0.7749x + 4.163 R2 = 0.9453	y = 0.7971x + 3.9258 R2 = 0.9352	y = 0.784x + 4.1 R2 = 0.9151	y = 0.7835x + 4.1244 R2 = 0.8934	3j	Seine a	5	11,07	0,67
12000	y = 0.8173x + 3.8791 R2 = 0.847	y = 0.8293x + 3.9093 R2 = 0.9087	y = 0.8174x + 4.0498 R2 = 0.9309	y = 0.832x + 3.8481 R2 = 0.9461	y = 0.8603x + 3.5545 R2 = 0.9446	y = 0.8475x + 3.7329 R2 = 0.9248	y = 0.8491x + 3.7435 R2 = 0.9032	5j	Seine 2	5	10,19	1,04
14000	y = 0.8254x + 3.8208 R2 = 0.8713	y = 0.8408x + 3.6711 R2 = 0.9025	y = 0.8634x + 3.4036 R2 = 0.9296	y = 0.9208x + 2.6982 R2 = 0.9578	y = 0.957x + 2.2331 R2 = 0.9614	y = 0.9712x + 2.0868 R2 = 0.9496	y = 0.9654x + 2.1774 R2 = 0.9234	7j	Seine 2	5	11,39	2,46
21000	y = 0.7415x + 4.0836 R2 = 0.846	y = 0.7747x + 3.8557 R2 = 0.9159	y = 0.758x + 4.0922 R2 = 0.9429	y = 0.7567x + 4.1373 R2 = 0.9465	y = 0.7673x + 4.0622 R2 = 0.9408	y = 0.754x + 4.3092 R2 = 0.9263	y = 0.7563x + 4.2461 R2 = 0.8982	5j	Aube	5	10,93	0,82
27490	y = 0.7242x + 4.3969 R2 = 0.8522	y = 0.7675x + 3.8489 R2 = 0.9105	y = 0.7943x + 3.4935 R2 = 0.9368	y = 0.8286x + 3.0555 R2 = 0.9478	y = 0.837x + 2.9996 R2 = 0.9466	y = 0.8455x + 2.9937 R2 = 0.947	y = 0.8603x + 2.7673 R2 = 0.9307	5j	Yonne	5	9,916	0,75
29000	y = 0.783x + 4.0739 R2 = 0.8412	y = 0.8332x + 3.44 R2 = 0.8853	y = 0.872x + 2.9458 R2 = 0.9148	y = 0.9178x + 2.3951 R2 = 0.9431	y = 0.9323x + 2.2625 R2 = 0.9498	y = 0.9406x + 2.2824 R2 = 0.9563	y = 0.9536x + 2.0931 R2 = 0.9372	10j	Yonne	5	10,93	1,03
39000	y = 0.8583x + 3.0754 R2 = 0.9111	y = 0.8484x + 3.2093 R2 = 0.9368	y = 0.8276x + 3.5313 R2 = 0.9441	y = 0.8381x + 3.5166 R2 = 0.9498	y = 0.862x + 3.2487 R2 = 0.9498	y = 0.8499x + 3.3328 R2 = 0.9411	y = 0.861x + 3.1151 R2 = 0.9295	5.7j	Yonne	5	12,38	1,17
53000	y = 0.8641x + 3.7999 R2 = 0.8729	y = 0.9131x + 3.2148 R2 = 0.9285	y = 0.9285x + 2.945 R2 = 0.9483	y = 0.9312x + 2.7602 R2 = 0.9532	y = 0.9468x + 2.4876 R2 = 0.9452	y = 0.9365x + 2.6846 R2 = 0.9258	y = 0.9255x + 2.9358 R2 = 0.8939	5j	Loing	5	13,5	1,27
54220	y = 0.7917x + 4.5424 R2 = 0.8283	y = 0.861x + 3.6724 R2 = 0.9106	y = 0.9004x + 3.1566 R2 = 0.9413	y = 0.9076x + 2.9006 R2 = 0.9651	y = 0.9137x + 2.7311 R2 = 0.9619	y = 0.9085x + 2.924 R2 = 0.9494	y = 0.8983x + 3.2314 R2 = 0.9211	5j	Loing	5	11,06	1,21
54660	y = 0.8147x + 4.0808 R2 = 0.7805	y = 0.8963x + 3.2061 R2 = 0.878	y = 0.9292x + 2.9111 R2 = 0.9285	y = 0.9202x + 3.0652 R2 = 0.9717	y = 0.9021x + 3.273 R2 = 0.9746	y = 0.902x + 3.3419 R2 = 0.9522	y = 0.9013x + 3.5481 R2 = 0.9247	7j	Loing	5	11,38	1,06
55000	y = 0.7394x + 5.0153 R2 = 0.8338	y = 0.8066x + 4.29 R2 = 0.9124	y = 0.8418x + 3.7266 R2 = 0.9378	y = 0.8684x + 3.255 R2 = 0.9603	y = 0.873x + 3.098 R2 = 0.9615	y = 0.8659x + 3.3256 R2 = 0.9501	y = 0.8586x + 3.4784 R2 = 0.9157	7j	Loing	5	11	1,11
