

**ANALYSE STATISTIQUE
COMPARATIVE DES
TEMPÉRATURES DE L'EAU SUR LES
BASSINS VERSANTS DE LA RÉGION
DE CHARLEVOIX**

Rapport de recherche R-723

Février 2004

**ANALYSE STATISTIQUE COMPARATIVE DES
TEMPÉRATURES DE L'EAU SUR LES BASSINS VERSANTS DE
LA RÉGION DE CHARLEVOIX**

Rapport de recherche

par

Patrick Gagnon

André St Hilaire

André Plamondon

Martin Seto

Bernard Bobée

Chaire industrielle Hydro-Québec / CRSNG / Alcan en Hydrologie statistique

Institut national de la recherche scientifique (INRS)

Centre Eau, Terre et Environnement

2800 rue Einstein CP 7500 Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Rapport de recherche R-723

Février 2004

Référence

Gagnon, P., A. St-Hilaire, A. Plamondon, M. Seto et B. Bobée (2004). Analyse statistique comparative des températures de l'eau sur les bassins versants de la région de Charlevoix. INRS-ETE, rapport de recherche R-723, iv +71 pages.

© INRS-ETE, 2004

ISBN: 2-89146-518-0

TABLE DES MATIÈRES

Table des Matières.....	i
Liste des tableaux	iii
Liste des figures.....	iv
1.0 Introduction.....	1
2.0 Objectifs Spécifiques du projet.....	2
3.0 Méthodologie proposée	3
3.1 Site de l'étude et données récoltées	3
3.2 Normalité des échantillons.....	4
3.3 Analyse de variance	5
3.4 Détection de non stationnarité.....	7
3.5 Comparaison de deux pentes de régression	9
3.6 Analyse des composantes principales	10
3.7 Régression linéaire multiple.....	11
4.0 Résultats.....	13
4.1 Analyse de variance.....	13
4.2 Stationnarité	16
4.3 Corrélation entre température et aire coupée	19
5.0 Analyse en composantes principales	21
6.0 Régression linéaire multiple	24
7.0 Discussion.....	27
8.0 Conclusion	27
9.0 Références.....	29
Annexe 1 : Statistiques descriptives des stations.....	31

Annexe 2 : Statistiques descriptives des bassins	35
Annexe 3 : Aires équivalentes de coupe en fonction du temps	39
Annexe 4 : Statistique du test de <i>Lilliefors</i> des bassins où l'hypothèse de normalité est rejetée	40
Annexe 5 : Résultats du test de <i>Lilliefors</i> sur les données transformées par <i>boxcox</i>	42
Annexe 6 : Comparaisons des rangs moyens de chaque bassin	44
Annexe 7. Résidus des stations où la stationnarité a été rejetée	45
Annexe 8. Résultats des régressions avant et après coupe, des tests sur les pentes et graphique des données des bassins où l'égalité des pentes est rejetée.....	47
Annexe 9. Températures journalières mesurées durant l'étude sur chaque bassin.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats du test de normalité de Lilliefors	13
Tableau 2 : Résultat de l'ANOVA de Kruskal-Wallis sur les différences de moyennes	14
Tableau 3 : Résultat de l'ANOVA de Kruskal-Wallis sur les différences de moyennes entre les bassins à l'état naturel et ceux ayant subi une coupe forestière.	16
Tableau 4 : Résultats du test de Kendall appliqué sur les résidus des températures moyennes hebdomadaires pour chaque station	17
Tableau 5. Résultat du test sur l'égalité entre la pente avant et la pente après la coupe	18
Tableau 6. Résultat des corrélations entre température moyenne et « aire coupée »	19
Tableau 7. Résultat des corrélations entre température maximale et « aire coupée »	20
Tableau 8. Résultat des corrélations entre température minimale et « aire coupée »	20
Tableau 9. Pourcentage de variance expliqué par chaque facteur	21
Tableau 10. Modèles retenus avec la régression pas à pas progressive (stepwise forward) sur les températures moyennes	25
Tableau 11. Modèles retenus avec la régression pas à pas progressive (stepwise forward) sur les températures maximales	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Intervalles de confiance des rangs pour les stations (test de Kruskal-Wallis qui compare les échantillons des trois années).....	15
Figure 2 : Illustration du pourcentage de variance expliqué par chaque facteur	22
Figure 3 : Projection des saturations des variables explicatives sur les facteurs 1 et 2 provenant de l'ACP après rotation varimax.....	23

1.0 INTRODUCTION

La température de l'eau est une des variables abiotiques les plus importantes pour le maintien de l'intégrité des écosystèmes aquatiques. Dans les régions nordiques, le régime thermique des cours d'eau est généralement caractérisé par une période de gel qui peut durer plus de trois mois. Par la suite, les températures suivent généralement un cycle saisonnier similaire à celui de la température de l'air, mais avec un décalage temporel qui peut être important (Caissie et al. 1998, Preece et Jones, 2002). En plus d'avoir un impact important sur la qualité de l'eau (notamment sur les concentrations d'oxygène dissous), cette variable joue un rôle prépondérant sur le cycle de vie de nombreux organismes vivants, des plus petits organismes planctoniques jusqu'aux poissons qui habitent nos cours d'eau.

Plusieurs études ont porté sur l'influence de la température sur les poissons. Par exemple, Hodgson et Quinn (2002) ont analysé l'influence de la température sur le déclenchement de la période de fraie du saumon sockeye (*Oncorhynchus nerka*) de la côte ouest nord-américaine. Au-dessus d'un seuil de 19 °C, le comportement de cette espèce est modifié (recherche de refuge thermique). Certaines populations soumises à des températures plus chaudes vont alors attendre une baisse significative de la température avant d'entreprendre leur migration vers des zones de fraie. Sur la côte est du Canada, certaines études ont démontré l'influence prépondérante de la température sur l'éclosion et la croissance des saumons Atlantique, *Salmo salar* (Johnston 1997, Swansburg et al., 2002).

Bien que le régime thermique des cours d'eau soit en grande partie modulé par les intrants thermiques tels que la radiation solaire et les flux à l'interface air-eau (Morin et Couillard, 1990, Sinokrot et al. 1994), les impacts anthropiques sont non négligeables. Par exemple, Swansburg et al. (2002) ont étudié l'effet des changements climatiques anticipés sur le budget thermique de la rivière Miramichi. L'impact de la construction d'aménagements hydroélectriques ont été étudiés par plusieurs auteurs (Webb et Wallisien, 1993; Caron et Rajasthan, 2001; Preece et Jones, 2002).

Au Canada, la coupe forestière, qui est une industrie importante, peut modifier significativement le régime thermique des cours d'eau. Avant l'avènement de réglementations stipulant qu'une lisière de végétation doit être laissée le long des rives des cours d'eau, l'impact principal des

coupes forestières consistait à augmenter la radiation solaire incidente à la surface des rivières, ce qui résultait en des augmentations significatives des températures moyennes et maximales (Gray et Eddington, 1969, Brown et Krieger, 1970, Jour donnais, 1992, Jim et Eck, 1995). Bien que l'utilisation de zones tampons permet d'atténuer cet effet, les écoulements de surface et hypodermiques provenant des zones ayant subi une déforestation importante peuvent être soumis à de plus grandes variations de température que ceux provenant des zones plus ombragées, et de ce fait, vont contribuer à la modification du régime thermique. Or ces apports peuvent être non négligeables sur certains bassins versants forestiers, surtout lors d'épisodes pluvieux estivaux (St Hilaire et al., 2003).

La présente étude utilise une approche différente, qui consiste à comparer par analyses statistiques le régime thermique de 27 petits bassins versants de la région de Charlevoix, (Québec). Les températures de l'eau de plusieurs bassins versants ayant subi des coupes forestières entre 1982 et 1984 sont comparées à celles de sites contrôles, situés dans les bassins n'ayant pas été coupés.

2.0 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DU PROJET

Le premier objectif de ce projet consiste à comparer les températures de l'eau des différents bassins versants étudiés, dont plusieurs ont subi des coupes forestières. Plusieurs méthodes d'analyse statistique comparatives, décrites dans la section 3 de ce rapport, ont permis de comparer les moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles des températures mesurées sur les différents bassins versants.

Étant donné le nombre important de variables physiographiques et hydrologiques pouvant affectées le budget thermique d'un cours d'eau, le second objectif de ce projet consiste à déterminer quelles sont les variables qui doivent être considérées afin de modéliser les températures moyennes de l'eau. Cette approche permet aussi de différencier la variation de la température moyenne imputable à la physiographie et au régime hydrologique naturel de celle imputable aux pratiques forestières sur les bassins versants.

Finalement, une étude de l'impact de la coupe forestière sur les températures de l'eau a été réalisée en prenant en compte les pourcentages de la superficie des bassins versants ayant été coupés dans les analyses statistiques comparatives.

Le présent rapport décrit, dans la section 3, les outils statistiques utilisés pour réaliser l'étude. Les sections 4, 5 et 6 présentent les résultats et une discussion (section 7) complète l'analyse.

3.0 MÉTHODOLOGIE PROPOSÉE

3.1 SITE DE L'ÉTUDE ET DONNÉES RÉCOLTÉES

Les 27 bassins versants étudiés sont tous situés dans la région de Charlevoix, sur la rive nord du fleuve St-Laurent, à environ 150 Km au nord-est de Québec. Ces bassins versants ont des superficies qui varient entre 0,30 et 4,51 km². Des observations de température ponctuelles ont été prises durant la saison sans glace (mai à novembre) de 1982 à 1984 (annexe 9).

Les moyennes et écarts-types de température ont été calculées pour chaque station à chaque année, sur l'ensemble des trois années et pour les mois de mai et juin combinés, le mois de juillet et le mois d'août (annexe 1). Ces statistiques n'ont pas été calculées pour les mois de septembre, octobre et novembre parce que le nombre de mesures durant cette période est trop faible. Les mêmes calculs ont été effectués à l'échelle de chaque bassin en regroupant les stations de mesures situés sur le même bassin, lorsqu'il y en a plus d'une (annexe 2). Dans ce cas, on utilise les moyennes journalières de toutes les observations concomitantes sur le bassin. Les analyses statistiques qui porteront sur les bassins seront faites à partir de ces moyennes journalières et non à partir des données brutes. De plus, 14 variables physiographiques et hydrographiques ont été mesurées et peuvent être regroupées en deux catégories:

1- Les caractéristiques physiographiques du bassin :

- aire totale (β_1) ;
- aire des lacs (β_2) ;
- rapport (aire des lacs)/(aire totale) (β_3) ;

- altitude minimale (β_4) ;
- altitude maximale (β_5) ;
- altitude moyenne (β_6).
- Pente moyenne du bassin (β_7).

2- Les caractéristiques physiques se rattachant au réseau hydrographique :

- Pente moyenne du ruisseau (β_8) ;
- pente moyenne de la rive gauche (β_9) ;
- pente moyenne de la rive droite (β_{10}) ;
- longueur du cours d'eau principal (β_{11}) ;
- longueur totale des cours d'eau (β_{12}) ;
- densité de drainage (β_{13}) ;
- épaisseur de la matière organique le long des cours d'eau (β_{14}).