155000	y = 0.8376x + 3.2997 R2 = 0.8331	y = 0.8609x + 2.9575 R2 = 0.8835	y = 0.8852x + 2.667 R2 = 0.9	y = 0.9354x + 2.0304 R2 = 0.9316	y = 0.9613x + 1.6892 R2 = 0.9355	y = 0.9827x + 1.5639 R2 = 0.9253	y = 0.966x + 1.824 R2 = 0.9093	7j	Aisne	5	14,3	1,16
156000	y = 0.8528x + 3.2242 R2 = 0.8455	y = 0.8817x + 2.7897 R2 = 0.8972	y = 0.9103x + 2.4325 R2 = 0.9134	y = 0.9656x + 1.7826 R2 = 0.9447	y = 0.9908x + 1.4821 R2 = 0.9511	y = 1.013x + 1.3598 R2 = 0.9447	y = 1.0006x + 1.5751 R2 = 0.9276	7j	Aisne	5	15,05	1,41
193000	y = 0.7099x + 5.3843 R2 = 0.8834	y = 0.7322x + 5.1408 R2 = 0.9178	y = 0.7427x + 5.0067 R2 = 0.9321	y = 0.7731x + 4.6672 R2 = 0.9281	y = 0.7822x + 4.5354 R2 = 0.925	y = 0.7917x + 4.3792 R2 = 0.9228	y = 0.7995x + 4.2531 R2 = 0.8907	3j	Eure	5	13,82	2,92
30000	y = 0.7888x + 4.3545 R2 = 0.8348	y = 0.8352x + 3.754 R2 = 0.8755	y = 0.8698x + 3.3137 R2 = 0.9003	y = 0.916x + 2.7168 R2 = 0.93	y = 0.927x + 2.6344 R2 = 0.9426	y = 0.9459x + 2.5088 R2 = 0.9579	y = 0.9613x + 2.2979 R2 = 0.9461	10j	Yonne	6	12,94	1,50
32000	y = 0.7977x + 4.3248 R2 = 0.8408	y = 0.831x + 3.9354 R2 = 0.8685	y = 0.8655x + 3.5108 R2 = 0.8891	y = 0.9147x + 2.9071 R2 = 0.9244	y = 0.9405x + 2.6423 R2 = 0.9347	y = 0.9597x + 2.5727 R2 = 0.9442	y = 0.9706x + 2.5499 R2 = 0.9336	10j	Yonne	6	12,86	2,66
48000	y = 0.8529x + 3.8561 R2 = 0.8851	y = 0.8781x + 3.6214 R2 = 0.9058	y = 0.8933x + 3.5286 R2 = 0.932	y = 0.9316x + 3.1288 R2 = 0.9576	y = 0.9699x + 2.6945 R2 = 0.9687	y = 0.9949x + 2.3942 R2 = 0.969	y = 1.013x + 2.0927 R2 = 0.9528	10j	Seine 4	6	9,387	1,00
63000	y = 0.8572x + 3.9353 R2 = 0.8233	y = 0.8834x + 3.7855 R2 = 0.855	y = 0.9132x + 3.4654 R2 = 0.8934	y = 0.9369x + 3.0291 R2 = 0.9284	y = 0.9548x + 2.8395 R2 = 0.9471	y = 0.9877x + 2.3454 R2 = 0.966	y = 1.032x + 1.5178 R2 = 0.9675	15j	Seine 4	6	10,25	1,65
104000	y = 0.7632x + 4.4168 R2 = 0.8834	y = 0.7817x + 4.4144 R2 = 0.9049	y = 0.8083x + 4.1669 R2 = 0.934	y = 0.8501x + 3.5991 R2 = 0.9586	y = 0.8833x + 3.1379 R2 = 0.9626	y = 0.9038x + 2.8984 R2 = 0.9633	y = 0.9242x + 2.6396 R2 = 0.9515	10j	Marne 4	6	11,46	0,70
109000	y = 0.827x + 3.7684 R2 = 0.8543	y = 0.8424x + 3.7631 R2 = 0.8747	y = 0.8654x + 3.5562 R2 = 0.9004	y = 0.9088x + 2.9975 R2 = 0.9243	y = 0.9527x + 2.4171 R2 = 0.9364	y = 0.9833x + 2.1325 R2 = 0.9524	y = 1.0112x + 1.794 R2 = 0.9559	15j	Marne 5	6	9,307	0,82
111000	y = 0.8381x + 4.1622 R2 = 0.8395	y = 0.8569x + 4.1932 R2 = 0.8453	y = 0.8704x + 4.0912 R2 = 0.8623	y = 0.9122x + 3.4755 R2 = 0.8859	y = 0.9533x + 2.8415 R2 = 0.8912	y = 0.9975x + 2.3113 R2 = 0.917	y = 1.0329x + 1.9403 R2 = 0.9334	15j	Marne 8	6	13,36	2,86

138000	y = 0.82x + 3.7654 R2 = 0.7946	y = 0.8696x + 3.2174 R2 = 0.8566	y = 0.9012x + 2.73 R2 = 0.9049	y = 0.9491x + 2.0776 R2 = 0.9374	y = 0.9686x + 1.7596 R2 = 0.9405	y = 0.9544x + 1.9842 R2 = 0.9368	y = 0.9572x + 2.0181 R2 = 0.9186	7j	Oise 2	6	11,02	1,01
141490	y = 0.8741x + 3.0192 R2 = 0.8207	y = 0.9018x + 2.7385 R2 = 0.867	y = 0.9214x + 2.4907 R2 = 0.8924	y = 0.9585x + 2.1335 R2 = 0.9235	y = 0.9939x + 1.6668 R2 = 0.9449	y = 0.9916x + 1.6092 R2 = 0.9547	y = 1.0053x + 1.388 R2 = 0.9495	10j	Oise 2	6	10,55	1,35
81000	y = 0.8797x + 3.3677 R2 = 0.8665	y = 0.8981x + 3.1995 R2 = 0.8861	y = 0.9121x + 3.0454 R2 = 0.9083	y = 0.9417x + 2.5465 R2 = 0.9278	y = 0.9753x + 2.0307 R2 = 0.9364	y = 0.9973x + 1.6251 R2 = 0.9428	y = 1.0329x + 1.1373 R2 = 0.9409	10j	Seine 5	7	11,69	1,67
81570	y = 0.8747x + 3.3635 R2 = 0.8588	y = 0.888x + 3.2914 R2 = 0.8846	y = 0.9092x + 3.072 R2 = 0.9123	y = 0.942x + 2.6549 R2 = 0.9262	y = 0.9734x + 2.1642 R2 = 0.9403	y = 0.9975x + 1.7024 R2 = 0.9508	y = 1.0313x + 1.1217 R2 = 0.9568	15j	Seine 5	7	11,17	1,84
84470	y = 0.8732x + 3.8075 R2 = 0.7972	y = 0.9051x + 3.5764 R2 = 0.8461	y = 0.9412x + 3.2159 R2 = 0.8724	y = 0.9866x + 2.7612 R2 = 0.9034	y = 1.0332x + 2.1242 R2 = 0.9371	y = 1.0379x + 1.8606 R2 = 0.9569	y = 1.0643x + 1.4704 R2 = 0.9639	15j	Seine 5	7	9,308	0,91
85000	y = 0.8355x + 4.3988 R2 = 0.8007	y = 0.8667x + 4.1706 R2 = 0.8511	y = 0.8998x + 3.8407 R2 = 0.8749	y = 0.9415x + 3.4248 R2 = 0.9027	y = 0.985x + 2.8187 R2 = 0.9288	y = 0.9867x + 2.5999 R2 = 0.943	y = 1.0118x + 2.2281 R2 = 0.9501	15j	Seine 5	7	10,3	0,60
125000	y = 0.841x + 4.1881 R2 = 0.8004	y = 0.8754x + 3.8757 R2 = 0.8465	y = 0.9098x + 3.4956 R2 = 0.8698	y = 0.9556x + 3.041 R2 = 0.9019	y = 0.9961x + 2.5053 R2 = 0.9288	y = 0.9978x + 2.2959 R2 = 0.9438	y = 1.0276x + 1.8815 R2 = 0.9503	15j	Seine 6	7	11,6	0,98
125500	y = 0.878x + 3.6653 R2 = 0.808	y = 0.9076x + 3.4528 R2 = 0.8577	y = 0.9419x + 3.114 R2 = 0.8826	y = 0.9886x + 2.6662 R2 = 0.9136	y = 1.0384x + 2.0366 R2 = 0.9452	y = 1.0312x + 1.9252 R2 = 0.9624	y = 1.0481x + 1.6465 R2 = 0.9639	15j	Seine 6	7	12,11	0,97
126000	y = 0.9143x + 4.2156 R2 = 0.8137	y = 0.9425x + 4.0593 R2 = 0.8571	y = 0.982x + 3.7108 R2 = 0.8821	y = 1.032x + 3.2792 R2 = 0.9097	y = 1.0833x + 2.6661 R2 = 0.9411	y = 1.0715x + 2.5813 R2 = 0.9567	y = 1.0884x + 2.3292 R2 = 0.9561	10j	Seine 6	7	13,26	1,16