Une autre variable, appelée « aire coupée », a été définie. Elle représente le pourcentage de la superficie équivalente coupée sur un bassin. Cette variable a été calculée pour les mois de mai et juin combinés en 1983 et 1984 et pour juillet et août de 1982 à 1984. Elle contient le pourcentage des coupes effectuées durant la période et des coupes effectuées antérieurement, pour lesquelles les coefficients d'atténuation des coupes dans le temps ont été considérés (annexe 3). Le pourcentage des coupes effectuées durant une période a été déterminé comme étant la moyenne entre le pourcentage de coupe effectué au début et celui à la fin de la période, eux-mêmes déterminés à partir des dates de début et de fin des coupes, en supposant que le rythme de la coupe fut constant pendant la durée de la coupe.

3.2 NORMALITÉ DES ÉCHANTILLONS

Étant donné que la normalité des échantillons est une des hypothèses sous-jacente à de nombreux tests statistiques, il convient, en premier lieu, de vérifier cette hypothèse :

H_0 : les données proviennent d'une loi Normale.

Pour ce faire, le test de *Lilliefors* (Conover, 1980) qui compare la distribution des données avec une distribution normale de moyenne et de variance estimée à partir de l'échantillon a été utilisé. Le test procède à cette comparaison en utilisant le maximum de la différence entre les deux distributions :

$$\max \left(\left| F(x) - \Phi \left(\frac{x - \bar{X}}{s} \right) \right| \right) \quad (1)$$

où $F(x)$ est la proportion d'éléments de l'échantillon plus petits ou égaux à x et $\Phi \left(\frac{x - \bar{X}}{s} \right)$ est la proportion d'éléments plus petits ou égaux à x qui provient d'une normale de moyenne μ et de variance σ^2 estimées par \bar{X} et s^2 , la moyenne et la variance de l'échantillon.

Il arrive souvent que l'hypothèse de normalité soit rejetée. On peut alors tenter d'appliquer une transformation aux données afin de rendre la distribution de l'échantillon normale. Une transformation fréquemment utilisée pour des données positivement bornées est celle de BoxCox (Box, et Cox, 1964) :

$$\begin{aligned} y &= \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{si } \lambda \neq 0 \\ y &= \ln(x) \quad \text{si } \lambda = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

où y est la donnée transformée, x est la donnée originale et λ est choisi arbitrairement.

3.3 ANALYSE DE VARIANCE

L'analyse de variance à un facteur est utilisée afin de vérifier l'hypothèse H_0 : les moyennes de température des bassins sont toutes égales.

Lorsqu'on a des données indépendantes, normalement distribuées et de même variance, une analyse de variance à un facteur (*one-way ANOVA*) peut être utilisée. Ce test compare la variance

entre les échantillons avec les variances à l'intérieur des échantillons en calculant une statistique F :

$$SST = \sum_{i=1}^s (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2 \approx \chi_{(s-1)}^2 \text{ (variance inter-échantillons)} \quad (3)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{X}_i)^2 \approx \chi_{(N-s)}^2 \text{ (variance intra-échantillons)} \quad (4)$$

$$F = \frac{SST / (s-1)}{SSE / (N-s)} \approx F(s-1, N-s) \text{ (sous } H_0) \quad (5)$$

où N = nombre totale de données ;

$\bar{X}_{..}$ = moyenne de toutes les données ;

s = nombre d'échantillon ;

\bar{X}_i = moyenne de l'échantillon i ;

n_i = nombre de données dans l'échantillon i .

Si toutes les moyennes et variances théoriques sont égales et que les échantillons sont normalement distribués, F suit approximativement une distribution de Fisher de degrés de liberté $(s-1)$ et $(N-s)$.

Lorsque les données ne sont pas distribuées normalement, il est plus approprié d'utiliser un test non paramétrique. Ainsi, on peut utiliser un test où l'on remplace les données par leur rang. Dans cette étude, le test non paramétrique utilisé est celui de Kruskal-Wallis (Dickinson Gibbons, 1993), qui donne une statistique K calculée de la façon suivante :

$$K = \frac{\left[\frac{12}{N(N+1)} \times \sum_{i=1}^s \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)}{1 - \frac{\sum_{j=1}^e d_j^3 - d_j}{N^3 - N}} \approx \chi^2_{(s-1)} \text{ (sous } H_0 \text{)} \quad (6)$$

- où N = nombre total de données ;
 R_i = somme des rangs de l'échantillon i ;
 n_i = nombre de données de l'échantillon i ;
 s = nombre d'échantillons ;
 d_j = nombre de données ayant le rang j ;
 e = nombre total de rangs différents.

Note : Si on a aucune égalité de rang, le dénominateur égale 1.

Pour que ce test soit valable, il faut seulement que les données proviennent d'une loi continue. Si toutes les moyennes théoriques sont égales, K suit approximativement une loi de khi-deux (χ^2) à $(s-1)$ degrés de liberté.

Si les analyses de variance (paramétriques ou non paramétriques) confirment qu'il existe une inégalité dans les moyennes, on cherche alors à déterminer quels bassins sont différents des autres en calculant des intervalles de confiance pour chaque bassin à l'aide de la procédure de Tukey-Kramer (Montgomery, 2001) qui ajuste la longueur de l'intervalle de confiance en fonction du seuil choisi, du nombre de groupes à comparer et du nombre d'observations. lorsque l'analyse de la variance utilisée est non paramétrique, ces intervalles ont été calculés sur les rangs moyens. Notons que l'attribution des rangs dépend du nombre de stations-années et que toute modification au nombre de stations peut impliquer un changement sur les rangs.

3.4 DÉTECTION DE NON STATIONNARITÉ

Les mesures de température de l'eau ont été prises durant plus d'une année pour la plupart des stations. Puisque plusieurs bassins versants ont subi une coupe durant une partie de la période

étudiée, il se peut qu'une tendance (hausse progressive de la température de l'eau, par exemple) puisse être détectée dans les séries. On vérifie donc l'hypothèse H_0 : il n'y a pas de tendance dans nos observations, c'est-à-dire qu'elles sont stationnaires.

Pour ce faire, on utilise le test de Kendall (Terpstra, 1952) qui procède comme suit : on classe les données par rang, on compare deux données à la fois (i et j), si la donnée prise plus tard dans le temps a un rang plus grand que la donnée prise avant elle, S_{ij} égale 1, s'il est plus petit, S_{ij} égale -1 et si les deux rangs sont égaux, S_{ij} égale 0. La statistique S est la somme des $\frac{n(n-1)}{2} S_{ij}$

calculées :

$$S_{ij} = \text{signe} \left[(j-i)(x_j - x_i) \right] \quad (7)$$

$$S = \sum_{i < j} S_{ij} \quad (8)$$

Lorsqu'on a des données stationnaires, on peut approximer la loi de S par une loi Normale.

$$\text{On a : } \begin{cases} E(S) = 0, \text{ Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{k=1}^e n_k(n_k-1)(2n_k+5)}{18} & (9) \\ \text{seuil observé} = 1 - \Phi \left(\frac{|S - \text{signe}(S)|}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \right) \text{ (signe}(S) \text{ est la correction de continuité)} & (10) \end{cases}$$

où n = nombre d'observations dans l'échantillon ;

e = nombre de rangs différents ;

n_k = nombre d'éléments ayant le rang k .

3.5 COMPARAISON DE DEUX PENTES DE RÉGRESSION

Lorsque les données ont été prises sur un bassin témoin, sur lequel il n'y a pas eu de coupe, il devient possible de comparer les observations avant et après coupe, toujours par rapport au bassin témoin. Dans les deux cas, on a fait une régression linéaire simple passant par l'origine où la variable expliquée est la température hebdomadaire moyenne du bassin coupé et la variable explicative est la température hebdomadaire moyenne du bassin témoin. Il devient alors possible de vérifier si les deux pentes étaient significativement différentes. Le test utilisé pour comparer les deux pentes est semblable à l'analyse de la variance à un facteur qui compare la variance inter-échantillons à la variance intra-échantillons (Sokal, Rohlf, 1969). Il procède comme suit :

$$SST = \sum_{i=1}^s \left(\sum_{j=1}^{n_i} (\beta_{i1} x_{ij}) \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} y_{ij} \right)^2}{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2} \approx \chi_{(s-1)}^2 \quad (\text{variance inter-échantillons}) \quad (11)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \beta_{i1} x_{ij})^2 \approx \chi_{(N-2s)}^2 \quad (\text{variance intra-échantillons}) \quad (12)$$

$$F = \frac{SST / (s-1)}{SSE / (N-2s)} \approx F(s-1, N-2s) \quad (\text{sous } H_0) \quad (13)$$

où N = nombre totale de données ;

β_{i1} = pente de la i^{e} régression;

s = nombre de régression ;

n_i = nombre de données pour la régression i ;

x est la variable explicative et y la variable expliquée.

3.6 ANALYSE DES COMPOSANTES PRINCIPALES

Certaines méthodes d'analyse multivariée telles que l'analyse en composantes principales (ACP; Jackson, 1991) et l'analyse factorielle (Anderson, 1984) permettent de réduire le nombre de variables explicatives en les regroupant sur des axes principaux orthogonaux.

L'ACP utilise la matrice de variance-covariance (ou de corrélations) des données normalisées.

Une transformation linéaire orthogonale appliquée à la matrice des variables \mathbf{V} :

$$\mathbf{U} = \mathbf{\beta}'\mathbf{V} \quad (14)$$

La matrice de covariance de \mathbf{U} , \mathbf{UU}' est définie comme suit :

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_p \end{bmatrix}$$

où les λ_i , $i=1,2,\dots,p$ sont les p racines qui maximisent la variance de toutes les combinaisons linéaires décrites par \mathbf{U} . Chaque colonne de \mathbf{U} est appelée une composante principale de \mathbf{V} , et est composée de la somme des projections des variables sur l'axe principal. U_1 est donc la combinaison linéaire des variables originales qui expliquent le maximum de variance. Par la suite, chaque U_i ($i=2,3,4,\dots$) est une autre combinaison orthogonale des variables originales et $Var(U_i) > Var(U_{i+1})$ (Haag and Wastrich, 2002).

3.7 RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE

Une autre approche permettant de déterminer quelles sont les variables explicatives de la température moyenne ou maximale des cours d'eau est l'utilisation de la régression linéaire multiple. On suppose que les températures, peuvent être modélisées de la manière suivante :

$$y = b_0 + \beta x + \varepsilon \quad (15)$$

où y = vecteur $n \times 1$ des n résultats (ici, températures moyennes ou maximales) ;

b_0 = vecteur $n \times 1$ contenant n fois une constante qu'on peut définir comme étant l'espérance de y sachant tous les paramètres nuls ;

x = matrice $n \times p$ contenant les p paramètres pour tous les n individus ;

β = vecteur $p \times 1$ contenant les effets de tous les p paramètres ;

ε = vecteur d'erreur $n \times 1$ aléatoire d'espérance mathématique = 0.