126511	y = 0.9036x + 4.093 R2 = 0.8052	y = 0.9336x + 3.6871 R2 = 0.8466	y = 0.9734x + 3.3247 R2 = 0.8744	y = 1.0347x + 2.7217 R2 = 0.9056	y = 1.0638x + 2.466 R2 = 0.9374	y = 1.0499x + 2.5232 R2 = 0.9614	y = 1.0742x + 2.1073 R2 = 0.9669	15j	Seine 6	7	14,14	1,05
127370	y = 0.921x + 3.7704 R2 = 0.7839	y = 0.9478x + 3.4165 R2 = 0.8324	y = 0.9776x + 3.1998 R2 = 0.8619	y = 1.0318x + 2.7058 R2 = 0.8959	y = 1.0653x + 2.3838 R2 = 0.9288	y = 1.0517x + 2.449 R2 = 0.9589	y = 1.0843x + 1.915 R2 = 0.9676	15j	Seine 6	7	9,649	1,04
128000	y = 0.8931x + 4.0919 R2 = 0.787	y = 0.9253x + 3.663 R2 = 0.832	y = 0.9657x + 3.2929 R2 = 0.8611	y = 1.0278x + 2.6807 R2 = 0.8941	y = 1.0581x + 2.4118 R2 = 0.928	y = 1.0475x + 2.4345 R2 = 0.9574	y = 1.0746x + 1.9881 R2 = 0.9681	15j	Seine 6	7	10,66	1,29
172510	y = 0.9195x + 3.8924 R2 = 0.8166	y = 0.9346x + 3.8211 R2 = 0.8546	y = 0.973x + 3.4656 R2 = 0.8805	y = 1.0168x + 3.0647 R2 = 0.9042	y = 1.0767x + 2.388 R2 = 0.9344	y = 1.0729x + 2.2226 R2 = 0.9535	y = 1.0916x + 1.9463 R2 = 0.9545	15j	Seine 6	7	11,61	0,87
173250	y = 0.9114x + 4.1443 R2 = 0.8068	y = 0.9375x + 3.9343 R2 = 0.8478	y = 0.9805x + 3.5404 R2 = 0.8738	y = 1.033x + 3.0602 R2 = 0.8998	y = 1.0748x + 2.6256 R2 = 0.9337	y = 1.0743x + 2.4273 R2 = 0.9529	y = 1.0976x + 2.1003 R2 = 0.9562	15j	Seine 6	7	13,58	1,01
174000	y = 0.8899x + 4.5005 R2 = 0.7848	y = 0.922x + 4.1928 R2 = 0.8191	y = 0.9562x + 3.8501 R2 = 0.8431	y = 1.0236x + 3.0678 R2 = 0.8749	y = 1.0639x + 2.6321 R2 = 0.9013	y = 1.0903x + 2.3787 R2 = 0.9321	y = 1.1121x + 2.1265 R2 = 0.9404	15j	Seine 6	7	12,44	2,28
184000	y = 0.8197x + 5.1425 R2 = 0.7636	y = 0.8634x + 4.7125 R2 = 0.7955	y = 0.9059x + 4.2437 R2 = 0.8266	y = 0.9725x + 3.5108 R2 = 0.8726	y = 1.0217x + 2.9698 R2 = 0.9027	y = 1.0599x + 2.6227 R2 = 0.9366	y = 1.0809x + 2.431 R2 = 0.9502	15j	Seine 7	7	11,62	2,29
185000	y = 0.7941x + 5.2085 R2 = 0.7491	y = 0.8361x + 4.7953 R2 = 0.7798	y = 0.8763x + 4.3519 R2 = 0.8084	y = 0.939x + 3.6605 R2 = 0.8503	y = 0.9881x + 3.1225 R2 = 0.8824	y = 1.0303x + 2.7307 R2 = 0.925	y = 1.0564x + 2.4906 R2 = 0.9508	15j	Seine 7	7	10,03	1,39

Annexe 2

Code station	a	b	R ²	Nombre de jour sur lequel la moyenne de température maximise le R ²	Sous bassin versant	Ordre de Strahler	Heure décimale de mesure : moyenne	Heure décimale de mesure : écart-type	Pente moyenne en amont de la station (%)	Longueur amont du cours d'eau (km)	Surface contributive (km ²)	Altitude du point de mesure (m)
47490	0,52	6,2	0,82	2	Seine 4	1	12,42	2,25	0,1	18565	229	61
51500	0,81	2,6	0,93	2	Seine 4	1	12,30	2,08	0,4	7514	11	62
133000	0,88	1,9	0,94	5	Oise a	1	11,19	1,42	0,3	4956	10	35
138390	0,34	7,5	0,87	2	Oise 2	1	11,14	1,48	0,6	12292	110	50
13620	0,75	3,3	0,94	2	Seine 2	2	13,62	1,66	0,7	16869	43	68
65000	0,65	6,7	0,87	2	Seine 4	2	12,50	1,48	0,2	60195	286	100
76000	0,95	1,9	0,95	5	Seine 4	2	12,15	1,22	2,8	5804	11	80
134730	0,50	5,2	0,89	2	Oise 2	2	11,55	1,51	0,7	17029	99	55
140400	0,69	4,1	0,93	3	Oise 2	2	13,58	1,52	1,0	38502	194	48
168400	0,75	3,6	0,91	10	Seine 6	2	11,00	1,63	1,0	17560	50	66
204000	0,29	8,3	0,72	2	Seine 7	2	12,60	2,51	0,8	23127	214	11
13300	0,53	6,3	0,85	3	Seine 2	3	13,38	1,45	0,4	103849	287	63
33000	0,82	2,3	0,95	3	Yonne	3	11,55	1,87	1,4	218149	421	145
36280	0,79	4,0	0,95	5	Yonne	3	12,40	1,25	1,0	481469	1367	85
52134	0,88	3,1	0,94	3	Loing	3	13,24	1,25	0,4	148986	412	115
66000	0,84	3,0	0,96	3	Seine 4	3	11,64	1,90	0,2	148632	820	66
68800	0,67	5,1	0,96	3	Seine	3	13,12	1,94	0,3	78496	744	69
75000	0,63	3,9	0,94	3	Seine 4	3	11,48	1,00	0,8	74731	158	80
77000	0,87	2,1	0,96	7	Seine 4	3	9,70	1,07	1,1	115691	279	49
78510	0,83	2,8	0,94	3	Seine 4	3	11,00	1,45	0,3	58334	124	87
109660	0,56	4,9	0,91	5	Marne 6	3	11,32	1,41	0,6	62469	179	65
114000	0,75	3,3	0,97	5	Petit Morin	3	11,30	1,02	1,2	168512	616	66
117310	0,50	5,9	0,92	5	Grand Morin	3	11,58	1,02	0,9	216540	496	93
119590	0,92	2,2	0,91	3	Grand Morin	3	12,91	2,23	0,6	79970	217	114
120980	0,70	3,5	0,94	5	Marne 8	3	10,91	1,80	0,7	53544	166	45
134800	0,70	3,5	0,93	2	Oise 2	3	11,65	1,58	0,6	65570	300	37
137685	0,93	2,0	0,94	5	Oise 2	3	13,93	1,61	0,6	59882	211	25
163000	0,63	4,8	0,96	3	Oise 2	3	11,06	1,83	0,4	69369	483	41
167000	0,61	4,3	0,94	2	Oise 2	3	13,83	1,34	0,8	44563	115	41
167820	0,71	4,1	0,95	3	Oise 2	3	11,00	1,63	0,2	79449	415	50
168035	0,83	3,6	0,94	3	Oise 2	3	11,13	1,59	0,2	79449	415	35
168995	0,72	4,0	0,90	3	Seine 6	3	11,26	1,34	0,9	91740	235	56
169500	0,74	4,3	0,91	3	Seine 6	3	11,33	1,32	0,9	126793	334	40
171880	0,50	5,9	0,92	2	Seine 6	3	12,30	1,91	0,8	41890	160	45
172000	0,63	4,5	0,94	2	Seine 6	3	12,32	1,43	0,8	50770	185	23
178000	0,67	4,8	0,94	3	Seine 6	3	13,03	2,24	0,6	359427	1475	25
187000	0,91	1,6	0,95	3	Eure	3	11,58	2,16	0,5	126511	318	157
189675	0,83	3,2	0,96	3	Eure	3	12,12	1,13	0,5	76162	231	110
6000	0,77	4,2	0,95	3	Seine a	4	11,07	0,67	0,6	1005103	3967	81
34000	0,75	4,0	0,94	3	Yonne	4	11,36	1,68	2,0	626973	1312	115
41000	0,80	3,3	0,95	5	Yonne	4	9,99	1,54	2,4	360575	795	206
42190	0,77	3,9	0,95	5	Yonne	4	12,22	0,96	0,6	259530	610	100
69000	0,80	3,3	0,97	3	Seine 4	4	10,49	2,10	0,2	252118	1848	54