Il faut noter qu'on a standardisé la matrice X (variables explicatives) pour mieux comparer l'effet des paramètres puisqu'ils ont des unités de mesure différentes. Les vecteurs b_0 et β sont estimés par la méthode des moindres carrés.

Avant de procéder à la régression, les corrélations entre les paramètres ont été calculées. L'analyse de la matrice de corrélation des paramètres permet de s'assurer que l'hypothèse de l'indépendance des variables explicatives est validée. On peut également faire une régression en prenant une variable explicative comme vecteur résultat et les autres variables comme matrice des paramètres pour voir si les autres variables l'expliquent. On en fait une sur chaque variable pour avoir un R^2 pour chacune d'elle. Si un ou plusieurs R_j^2 sont élevés et significatifs, on peut éliminer la variable indépendante la plus fortement corrélée avec les autres variables indépendantes. On répète l'exercice jusqu'à ce qu'on ait des R_j^2 peu élevés. Il restera alors un nombre p' de variables explicatives inférieur au nombre initial.

Il est important de vérifier, au préalable la présence de valeurs singulières (horsains). Pour ce faire, on utilise le test de Grubbs et Beck pour les valeurs singulières (Grubbs et Beck, 1972). Ce test calcule un intervalle à l'extérieur duquel toute valeur est considérée comme singulière :

$$mnl = \text{la moyenne du logarithme des données} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(y_i)}{n} \quad (12)$$

$$stl = \text{l'écart-type du logarithme des données} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(y_i) - mnl)^2}{n-1}} \quad (16)$$

$$p(n) = -3,62201 + (6,28446n^{1/4}) - (2,49835n^{1/2}) + (0,491436n^{3/4}) - (0,037911n) \quad (17)$$

$$\text{limites} = e^{(mnl \pm p(n) \times stl)} \quad (18)$$

où n = nombre de bassins représentés dans l'échantillon ;

y_i = température moyenne du bassin i .

La régression linéaire a été calculée par la méthode pas à pas progressive (*stepwise forward*). On procède de la façon suivante :

- On calcule p' régressions (une avec chaque variable explicative) et on garde la variable qui donne le meilleur modèle (plus grande variance expliquée).
- On fait $(p'-1)$ régressions (avec la variable explicative qu'on a gardée et chacun des $(p'-1)$ restants) et on garde les deux paramètres qui donnent le meilleur modèle.
- On répète jusqu'à ce qu'on ait seulement des paramètres significativement influents tout en ayant un R^2 satisfaisant.

4.0 RÉSULTATS

4.1 ANALYSE DE VARIANCE

L'utilisation de l'analyse paramétrique ou non paramétrique ayant été déterminée par la vérification d'une hypothèse de normalité de l'échantillon, il convient de présenter au préalable les résultats du test de *Lilliefors* (tableau 1). Il faut noter que pour l'année 1982, les données provenant de la station C13 n'ont pas été incluses puisqu'il n'y avait que deux observations pour cette station. On constate que selon ce test, seules les données provenant de l'année 1982 suivent une loi normale. Les valeurs de la statistique du test de *Lilliefors* des stations où H_0 est rejetée sont présentées à l'annexe 4.

Tableau 1 : Résultats du test de normalité de Lilliefors

Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)		test de Lilliefors (seuil = 1%)	
		Nombre de stations où H_0 est rejetée	%	Nombre de stations où H_0 est rejetée	%
1982	23	1	4,4	0	0
1983	29	22	75,9	16	55,2
1984	27	15	55,6	9	33,3
global*	35	24	68,6	21	60,0

global contient les moyennes de température des bassins sur les trois années réunis

Étant donné le nombre important de rejets de l'hypothèse de normalité, six transformations BoxCox ($\lambda = 0 ; -1 ; -0,5 ; 0,5 ; 1,5$ et 2) ont été effectuées afin de tenter de normaliser les échantillons (annexe 5). Les transformations n'ont pas donné de meilleurs résultats. L'hypothèse de normalité est donc rejetée partout, sauf pour l'année 1982.

Étant donné que les échantillons n'étaient généralement pas normalement distribués, une analyse de variance non-paramétrique (Kruskal-Wallis) a dû être utilisée pour tester si il existe des différences significatives entre les moyennes annuelles et interannuelles des échantillons prises à différentes stations (tableau 2).

Tableau 2 : Résultat de l'ANOVA de Kruskal-Wallis sur les différences de moyennes

Année	khi-deux observé	degrés de Liberté	seuil observé	Conclusion
1982	394,27	22	0	On rejette Ho.
1983	458,39	29	0	On rejette Ho.
1984	291,63	26	0	On rejette Ho.
total	1043,63	34	0	On rejette Ho.
toutes*	1164,45	79	0	On rejette Ho.

*toutes = moyennes inter-annuelles de 1982, 1983, 1984 de toutes les stations.

Une analyse de variance (ANOVA) à un facteur a aussi été effectuée pour les stations de l'année 1982 puisque cette année est la seule pour laquelle on peut supposer que toutes les séries chronologiques de températures sont normalement distribuées et que ce test est plus performant que l'analyse non paramétrique de Kruskal-Wallis lorsque les échantillons sont normalement distribués. La statistique F observée est de 33,28 pour 960 degrés de liberté. Cela donne un seuil observé quasiment nul. On arrive donc à la même conclusion qu'avec le test non paramétrique de Kruskal-Wallis, c'est-à-dire qu'on rejette l'hypothèse d'égalité des moyennes aux différentes stations.

Afin d'identifier quelles stations ont des moyennes de température de l'eau différentes des autres, il faut comparer chaque station avec toutes les autres, une à la fois. On peut alors déterminer des

intervalles avec valeurs critiques déterminées par le test de Tukey-Kramer sur les rangs moyens. On peut ainsi identifier le nombre de stations ayant des rangs moyens significativement différents, au seuil 5%. La figure 1 illustre ces intervalles. Un tableau avec les comparaisons des rangs moyens de chaque station est disponible à l'annexe 6.

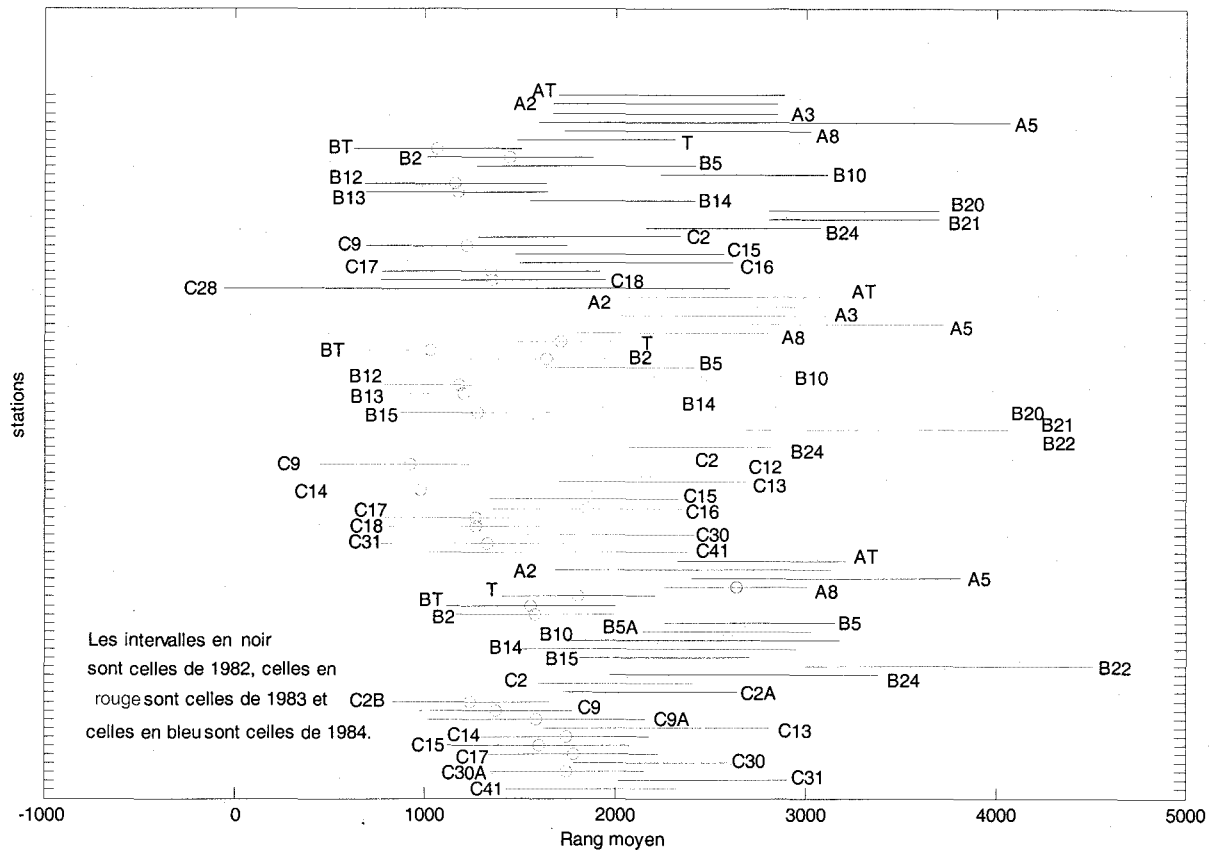


Figure 1 : Intervalles de confiance des rangs pour les stations (test de Kruskal-Wallis qui compare les échantillons des trois années).

La figure 1 nous montre que la plupart des intervalles se chevauchent. Il y a quelques exceptions comme le bassin B22, qui regroupe les stations B20, B21 et B22, en 1983 et 1984 qui a des rangs moyens beaucoup plus grands que la moyenne. On remarque aussi que pour chaque année, les

intervalles des stations provenant d'un même bassin sont très semblables, sauf les stations B14 et B15 du bassin B14 en 1983.

Pour vérifier l'impact de la coupe forestière sur les températures moyennes, d'autres analyses de la variance non paramétrique ont été faites avec deux groupes de bassins : les bassins ayant subi une coupe forestière équivalente à plus de 15 % de la superficie du bassin (bassins coupés) et les autres (bassins à l'état naturel). Le tableau 3 présente les résultats de ces tests effectués sur les données mensuelles.

Tableau 3 : Résultat de l'ANOVA de Kruskal-Wallis sur les différences de moyennes entre les bassins à l'état naturel et ceux ayant subi une coupe forestière.

Températures journalières de:	khi-deux observé	degré de liberté	seuil observé	Conclusion	Comparaisons des moyennes de températures des deux groupes
mai et juin 1983	16,15	1	0	On rejette Ho.	Plus élevée chez les bassins coupés.
mai et juin 1984	1,64	1	0,2004	On accepte Ho.	
juillet 1982	43,4	1	0	On rejette Ho.	Plus élevée chez les bassins coupés.
juillet 1983	0,14	1	0,7054	On accepte Ho.	
juillet 1984	1,73	1	0,1883	On accepte Ho.	
août 1982	32,26	1	0	On rejette Ho.	Plus élevée chez les bassins coupés.
août 1983	0,02	1	0,8927	On accepte Ho.	
août 1984	10,66	1	0,0011	On accepte Ho.	Plus faible chez les bassins coupés.

Les températures moyennes des bassins coupés sont significativement plus élevées en 1982 et en mai et juin 1983. Pour l'année 1984, l'analyse a porté sur un échantillon restreint de bassins sans coupe (4 bassins) et les températures moyennes ne sont jamais plus élevées sur les bassins coupés.

4.2 STATIONNARITÉ

Comme il a été mentionné dans la section 3.0, le test de Kendall est utilisé pour déterminer si les séries chronologiques de température de l'eau mesurées sur chaque station sont stationnaires. Pour des séries chronologiques de courte durée, il est parfois difficile de différencier entre la saisonnalité et une tendance à plus long terme. Pour éliminer la variabilité causée par la saisonnalité, on a calculé la différence entre les moyennes hebdomadaires de températures pour la

station étudiée et les moyennes hebdomadaires d'une station témoin, soit la station AT pour les stations du secteur A, la station T pour celles du secteur B et les stations C15 et C16 pour celles du secteur C. Le tableau 4 nous montre les résultats de ce test.

Tableau 4 : Résultats du test de Kendall appliqué sur les résidus des températures moyennes hebdomadaires pour chaque station

Station étudiée	Station témoin	Nombre de semaines observées			Superficie coupée (%)			Statistique observée	Seuil observé	Tendance observée
		1982	1983	1984	1982	1983	1984			
A2	AT	13	15	13	36,5	0	0	2,1915	0,0284	baisse
A3	AT	13	15	0	36,5	0	0	0,4354	0,6633	
A5	AT	4	14	13	3,3	13,2	0	0,8838	0,3768	
A8	AT	10	15	13	0	2,6	0	1,0940	0,2739	
BT	T	13	16	13	0	0	70,4	2,1356	0,0327	hausse
B2	T	13	16	17	0,1	0	46	0,0000	1,0000	
B5	T	9	16	13	5,4	20,5	20,8	1,5092	0,1313	
B5A	T	0	0	13	6,2	14,9	21,9	0,6143	0,5390	
B10	T	13	16	13	0	0	0	3,0565	0,0022	baisse
B12	T	11	15	0	12,8	28,3	5,7	2,3149	0,0206	hausse
B13	T	10	16	0	12,8	28,3	5,7	2,2267	0,0260	hausse
B14	T	13	16	13	0	0	0	0,0000	1,0000	
B15	T	0	15	13	0	0	0	4,6823	0,0000	hausse
B20	T	13	14	0	57,1	0	0	1,1674	0,2430	
B21	T	13	14	0	57,1	0	0	1,1674	0,2430	
B22	T	0	13	10	57,1	0	0	1,3733	0,1696	
B24	T	13	16	13	6,3	0	0	0,7262	0,4677	
C2	C15 et C16	11	16	20	53,9	0	21,8	1,7156	0,0862	
C2A	C15 et C16	0	0	19	53,1	0	20,5	2,0654	0,0389	baisse
C2B	C15 et C16	0	0	20	41,3	0	31,6	0,5199	0,6031	
C9	C15 et C16	12	16	20	4,1	0	51,1	1,6271	0,1037	
C9A	C15 et C16	0	0	11	15,5	0	39,1	1,8798	0,0601	
C12	C15 et C16	0	14	0	0	4,9	0	0,9358	0,3494	
C13	C15 et C16	1	15	12	0	4,9	0	0,4550	0,6491	
C14	C15 et C16	0	16	13	0	29,4	0	0,3377	0,7356	
C17	C15 et C16	11	16	13	23,7	0	0	0,8156	0,4147	
C18	C15 et C16	10	16	0	23,7	0	0	0,2645	0,7914	
C30	C15 et C16	0	16	20	0	70,7	9,3	3,2566	0,0011	hausse
C30A	C15 et C16	0	0	20	0	71,7	9,8	1,0413	0,2977	
C31	C15 et C16	7	14	13	0	0	40	4,4780	0,0000	hausse
C41	C15 et C16	0	7	13	0,4	31,8	0	0,9738	0,3302	

Les figures illustrant les résidus des stations pour lesquelles la stationnarité a été rejetée sont colligées dans l'annexe 7.

D'après les résultats du test, les températures de la station A2, où 36,5 % du bassin a été coupé en 1982, ont eu tendance à décroître de 1982 à 1984 par rapport à sa station témoin. En observant les données de plus près, on remarque que pour deux semaines observées en 1984, les températures de la station A2 sont nettement inférieures à celles de la station AT alors que pour les autres semaines de 1984, les résidus semblent se maintenir au même niveau qu'en 1982 et en 1983. Pour la station B10, où aucune coupe n'a eu lieu durant la prise de données, on remarque qu'il y a une véritable baisse entre les résidus de l'année 1984 et ceux des années 1982 et 1983. Pour la station C2A, où les températures sont disponibles seulement pour 1984 et où 20,5 % du bassin a été coupé cette année là, on remarque une nette diminution entre le début et la fin de la saison.

Chez quatre des cinq bassins où une tendance à la hausse a été observée, (les stations B12 et B13 sont sur un même bassin), la superficie des coupes effectuées durant la prise de données dépassait 40 % de la superficie des bassins.

Deux régressions linéaires simples, une avant la coupe et une après le début de la coupe, ont ensuite été comparées pour certains bassins. La variable expliquée est la température hebdomadaire moyenne du bassin coupé et la variable explicative est la température hebdomadaire moyenne du bassin témoin. Cette comparaison a été réalisée pour le bassin A8, où seulement 2,6 % a été coupé en 1983, et pour les bassins B1, BT et C31 où au moins 40 % des bassins ont été coupés durant l'étude. Le tableau 5 présente les résultats du test sur l'égalité des pentes.

Tableau 5. Résultat du test sur l'égalité entre la pente avant et la pente après la coupe

Groupe témoin	Groupe coupé	% coupe	pente avant	pente après	F observé	d.l.1	d.l.2	seuil observé
AT	A8	2,6	0,9288	0,9351	0,0532	1	33	0,8190
T	B1	70,4	0,9541	0,9125	2,0900	1	41	0,1559
T	BT	40,0	0,8224	0,8738	5,3811	1	37	0,0260
C15C16	C31	46,0	0,8247	0,9995	11,3330	1	29	0,0022

L'égalité des pentes n'a pas été rejetée pour le bassin A8, où la superficie coupée était négligeable. La pente après coupe est significativement plus élevée que la pente avant coupe pour les bassins BT et C31, deux bassins où on avait rejeté la stationnarité. Un tableau plus complet et une illustration des températures avant et après coupe pour les bassins BT et C31 sont disponibles à l'annexe 8.

4.3 CORRÉLATION ENTRE TEMPÉRATURE ET AIRE COUPÉE

Afin de vérifier si la non-stationnarité observée sur certains bassins est causée par l'augmentation de la superficie coupée avec le temps, un coefficient de corrélation entre les températures moyennes, maximales et minimales des bassins et la variable « aire coupée » a été calculé. Les tableaux 6, 7 et 8 présentent les résultats des corrélations calculées pour les séries de températures annuelles et mensuelles. Les températures des 14 bassins de mai et juin 1982 n'ont pas été utilisées puisque le nombre d'observations est trop faible.

Tableau 6. Résultat des corrélations entre température moyenne et « aire coupée »

Corrélation entre "aire coupée" et température moyenne pour:	Nb de bassins	Coefficient de corrélation	seuil observé	Intervalle de confiance seuil = 5%
juillet 1982	17	0,5803	0,0146	[0,1382 ; 0,8296]
août 1982	18	0,6153	0,0066	[0,2083 ; 0,8407]
mai et juin 1983	14	0,4944	0,0723	[-0,0491 ; 0,8120]
juillet 1983	22	0,5030	0,0170	[0,1033 ; 0,7628]
août 1983	22	0,4166	0,0538	[-0,0061 ; 0,7130]
mai et juin 1984	25	0,4594	0,0209	[0,0786 ; 0,7233]
juillet 1984	26	0,3255	0,1047	[-0,0708 ; 0,6330]
août 1984	26	0,368	0,0643	[-0,0226 ; 0,6611]

Tableau 7. Résultat des corrélations entre température maximale et « aire coupée »

Corrélation entre "aire coupée" et température maximale pour:	Nb de bassins	Coefficient de corrélation	seuil observé	Intervalle de confiance seuil = 5%
juillet 1982	17	0,7008	0,0017	[0,3319 ; 0,8837]
août 1982	18	0,6639	0,0027	[0,2855 ; 0,8632]
mai et juin 1983	14	0,4172	0,1378	[-0,1456 ; 0,7760]
juillet 1983	22	0,4003	0,0649	[-0,0256 ; 0,7032]
août 1983	22	0,5003	0,0177	[0,0998 ; 0,7613]
mai et juin 1984	25	0,4991	0,0111	[0,1295 ; 0,7469]
juillet 1984	26	0,1575	0,4422	[-0,2448 ; 0,5135]
août 1984	26	0,4867	0,0117	[0,1225 ; 0,7354]

Tableau 8. Résultat des corrélations entre température minimale et « aire coupée »

Corrélation entre "aire coupée" et température minimale pour:	Nb de bassins	Coefficient de corrélation	seuil observé	Intervalle de confiance seuil = 5%
juillet 1982	17	0,4080	0,1040	[-0,0904 ; 0,7429]
août 1982	18	0,2712	0,2764	[-0,2240 ; 0,6551]
mai et juin 1983	14	0,4176	0,1373	[-0,1451 ; 0,7762]
juillet 1983	22	0,4388	0,0411	[0,0211 ; 0,7261]
août 1983	22	0,3345	0,1281	[-0,1014 ; 0,6627]
mai et juin 1984	25	0,3354	0,1012	[-0,0689 ; 0,6450]
juillet 1984	26	0,2477	0,2224	[-0,1544 ; 0,5795]
août 1984	26	0,1198	0,5598	[-0,2805 ; 0,4847]

L'examen des tableaux 6 à 8 permet de conclure que les corrélations positives sont souvent significatives entre les aires coupées et les températures moyennes et maximales (i.e., plus la superficie coupée est grande, plus la température moyenne et maximale augmente).