71550	0,78	2,9	0,96	3	Seine 4	4	10,94	1,02	0,7	204123	521	46
73000	0,87	2,2	0,96	7	Seine 4	4	10,30	1,18	0,9	363328	937	40
78600	0,91	2,2	0,95	3	Seine 4	4	11,01	1,54	0,4	354382	815	62
79150	0,84	2,2	0,97	7	Seine 4	4	10,27	1,92	0,4	400851	915	49
118000	0,69	4,2	0,95	5	Grand Morin	4	11,52	2,01	0,8	325870	777	69
165020	0,66	4,9	0,95	3	Oise 2	4	11,37	1,72	0,7	215595	868	54
189975	0,84	2,8	0,95	5	Eure	4	11,83	1,25	0,4	606385	2093	85
12000	0,83	3,8	0,95	5	Seine 2	5	10,19	1,04	0,6	2364582	9081	64
14000	0,96	2,2	0,96	7	Seine 2	5	11,39	2,46	0,5	2724367	10272	61
21000	0,76	4,1	0,95	5	Aube	5	10,93	0,82	0,5	1243120	4592	72
27490	0,83	3,1	0,95	5	Yonne	5	9,92	0,75	1,9	1414422	3507	104
29000	0,94	2,3	0,96	10	Yonne	5	10,93	1,03	1,6	2034283	5233	85
39000	0,86	3,2	0,95	7	Yonne	5	12,38	1,17	1,4	1172789	3079	85
53000	0,93	2,8	0,95	5	Loing	5	13,50	1,27	0,5	880816	2414	81
54220	0,91	2,9	0,97	5	Loing	5	11,06	1,21	0,5	1126844	3669	69
54660	0,90	3,3	0,97	7	Loing	5	11,38	1,06	0,5	1126844	3669	54
55000	0,87	3,1	0,96	7	Loing	5	11,00	1,11	0,5	1187048	3946	50
155000	0,96	1,7	0,94	7	Aisne	5	14,30	1,16	0,8	2677611	7744	37
156000	0,99	1,5	0,95	7	Aisne	5	15,05	1,41	0,8	2745855	7961	36
193000	0,74	5,0	0,93	3	Eure	5	13,82	2,92	0,5	1435829	6000	7
30000	0,95	2,5	0,96	10	Yonne	6	12,94	1,50	1,5	3452798	9276	70
32000	0,96	2,6	0,94	10	Yonne	6	12,86	2,66	1,5	3718200	10839	50
48000	0,99	2,4	0,97	10	Seine 4	6	9,39	1,00	1,0	7983974	26509	40
63000	1,03	1,5	0,97	15	Seine 4	6	10,25	1,65	1,0	8694003	29635	36
104000	0,90	2,9	0,96	10	Marne 4	6	11,46	0,70	0,9	2068126	6545	78
109000	1,01	1,8	0,96	15	Marne 5	6	9,31	0,82	1,2	2828905	8842	55
111000	1,03	1,9	0,93	15	Marne 8	6	13,36	2,86	1,1	4159740	12508	40
134000	0,95	1,8	0,94	7	Oise 2	6	12,91	1,95	0,8	4576224	13070	32
138000	0,97	1,8	0,94	7	Oise 2	6	11,02	1,01	0,8	5292466	16178	25
141490	0,99	1,6	0,95	10	Oise 2	6	10,55	1,35	0,8	5472762	16973	24
81000	1,00	1,6	0,94	10	Seine 5	7	11,69	1,67	1,0	13408597	43575	32
81570	1,03	1,1	0,96	15	Seine 5	7	11,17	1,84	1,0	13511415	44057	30
84470	1,06	1,5	0,96	15	Seine 5	7	9,31	0,91	1,0	13656078	44671	25
85000	1,01	2,2	0,95	15	Seine 5	7	10,30	0,60	1,0	13656078	44671	24
125000	1,03	1,9	0,95	15	Seine 6	7	11,60	0,98	0,9	19150933	61755	23
125500	1,05	1,6	0,96	15	Seine 6	7	12,11	0,97	0,9	19150933	61755	22
126000	1,07	2,6	0,96	10	Seine 6	7	13,26	1,16	1,3	18049	55	22
126511	1,07	2,1	0,97	15	Seine 6	7	14,14	1,05	0,9	19366640	62400	22
127370	1,08	1,9	0,97	15	Seine 6	7	9,65	1,04	0,9	19442663	62794	18
128000	1,07	2,0	0,97	15	Seine 6	7	10,66	1,29	0,9	19475484	62913	18
172510	1,09	1,9	0,95	15	Seine 6	7	11,61	0,87	0,9	19866070	64594	11
173250	1,10	2,1	0,96	15	Seine 6	7	13,58	1,01	0,9	19892212	64653	10
174000	1,11	2,1	0,94	15	Seine 6	7	12,44	2,28	0,9	19930116	64940	12
184000	1,08	2,4	0,95	15	Seine 7	7	11,62	2,29	0,9	21654303	72685	5
185000	1,06	2,5	0,95	15	Seine 7	7	10,03	1,39	0,9	21715184	73294	5