5.0 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Afin de tenter de regrouper et prioriser les variables explicatives pouvant avoir un impact sur le régime thermique, une analyse en composante principale a été utilisée. Les données pour cette analyse proviennent de l'ensemble des bassins, à l'exception de BT et C28 puisque certaines variables explicatives n'étaient pas disponibles pour ces bassins. Une rotation des axes de type *varimax*, qui favorise les regroupements de variables près des axes au lieu de chercher à obtenir le plus de variance expliquée a été appliquée. Les 14 variables physiographiques et hydrographiques et la superficie équivalente maximale coupée en une année ont été utilisées dans l'ACP. Le nombre de composantes principales à conserver dépend du pourcentage de variance expliquée par chacune d'elles.

Le tableau 9 et la figure 2 révèlent que les composantes principales 1 et 2 expliquent environ 20 % de la variance chacun alors que les facteurs 3 à 10 en expliquent de 6 à 9 %. Conséquemment, seuls les facteurs 1 et 2 sont étudiés plus en détails à la figure 3.

Tableau 9. Pourcentage de variance expliqué par chaque facteur

	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5	Facteur 6	Facteur 7	Facteur 8	Facteur 9	Facteur 10	Facteurs 11 à 15
var exp.	3,1395	3,0534	1,0063	1,0153	0,9993	1,2948	1,0566	1,0247	1,0550	1,0132	0,3419
Fraction Fraction	0,2093	0,2036	0,0671	0,0677	0,0666	0,0863	0,0704	0,0683	0,0703	0,0675	0,0228
cumul.	0,2093	0,4129	0,4799	0,5476	0,6142	0,7006	0,7710	0,8393	0,9097	0,9772	1,0000

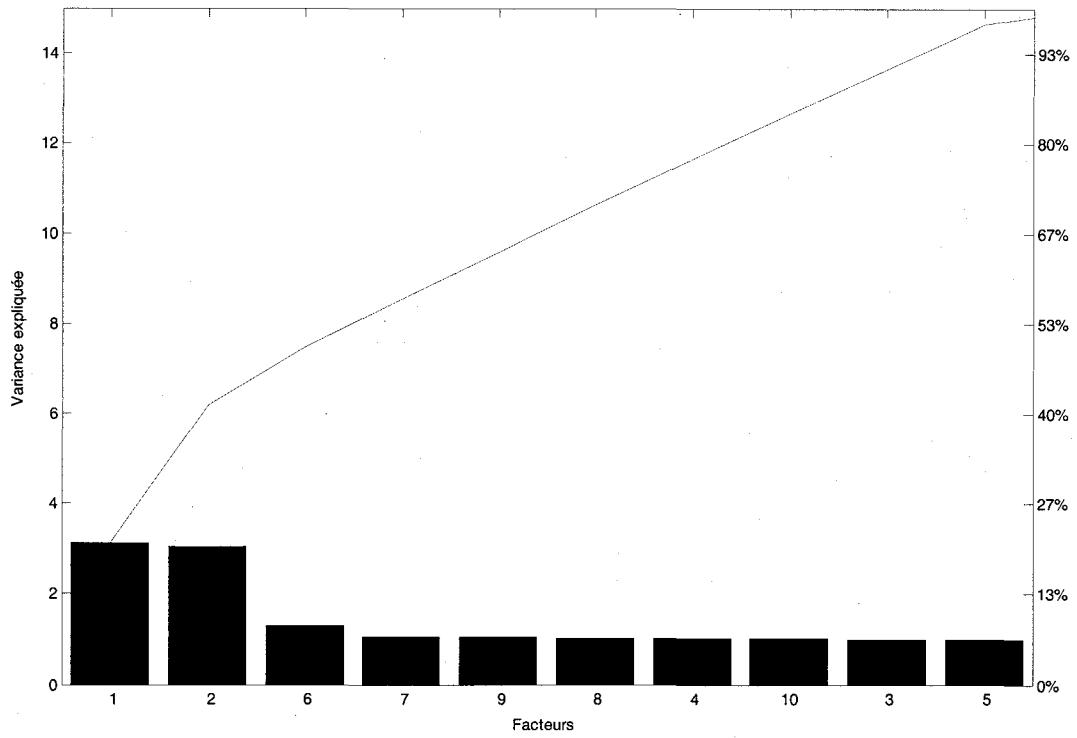


Figure 2 : Illustration du pourcentage de variance expliquée par chaque facteur

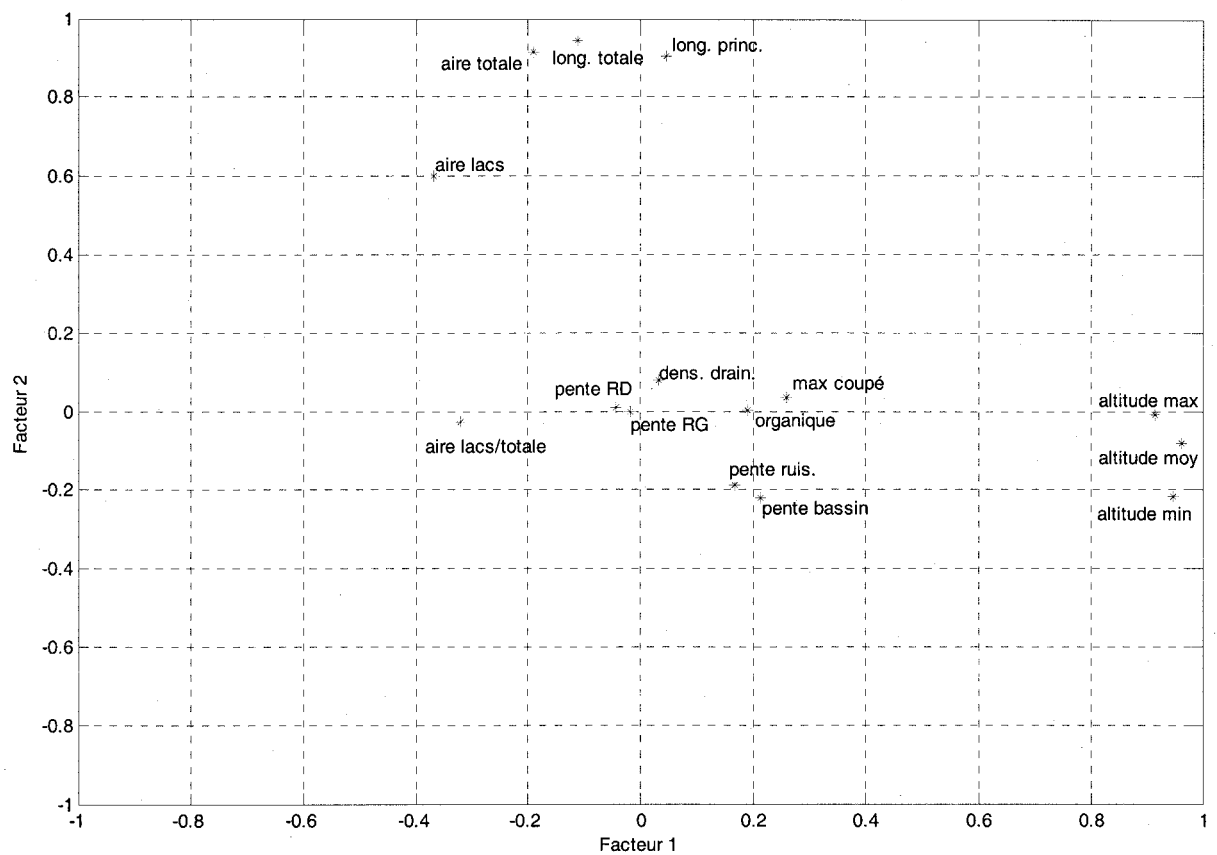


Figure 3 : Projection des saturations des variables explicatives sur les facteurs 1 et 2 provenant de l'ACP après rotation varimax

Légende :

- aire lacs = aire des lacs (β_2) ;
- aire totale = aire totale (β_1) ;
- aire lacs/totale = rapport aire des lacs/aire totale (β_3);
- altitude max = altitude maximale (β_5);
- altitude min = altitude minimale (β_4);
- altitude moy = altitude moyenne (β_6);
- dens. drain. = densité de drainage (β_{13});
- long. princ. = longueur du cours d'eau principal (β_{11});
- long. totale = longueur totale des cours d'eau (β_{12});
- max coupé = superficie équivalente maximale coupée en une année ;
- organique = épaisseur de la matière organique le long des cours d'eau (β_{14});
- pente bassin = pente moyenne du bassin (β_7);
- pente ruis. = pente moyenne du ruisseau (β_8);
- pente RD = pente moyenne de la rive droite (β_{10});
- pente RG = pente moyenne de la rive gauche (β_9).

L'analyse des saturations (corrélations entre les variables originales et les composantes principales) sur la figure 3 démontre que les variables d'altitudes sont positivement corrélées avec la première composante principale et que les variables qui sont liées à la superficie en eau sur bassin sont positivement corrélées avec la composante principale #2. Conséquemment, les bassins qui ont des valeurs élevées (faibles) d'altitude ou de superficie devraient être positivement (négativement) corrélés sur les axes 1 et 2 respectivement. On devrait aussi s'attendre à pouvoir éliminer certaines variables d'altitude et de superficie fortement corrélées entre elles lors de l'établissement de modèles de régressions.

Fait important à noter, la variable aire coupée n'est pas fortement corrélée avec les deux principaux facteurs. Conséquemment, cette variable explique une proportion relativement faible de la variance totale, lorsque comparée aux autres variables physiographiques et hydrologiques.

6.0 REGRESSION LINEAIRE MULTIPLE

Les régressions linéaires calculées en incluant chacune des variables explicatives, (sauf « aire coupée ») une à une ont permis d'éliminer quatre paramètres soit aire des lacs (β_2), altitude minimale et maximale (β_4 et β_5) et longueur totale des cours d'eau (β_{12}). Ceci concorde avec les résultats de l'analyse en composante principale puisque l'élimination de deux variables liées à l'altitude (β_4 , β_5) et deux ayant rapport aux superficies en eau (β_2 , β_{12}) a permis de minimiser la redondance qui était mise en évidence par les valeurs de saturations dans la figure 3. Douze variables explicatives, incluant le pourcentage de superficie du bassin versant ayant été coupée sont incluses dans le modèle de régression faites sur les températures moyennes et maximales de mai et juin combinés en 1983 et 1984, de juillet et d'août de 1982 et 1984.

Au préalable, il convient d'analyser les séries de températures moyennes et maximales afin de détecter la présence d'horsains (valeurs extrêmes) qui pourraient biaiser l'ajustement des paramètres de la régression.

À l'aide du test de Grubbs et Beck, la température moyenne du bassin B22 pour juillet 1982 et 1984, de même que celles d'août 1983 et 1984 ont été identifiées comme horsain. La température

maximale de ce bassin pour août 1982 et 1984 et celle du bassin C2A pour juillet et août 1984 ont aussi été éliminées. Le tableau 10 présente les modèles retenus lors des régressions linéaires multiples effectuées par la méthode pas à pas progressive (*stepwise forward*) sur les températures moyennes et le tableau 11 présente celle effectuées sur les températures maximales.

Tableau 10. Modèles retenus avec la régression pas à pas progressive (*stepwise forward*) sur les températures moyennes

Modèle retenu pour:	Nb bassins	Variables explicatives retenues	Paramètres estimés*	Intervalle de confiance à 95%	R ²
juillet 1982	15	altitude moyenne (β_6)	-0,8693	[-1,6264 ; -0,1122]	0,7240
		épaisseur de la matière organique le long des cours d'eau (β_{14})	-0,4612	[-0,9728 ; 0,0503]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,5526	[-1,1485 ; 0,0433]	
		aire coupée	0,3789	[-0,0802 ; 0,8381]	
août 1982	17	aire coupée	0,7612	[0,2475 ; 1,2749]	0,4437
		rapport aire des lacs/aire totale (β_3)	0,3979	[-0,1585 ; 0,9543]	
mai et juin 1983	20	altitude moyenne (β_6)	-1,7175	[-2,4918 ; -0,9432]	0,7004
		aire coupée	1,1658	[0,4925 ; 1,8391]	
juillet 1983	21	pente moyenne du bassin (β_7)	-0,6011	[-1,2723 ; 0,0701]	0,6318
		aire coupée	1,0696	[0,3725 ; 1,7666]	
		densité de drainage (β_{13})	0,9207	[0,2431 ; 1,5983]	
		rapport aire des lacs/aire totale (β_3)	0,5334	[-0,1489 ; 1,2158]	
août 1983	20	densité de drainage (β_{13})	1,1519	[0,7895 ; 1,5144]	0,7943
		pente moyenne du bassin (β_7)	-0,6816	[-0,9936 ; -0,3696]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,3366	[-0,6702 ; -0,0029]	
mai et juin 1984	24	altitude moyenne (β_6)	-1,1026	[-1,6555 ; -0,5498]	0,5555
		aire coupée	0,8583	[0,3313 ; 1,3852]	
juillet 1984	24	densité de drainage (β_{13})	0,7370	[0,2693 ; 1,2047]	0,3967
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,4047	[-0,8408 ; 0,0314]	
		aire totale (β_1)	0,3460	[-0,0777 ; 0,7698]	
août 1984	24	densité de drainage (β_{13})	0,7115	[0,2536 ; 1,1695]	0,3933
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	0,4136	[-0,0012 ; 0,8285]	
		aire totale (β_1)	-0,2889	[-0,7159 ; 0,1380]	

Tableau 11. Modèles retenus avec la régression pas à pas progressive (stepwise forward) sur les températures maximales

Modèle retenu pour:	Nb bassins	Variables explicatives retenues	Paramètres estimés*	Intervalle de confiance à 95%	R ²
juillet 1982	16	aire coupée	1,8108	[0,7498 ; 2,8718]	0,6569
		longueur du cours d'eau principal (β_{11})	-1,4244	[-2,7371 ; -0,1117]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-1,1065	[-2,6598 ; 0,4468]	
août 1982	16	aire coupée	0,7222	[0,0282 ; 1,4162]	0,5335
		épaisseur de la matière organique le long des cours d'eau (β_{14})	-0,8843	[-1,9778 ; 0,2092]	
		altitude moyenne (β_6)	-0,5975	[-1,3523 ; 0,1573]	
mai et juin 1983	20	altitude moyenne (β_6)	-1,4311	[-2,7202 ; -0,1420]	0,6297
		aire coupée	1,5878	[0,5358 ; 2,6398]	
		rapport aire des lacs/aire totale (β_3)	1,1317	[-0,0622 ; 2,3257]	
juillet 1983	21	pente moyenne du bassin (β_7)	-0,6710	[-1,3767 ; 0,0347]	0,5960
		densité de drainage (β_{13})	1,3199	[0,5339 ; 2,1059]	
		aire coupée	0,9242	[0,1824 ; 1,6660]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,6485	[-1,3734 ; 0,0764]	
août 1983	21	pente moyenne du bassin (β_7)	-0,9190	[-1,6918 ; -0,1463]	0,5548
		aire coupée	1,0972	[0,2807 ; 1,9136]	
		densité de drainage (β_{13})	1,1242	[0,2563 ; 1,9921]	
mai et juin 1984	24	aire coupée	0,7993	[0,2374 ; 1,3611]	0,4948
		altitude moyenne (β_6)	-0,6687	[-1,2559 ; -0,0816]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,5611	[-1,1131 ; -0,0091]	
juillet 1984	24	longueur du cours d'eau principal (β_{11})	0,6433	[-0,0319 ; 1,3185]	0,4847
		pente moyenne du ruisseau (β_8)	0,7322	[-0,0186 ; 1,4830]	
		altitude moyenne (β_6)	-0,8205	[-1,5685 ; -0,0726]	
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,9202	[-1,7563 ; -0,0840]	
		pente moyenne de la rive droite (β_{10})	0,8708	[-0,1299 ; 1,8714]	
août 1984	23	densité de drainage (β_{13})	0,5537	[0,1729 ; 0,9345]	0,6524
		pente moyenne de la rive gauche (β_9)	-0,4338	[-0,7684 ; -0,0992]	
		épaisseur de la matière organique le long des cours d'eau (β_{14})	-0,4634	[-0,8720 ; -0,0547]	
		aire totale (β_1)	0,6045	[0,2848 ; 0,9243]	

7.0 DISCUSSION

Les modèles retenus pour les moyennes de température ressemblent généralement à ceux retenus pour les températures maximales. Dans les deux cas, la variable aire coupée apparaît comme la variable la plus influente. Les variables pente moyenne de la rive gauche, altitude moyenne et densité de drainage sont les autres variables qui apparaissent régulièrement dans les modèles retenus.

Il y a quelques différences notables entre les modèles d'un mois à l'autre. Les températures maximales et moyennes des mois de mai et juin combinés sont principalement expliquées par l'altitude moyenne et l'aire coupée. Pour les températures de juillet et août, les variables pente moyenne de la rive gauche et densité de drainage paraissent plus influentes que l'altitude moyenne. L'aire coupée demeure une variable influente pour ces deux mois.

Entre les années, on remarque que le pourcentage de superficie du bassin ayant été coupé n'est pas une variable explicative aussi importante dans les modèles de 1984 que dans les modèles de 1982 et 1983. La pente moyenne de la rive gauche apparaît comme étant la plus influente pour l'année 1984. Toujours pour cette année, la variable aire totale est présente dans trois des six modèles alors qu'elle n'apparaît pas pour les autres années. Les modèles de 1984 ne présentent cependant pas des R^2 très élevés.

8.0 CONCLUSION

Les analyses colligées dans le présent rapport ont permis de comparer le régime thermique de petits cours d'eau de la région de Charlevoix, région où la coupe forestière est importante et peut constituer un impact anthropique majeur sur l'habitat aquatique. Les analyses de variance à un facteur ont permis de démontrer qu'il y avait en effet hétérogénéité dans les régimes thermiques de certains de ces cours d'eau, puisque l'hypothèse de l'égalité des moyennes temporelles (annuelles et interannuelles) des températures de l'eau a été réfutée.

Les analyses multivariées (ACP et régression multiple) ont permis de constater que :

1. La variabilité des paramètres physiographiques et hydrographiques était importante, mais qu'il était possible de réduire le nombre de variables en considérant deux principales catégories : les altitudes et pentes d'une part, et les superficies de bassin versant et de lacs d'autre part.
2. Il est possible de modéliser les températures moyennes et maximales par régression multiple, et d'obtenir des coefficients de détermination significatifs allant jusqu'à 0,79.
3. Les variables explicatives sélectionnées ne sont pas toujours les mêmes, mais dans la majorité des cas, le paramètre de régression associé à la variable « aire coupée » est parmi les plus importants. Ces paramètres peuvent être comparés puisque les variables explicatives ont toutes été standardisées.
4. L'altitude et les pentes (du bassin et/ou du cours d'eau) sont les autres variables explicatives qui sont les plus souvent utilisées dans les modèles de régressions établis.

À la lumière de ces résultats, d'autres analyses pourraient être envisagées. Par exemple, on pourrait envisager de remplacer la combinaison ACP/régression pas à pas par la régression ridge (Hoerl et Kennard, 1988). Cette méthode de régression permet de pallier aux lacunes de la régression multiple appliquée à des variables explicatives non orthogonales en produisant une estimation biaisée des paramètres par l'introduction d'une constante de régression mais qui diminue la variance et qui permet de trouver une solution plus optimale pour des variables explicatives corrélées entre elles. Les méthodes statistiques présentées dans ce rapport, de même que celles suggérées pour les travaux futurs, peuvent permettre le développement d'outils de gestion des impacts de la coupe forestière sur le régime thermique dans un cadre régional. En effet, à partir de données prises sur les bassins versants et des mesures de températures prises sur les cours d'eau environnants, on peut arriver à prédire les impacts de différents pourcentages de coupe sur les températures moyennes et maximales des cours d'eau.

9.0 REFERENCES

- Anderson, T.W. 1971. *An Introduction to Multivariate statistical analysis, second edition*, John Wiley and Sons.
- Box, G.E.P. et D.R. Cox. 1964. An Analysis of Transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, 26, 211-243.
- Brown G. et J. Krygier. 1970. Effects of clear-cutting on Stream Temperature. *Water Resour. Res.*, 6 (4): 1133-1139.
- Caron, J.C. et H. Rajaram. 2001. Impact of variable reservoir releases on management of downstream water temperatures. *Wat. Resour. Res.* 37(6): 1733-1743.
- Conover, W. J. 1980. *Practical Nonparametric Statistics*, Wiley, New York.
- Gibbons, D.J. 1993. *Nonparametric Statistics: An Introduction*. Sage University Paper 90. 85 pages.
- Gray, J. et J. Edicton. 1969. Effect of woodland clearance on stream temperature. *Journal of the fisheries Research Board of Canada* 26 :399-403.
- Grubbs, F.E. et G. Beck. 1972. Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations. *Technometrics*, 14, 847-854.
- Haag I. et B. Westrich. 2002. Processes governing river water quality identified by principal component analysis. *Hydrological Processes*, in press.
- Hodgson, S. et T.P. Quinn. 2002. The Timing of adult sockeye salmon migration into fresh water : adaptations by populations to prevailing thermal regimes. *Can. J. Zool.* **80**: 542-555.
- Hoerl A.E. et R.W. Kennard. 1988. Ridge Regression. Dans: *Encyclopedia of Statistical Sciences* :129-136.
- Hogg, R. V. et J. Ledolter. 1987. *Engineering Statistics*. MacMillan Publishing Company.
- Hollander, M. et D.A. Wolfe. 1973. *Nonparametric Statistical Methods*, John Wiley & Sons.