Annexe 3

- Gland, Frayere, ordre 1

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
02/1997	10,32	3,15	7,96	0,00
03/1997	9,83	1,02	1,83	2,13
04/1997	11,65	1,18	2,66	1,19
05/1997	15,42	2,14	3,79	1,61

- Montcient, ordre 1

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
07/1996	12,99	0,95	2,04	0,62
08/1996	12,76	0,73	1,50	0,63
09/1996	12,21	1,67	2,33	2,89

- Sausseron, ordre 2

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
07/1996	15,59	0,86	1,73	0,44
08/1996	15,00	0,85	1,21	0,44
09/1996	12,35	0,98	1,04	0,34
10/1996	11,12	0,87	0,86	0,37

- Treuzy, Lunain, ordre 2

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
07/1996	18,22	1,07	2,19	0,58
08/1996	16,97	1,23	1,34	0,67
09/1996	13,62	1,43	1,35	1,62

- Viosne, ordre 2

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
07/1996	17,54	0,91	2,03	0,61
08/1996	16,35	1,04	1,42	0,58
09/1996	13,18	1,13	1,22	0,38
10/1996	11,72	0,88	0,88	0,31

Yerres, ordre 4

mois	Moyenne des températures de l'eau	Ecart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Ecart type des amplitudes
01/1997	2,42	0,88	0,24	0,16
02/1997	6,06	2,13	0,60	0,29
03/1997	9,95	0,66	0,69	0,32
04/1997	11,88	1,28	1,55	1,73
07/1996	20,16	1,53	3,22	1,73
08/1996	18,88	1,43	1,79	1,20
09/1996	14,44	1,41	1,38	0,58
10/1996	11,75	0,84	0,80	0,43
11/1996	8,26	2,32	0,36	0,19
12/1996	5,12	1,79	0,39	0,24

• Jablines, Marne, ordre 6

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
01/1997	2,03	1,64	0,25	0,15
02/1997	6,18	1,56	0,34	0,13
03/1997	10,03	0,51	0,43	0,22
04/1997	12,14	0,54	0,60	0,20
05/1997	16,21	1,79	0,69	0,35
06/1997	19,79	1,44	0,72	0,36
07/1997	20,16	1,92	0,62	0,22
08/1997	23,26	1,26	0,59	0,16
09/1996	14,90	0,72	1,37	1,95
09/1997	19,08	1,44	0,55	0,66
10/1996	13,12	0,79	0,34	0,13
11/1996	8,62	2,39	0,27	0,18
12/1996	5,26	1,53	0,35	0,25