- Jackson, J. E. 1985. *A User's Guide to Principal Components*, John Wiley and Sons : 1-25.
- Johnston, T. 1997. Downstream movement of young-of-the-year fishes in Catamaran Brook and the Little Southwest Miramichi River, New Brunswick. *Journal of Fish Biology* 51(5): 1047-1062.
- Jourdonnais, H., R. Walsh, F. Pickett et D. Goodman. 1992. Structure and calibration strategy for water temperature model in the lower Madison River, Montana. *Rivers* 3(3):153-169.
- Kim, J. et M. Ek. 1995. A simulation of the surface energy budget and soil water content over the hydrologic atmospheric pilot experiments-modélisation du Bilan Hydrique Forest site. *J. of Geophysical Research* 100: 20845-20854.
- Montgomery, D. C. 2001. *Design and Analysis of Experiments*, 5th edition p.96-97, John Wiley & Sons, inc.
- Preece, R.M. et H.A. Jones. 2002. The effect of Keepit dam on the temperature regime of the Namoi River, Australia.. *River Research and Applications* 18: 397-414.
- Sinokrot, B.A., H.G. Stefan, Wenck Associates Inc. 1994. Stream water-temperature sensitivity to weather and bed parameters. *Journal of Hydraulic Engineering* 120(6) : 722-736
- Sokal, R.R. et Rohlf F.J. 1969. *Biometry the Principles & Practice of Statistics in Biological Research*, p.450-455, W. H. Freeman and company, San Francisco.
- Swansburg, A., G. Chaput, D. Moore, D. Caissie, N. El-Jabi. 2002. Size variability of Atlantic Salmon: links to environmental conditions. *J. Fish Biology* 61:661-683.
- Terpstra, T.J. 1952. The Asymptotic Normality and Consistency of Kendall's Test Against Trend, when Ties are Present in One Ranking. *Indga. Math*, 14, 327-333.
- Webb, B.W. et D.E. Walling. 1993. Temporal variability in the impact of river regulation on thermal regime and some biological implications. *Freshwater Biol* 29 (1): 167-182.

ANNEXE 1 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES STATIONS

Station de mesure	Bassin correspondant	1982			1983			1984			total		
		nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	AT	33	10,81	2,27	34	11,47	2,36	59	11,97	2,12	126	11,53	2,26
A2	A3	33	10,71	1,72	39	11,43	2,75	23	10,97	1,13	95	11,07	2,11
A3	A3	33	10,71	1,72	39	11,43	2,75	0			72	11,1	2,34
A5	A5	9	12,11	2,72	34	13,47	3,15	24	12,84	1,93	67	13,06	2,72
A8	A8	28	10,89	1,1	41	10,65	2,61	86	11,45	1,9	155	11,14	2,03
T	T	68	9,9	1,76	76	9,18	2,7	73	9,13	3,36	217	9,39	2,71
BT	BT	60	8,05	1,63	75	7,57	2,41	58	9,13	1,93	193	8,19	2,14
B1	B1	0			0			0			0		
B2	B1	60	9	1,51	76	9,15	2,3	67	9,1	2,04	203	9,09	2
B5	B5	35	9,81	1,55	75	9,99	2,2	58	11,62	1,71	168	10,52	2,07
B5a	B5a	0			0			59	11,46	1,99	59	11,46	1,99
B10	B10	60	11,75	2,16	75	11,11	2,45	24	11,15	1,76	159	11,36	2,26
B12	B12	50	8,4	1,28	74	7,78	2,79	0			124	8,03	2,32
B13	B12	50	8,44	1,23	74	7,9	2,69	0			124	8,12	2,23
B14	B14	61	10,17	2,44	73	9,7	2,55	23	10,61	2,03	157	10,01	2,45
B15	B14	0			70	8,26	2,33	58	10,63	1,99	128	9,34	2,47
B20	B22	58	14,32	3,38	25	14,96	3,87	0			83	14,51	3,52
B21	B22	58	14,32	3,38	25	14,93	3,87	0			83	14,5	3,52
B22	B22	0			24	15,44	3,12	21	16,96	2,8	45	16,15	3,04
B24	B24	55	11,77	2,53	71	11	2,89	24	11,57	1,68	150	11,37	2,61
C2	C2	40	9,69	1,93	51	9,49	3,4	72	9,66	3,77	163	9,61	3,27
C2a	C2a	0			0			55	10,33	5,17	55	10,33	5,17
C2b	C2b	0			0			69	7,78	3,11	69	7,78	3,11
C9	C9	41	8,27	1,87	50	6,78	3,1	71	7,92	3,53	162	7,66	3,09
C9a	C9a	0			0			35	8,07	4,28	35	8,07	4,28
C12	C12	0			45	9,97	4	0			45	9,97	4
C13	C12	2	7,75	0,35	46	10,06	3,99	33	10,61	2,82	81	10,23	3,52
C14	C14	0			51	7,07	2,93	59	9,48	2,24	110	8,37	2,84
C14a	C14	0			0			0			0		
C15	C16	38	10,17	2,49	46	9,33	3,92	50	8,42	4,3	134	9,23	3,77
C16	C16	37	10,25	2,47	47	9,37	3,89	0			84	9,76	3,35
C17	C18	35	8,8	1,41	50	7,98	2,95	58	9,45	2,31	143	8,78	2,46
C18	C18	33	8,81	1,43	50	7,98	2,95	0			83	8,31	2,48
C28	C28	0			0			0			0		
C30	C30	0			46	9,28	3,61	72	10,29	3,7	118	9,89	3,68
C34	C30	0			0			0			0		
C33a	C30	0			0			0			0		
C33b	C30	0			0			0			0		
C30a	C30a	0			0			73	8,9	3,79	73	8,9	3,79
C31	C31	8	8,23	2,24	35	7,07	4,45	58	11,1	2,64	101	9,48	3,84
C31a	C31a	0			0			0			0		
C41	C41	0			20	9,44	1,1	56	9,76	2,18	76	9,68	1,95

Nb = nombre d'éléments durant la période; moy = moyenne durant la période; std = écart-type durant la période.

Station de mesure	Bassin correspondant	mai et juin 1982			mai et juin 1983			mai et juin 1984		
		nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	AT	4	10,7	0,77	8	9,16	3,06	21	10,34	1,55
A2	A3	4	10,65	1,69	13	10,28	3,74	7	10,47	1,11
A3	A3	4	10,65	1,69	13	10,28	3,74	0		
A5	A5	0			9	10,4	3,96	8	11,6	1,38
A8	A8	4	9,88	0,75	15	9,63	3,81	28	9,45	1,69
T	T	7	8,61	0,69	28	6,88	2,87	21	8,63	1,83
BT	BT	6	6,12	0,87	27	5,22	2,26	20	7,6	1,93
B1	B1	0			0			0		
B2	B1	6	8,2	0,8	28	8,16	3,2	21	8,58	1,58
B5	B5	0			26	9,05	3,03	20	10,7	1,84
B5a	B5a	0			0			21	10,3	2,15
B10	B10	6	11,28	1,59	27	9,85	3,12	9	10,36	1,9
B12	B12	0			27	4,94	2,45	0		
B13	B12	0			27	5,28	2,5	0		
B14	B14	6	8,77	1,43	26	7,81	2,86	7	8,64	1,73
B15	B14	0			22	5,69	2,05	20	8,91	1,92
B20	B22	6	13,17	2,21	9	12,74	5,46	0		
B21	B22	6	13,17	2,21	9	12,74	5,46	0		
B22	B22	0			8	13,9	4,51	4	14,05	2,51
B24	B24	6	10,62	0,95	26	8,79	3,33	8	10,01	1,49
C2	C2	3	7,83	0,76	20	6,47	3,29	20	8,18	2,03
C2a	C2a	0			0			14	9,52	3,65
C2b	C2b	0			0			17	7,11	2,31
C9	C9	4	6,38	0,95	19	3,49	2,05	19	5,81	2,52
C9a	C9a	0			0			0		
C12	C12	0			19	6,51	3,62	0		
C13	C12	0			19	6,52	3,62	18	8,63	1,97
C14	C14	0			19	4,11	1,96	21	7,85	2,14
C14a	C14	0			0			0		
C15	C16	4	8,5	1,14	19	5,73	2,89	18	7,29	2,57
C16	C16	3	8,93	0,9	19	5,73	2,88	0		
C17	C18	1	7	0	19	5	2,5	20	7,09	2,08
C18	C18	0			19	5	2,5	0		
C28	C28	0			0			0		
C30	C30	0			14	4,69	2,89	20	8,57	2,02
C34	C30	0			0			0		
C33a	C30	0			0			0		
C33b	C30	0			0			0		
C30a	C30a	0			0			21	7,48	2,07
C31	C31	0			18	3,17	2,15	20	8,14	1,91
C31a	C31a	0			0			0		
C41	C41	0			0			19	7,67	1,94

*Les observations de l'année 1982 ont été mesurées du 23 juin au 30 octobre.

** Les observations de l'année 1983 ont été mesurées du 7 mai au 2 octobre.

*** Les observations de l'année 1984 ont été mesurées du 2 juin au 7 novembre.

****Total contient les données des 3 années.

Station de mesure	Bassin correspondant	juillet 1982			juillet 1983			juillet 1984		
		nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	AT	14	12,02	2,02	14	12,38	1,49	21	13,05	1,91
A2	A3	14	11,26	1,73	14	12,19	1,22	9	10,96	0,71
A3	A3	14	11,26	1,73	14	12,19	1,22	0		
A5	A5	0			14	14,92	1,66	9	12,7	1,81
A8	A8	14	11,23	1,16	14	11,14	1,17	34	12,35	1,1
T	T	30	10,74	1,75	26	10,28	1,26	21	11,31	1,19
BT	BT	27	8,71	1,7	26	8,71	0,97	21	9,98	1,33
B1	B1	0			0			0		
B2	B1	27	9,68	1,44	26	9,63	1,23	21	9,97	1,06
B5	B5	9	11,33	0,83	26	10,63	1,05	21	12,03	1,22
B5a	B5a	0			0			21	11,9	1,4
B10	B10	27	12,67	2,23	26	11,93	1,42	8	11,31	1,2
B12	B12	24	8,86	1,21	26	8,87	1,13	0		
B13	B12	25	8,83	1,2	26	8,87	1,13	0		
B14	B14	27	11,38	2,55	25	10,56	1,53	9	10,89	0,92
B15	B14	0			26	8,87	1,13	21	11,33	1,21
B20	B22	26	16,05	3,75	10	15,95	1,76	0		
B21	B22	26	16,05	3,75	10	15,88	1,78	0		
B22	B22	0			10	15,95	1,76	7	15,9	1,45
B24	B24	25	12,9	2,74	25	11,91	1,48	9	12,09	0,91
C2	C2	18	10,46	2,06	16	11,18	1,51	21	12,25	1,03
C2a	C2a	0			0			11	13,79	2,91
C2b	C2b	0			0			21	9,29	0,98
C9	C9	18	9,11	1,92	16	8,36	1,45	21	10,25	1,34
C9a	C9a	0			0			6	9,67	0,71
C12	C12	0			16	12,32	1,49	0		
C13	C12	0			15	12,42	1,48	9	12,71	1,53
C14	C14	0			16	8,34	1,51	21	10,17	1,33
C14a	C14	0			0			0		
C15	C16	16	11,19	2,79	15	11,41	2,16	12	12,66	1,74
C16	C16	16	11,19	2,79	16	11,4	2,08	0		
C17	C18	17	9,24	1,41	16	9,41	1,09	21	10,43	0,95
C18	C18	16	9,16	1,51	16	9,41	1,09	0		
C28	C28	0			0			0		
C30	C30	0			16	10,69	1,25	21	12,83	1,31
C34	C30	0			0			0		
C33a	C30	0			0			0		
C33b	C30	0			0			0		
C30a	C30a	0			0			21	11,5	1,6
C31	C31	5	8,64	2,36	9	10,64	1,44	21	12,26	0,99
C31a	C31a	0			0			0		
C41	C41	0			4	9,33	1,02	21	10,4	1,06