• Poses, Seine, ordre 7

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau
35247,00	22,57	0,58	0,79
35278,00	21,83	0,86	0,54
35309,00	18,41	1,06	0,48

• Epinay, Seine, ordre 7

mois	Moyenne des températures de l'eau	Écart type des températures	Moyenne des amplitudes journalières des températures de l'eau	Écart type des amplitudes
07/1996	23,05	0,76	0,82	0,25
08/1996	21,61	1,27	0,69	0,36
09/1996	18,40	0,92	0,82	1,53

Annexe 4

Code station	R ² Teau calculée / Teau mesurée	Sous bassin versant	Ordre de Strahler
47490	0,8155	Seine 4	1
51500	0,9301	Seine 4	1
133000	0,907	Oise a	1
138390	0,8713	Oise 2	1
13620	0,9395	Seine 2	2
65000	0,9432	Seine 4	2
76000	0,9248	Seine 4	2
134730	0,8879	Oise 2	2
140400	0,9232	Oise 2	2
168400	0,8826	Seine 6	2
204000	0,7183	Seine 7	2
13300	0,845	Seine 2	3
33000	0,9383	Yonne	3
36280	0,9478	Yonne	3
52134	0,936	Loing	3
66000	0,9556	Seine 4	3
68800	0,9287	Seine	3
75000	0,934	Seine 4	3
77000	0,9555	Seine 4	3
78510	0,9334	Seine 4	3
109660	0,9106	Marne 6	3
114000	0,9699	Petit Morin	3
117310	0,9162	Grand Morin	3
119590	0,8957	Grand Morin	3
120980	0,9436	Marne 8	3
134800	0,911	Oise 2	3
137685	0,9354	Oise 2	3
163000	0,9218	Oise 2	3
167000	0,9133	Oise 2	3
167820	0,9171	Oise 2	3
168035	0,934	Oise 2	3
168995	0,86849	Seine 6	3
169500	0,8899	Seine 6	3
171880	0,8916	Seine 6	3
172000	0,9265	Seine 6	3
178000	0,9096	Seine 6	3
187000	0,953	Eure	3
189675	0,9559	Eure	3
6000	0,9453	Seine a	4
34000	0,9385	Yonne	4
41000	0,9502	Yonne	4
42190	0,9539	Yonne	4
69000	0,9641	Seine 4	4

71550	0,961	Seine 4	4
73000	0,9566	Seine 4	4
78600	0,9513	Seine 4	4
79150	0,958	Seine 4	4
118000	0,952	Grand Morin	4
165020	0,914	Oise 2	4
189975	0,9493	Eure	4
12000	0,9459	Seine 2	5
14000	0,9614	Seine 2	5
21000	0,9427	Aube	5
27490	0,9466	Yonne	5
29000	0,9498	Yonne	5
39000	0,9517	Yonne	5
53000	0,9452	Loing	5
54220	0,9619	Loing	5
54660	0,9746	Loing	5
55000	0,9615	Loing	5
155000	0,9355	Aisne	5
156000	0,9511	Aisne	5
193000	0,925	Eure	5
30000	0,9579	Yonne	6
32000	0,9442	Yonne	6
48000	0,969	Seine 4	6
63000	0,966	Seine 4	6
104000	0,9633	Marne 4	6
109000	0,9524	Marne 5	6
111000	0,917	Marne 8	6
134000	0,9335	Oise 2	6
138000	0,9368	Oise 2	6
141490	0,9547	Oise 2	6
81000	0,9332	Seine 5	7
81570	0,9568	Seine 5	7
84470	0,9655	Seine 5	7
85000	0,9519	Seine 5	7
125000	0,9523	Seine 6	7
125500	0,9656	Seine 6	7
126000	0,958	Seine 6	7
126511	0,9669	Seine 6	7
127370	0,9676	Seine 6	7
128000	0,9681	Seine 6	7
172510	0,9558	Seine 6	7
173250	0,9562	Seine 6	7
174000	0,9404	Seine 6	7
184000	0,9502	Seine 7	7
185000	0,9508	Seine 7	7