Station de mesure	Bassin correspondant	août 1982			août 1983			août 1984		
		nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	AT	12	9,92	2,4	10	12,16	1,78	17	12,65	1,79
A2	A3	12	10,4	1,75	10	12,12	2,69	7	11,49	1,48
A3	A3	12	10,4	1,75	10	12,12	2,69	0		
A5	A5	9	12,11	2,72	10	14,44	2,01	7	14,43	1,66
A8	A8	10	10,81	0,95	10	11,58	1,44	24	12,53	0,97
T	T	27	9,52	1,54	20	10,97	1,46	17	11,38	1,4
BT	BT	24	7,99	1,23	20	9,21	1,4	17	9,88	1,47
B1	B1	0			0			0		
B2	B1	24	8,55	1,47	20	9,8	1,43	17	10,36	1,1
B5	B5	24	9,35	1,35	20	10,57	1,53	17	12,19	1,7
B5a	B5a	0			0			17	12,36	1,82
B10	B10	24	11,13	1,78	20	11,8	1,92	7	11,97	1,89
B12	B12	23	8,15	1,16	19	10,13	1,11	0		
B13	B12	23	8,15	1,16	19	10,13	1,11	0		
B14	B14	24	9,66	1,82	20	10,94	1,79	7	12,23	1,8
B15	B14	0			20	10,18	1,1	17	11,79	1,44
B20	B22	23	13,16	2,25	6	16,63	2,16	0		
B21	B22	23	13,16	2,25	6	16,63	2,16	0		
B22	B22	0			6	16,63	2,16	10	18,86	2,29
B24	B24	20	11,33	1,97	18	12,91	1,55	7	12,67	1,46
C2	C2	16	9,52	1,57	13	11,88	1,66	17	12,76	1,84
C2a	C2a	0			0			16	14,39	2,73
C2b	C2b	0			0			17	10,02	1,56
C9	C9	16	8,13	1,48	13	9,45	1,3	16	10,99	1,81
C9a	C9a	0			0			17	11,29	1,76
C12	C12	0			8	12,95	2,32	0		
C13	C12	0			9	13,07	2,2	6	13,42	1,53
C14	C14	0			14	9,11	1,85	17	10,65	2,15
C14a	C14	0			0			0		
C15	C16	16	9,88	2,11	10	12,7	2,25	6	13,22	1,43
C16	C16	16	9,88	2,11	10	12,7	2,25	0		
C17	C18	15	8,67	1,27	13	10,27	1,18	17	11,02	1,38
C18	C18	15	8,68	1,28	13	10,27	1,18	0		
C28	C28	0			0			0		
C30	C30	0			14	12,01	1,19	17	13,31	1,72
C34	C30	0			0			0		
C33a	C30	0			0			0		
C33b	C30	0			0			0		
C30a	C30a	0			0			17	11,82	1,65
C31	C31	2	8,8	0,99	6	12,1	1,02	17	13,15	1,46
C31a	C31a	0			0			0		
C41	C41	0			14	9,55	1,21	16	11,41	1,57

ANNEXE 2 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES BASSINS

Bassin	1982			1983			1984			total		
	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	33	10,81	2,27	34	11,47	2,36	58	11,94	2,09	125	11,51	2,24
A3	34	10,69	1,69	39	11,43	2,75	23	10,97	1,13	96	11,06	2,10
A5	9	12,11	2,72	34	13,47	3,15	24	12,84	1,93	67	13,06	2,72
A8	28	10,89	1,10	41	10,65	2,61	58	11,48	1,90	127	11,08	2,05
T	68	9,90	1,76	76	9,18	2,70	73	9,13	3,36	217	9,39	2,71
BT	60	8,05	1,63	75	7,57	2,41	58	9,13	1,93	193	8,19	2,14
B1	60	9,00	1,51	76	9,15	2,30	67	9,10	2,04	203	9,09	2,00
B5	35	9,81	1,55	75	9,99	2,20	58	11,62	1,71	168	10,52	2,07
B5a	0			0			59	11,46	1,99	59	11,46	1,99
B10	60	11,75	2,16	75	11,11	2,45	24	11,15	1,76	159	11,36	2,26
B12	51	8,40	1,26	74	7,84	2,69	0			125	8,06	2,23
B14	60	10,24	2,40	74	8,85	2,39	58	10,69	2,01	192	9,84	2,41
B22	58	14,32	3,38	25	14,95	3,87	21	16,96	2,80	104	15,00	3,52
B24	55	11,77	2,53	71	11,00	2,89	24	11,57	1,68	150	11,37	2,61
C2	40	9,69	1,93	51	9,49	3,40	72	9,66	3,77	163	9,61	3,27
C2a	0			0			55	10,33	5,17	55	10,33	5,17
C2b	0			0			69	7,78	3,11	69	7,78	3,11
C9	41	8,27	1,87	50	6,78	3,10	71	7,92	3,53	162	7,66	3,09
C9a	0			0			35	8,07	4,28	35	8,07	4,28
C12	2	7,75	0,35	47	10,08	3,95	33	10,61	2,82	82	10,23	3,50
C14	0			51	7,07	2,93	59	9,48	2,24	110	8,37	2,84
C16	38	10,17	2,49	47	9,37	3,89	50	8,42	4,30	135	9,24	3,76
C18	36	8,83	1,42	50	7,98	2,95	58	9,45	2,31	144	8,78	2,45
C28	0			0			0			0		
C30	0			46	9,28	3,61	72	10,29	3,70	118	9,89	3,68
C30a	0			0			72	8,96	3,76	72	8,96	3,76
C31	8	8,23	2,24	35	7,07	4,45	58	11,10	2,64	101	9,48	3,84
C31a	0			0			0			0		
C41	0			20	9,44	1,10	56	9,76	2,18	76	9,68	1,95

Nb = nombre de jours observés durant la période;

moy = moyenne des moyennes journalières durant la période;

std = écart-type des moyennes durant la période.

*Les observations de l'année 1982 ont été mesurées du 23 juin au 30 octobre.

** Les observations de l'année 1983 ont été mesurées du 7 mai au 2 octobre.

*** Les observations de l'année 1984 ont été mesurées du 2 juin au 7 novembre.

****Total contient les données des 3 années.

Bassin correspondant	mai et juin 1982			mai et juin 1983			mai et juin 1984		
	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	4	10,70	0,77	8	9,16	3,06	21	10,34	1,55
A3	4	10,65	1,69	13	10,28	3,74	7	10,47	1,11
A5	0			9	10,40	3,96	8	11,60	1,38
A8	4	9,88	0,75	15	9,63	3,81	21	9,64	1,58
T	7	8,61	0,69	28	6,88	2,87	21	8,63	1,83
BT	6	6,12	0,87	27	5,22	2,26	20	7,60	1,93
B1	6	8,20	0,80	28	8,16	3,20	21	8,58	1,58
B5	0			26	9,05	3,03	20	10,70	1,84
B5a	0			0			21	10,30	2,15
B10	6	11,28	1,59	27	9,85	3,12	9	10,36	1,90
B12	0			27	5,11	2,32	0		
B14	6	8,77	1,43	26	6,60	2,30	20	8,93	1,91
B22	6	13,17	2,21	9	12,74	5,46	4	14,05	2,51
B24	6	10,62	0,95	26	8,79	3,33	8	10,01	1,49
C2	3	7,83	0,76	20	6,47	3,29	20	8,18	2,03
C2a	0			0			14	9,52	3,65
C2b	0			0			17	7,11	2,31
C9	4	6,38	0,95	19	3,49	2,05	19	5,81	2,52
C9a	0			0			0		
C12	0			19	6,51	3,62	18	8,63	1,97
C14	0			19	4,11	1,96	21	7,85	2,14
C16	4	8,50	1,14	19	5,73	2,88	18	7,29	2,57
C18	1	7,00	0,00	19	5,00	2,50	20	7,09	2,08
C28	0			0			0		
C30	0			14	4,69	2,89	20	8,57	2,02
C30a	0			0			20	7,65	1,93
C31	0			18	3,17	2,15	20	8,14	1,91
C31a	0			0			0		
C41	0			0			19	7,67	1,94

Bassin correspondant	juillet 1982			juillet 1983			juillet 1984		
	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	14	12,02	2,02	14	12,38	1,49	20	13,01	1,83
A3	14	11,26	1,73	14	12,19	1,22	9	10,96	0,71
A5	0			14	14,92	1,66	9	12,70	1,81
A8	14	11,23	1,16	14	11,14	1,17	20	12,54	1,24
T	30	10,74	1,75	26	10,28	1,26	21	11,31	1,19
BT	27	8,71	1,70	26	8,71	0,97	21	9,98	1,33
B1	27	9,68	1,44	26	9,63	1,23	21	9,97	1,06
B5	9	11,33	0,83	26	10,63	1,05	21	12,03	1,22
B5a	0			0			21	11,90	1,40
B10	27	12,67	2,23	26	11,93	1,42	8	11,31	1,20
B12	25	8,83	1,20	26	8,87	1,13	0		
B14	27	11,38	2,55	26	9,68	1,22	21	11,38	1,15
B22	26	16,05	3,75	10	15,93	1,76	7	15,90	1,45
B24	25	12,90	2,74	25	11,91	1,48	9	12,09	0,91
C2	18	10,46	2,06	16	11,18	1,51	21	12,25	1,03
C2a	0			0			11	13,79	2,91
C2b	0			0			21	9,29	0,98
C9	18	9,11	1,92	16	8,36	1,45	21	10,25	1,34
C9a	0			0			6	9,67	0,71
C12	0			16	12,32	1,49	9	12,71	1,53
C14	0			16	8,34	1,51	21	10,17	1,33
C16	16	11,19	2,79	16	11,40	2,08	12	12,66	1,74
C18	17	9,22	1,44	16	9,41	1,09	21	10,43	0,95
C28	0			0			0		
C30	0			16	10,69	1,25	21	12,83	1,31
C30a	0			0			21	11,50	1,60
C31	5	8,64	2,36	9	10,64	1,44	21	12,26	0,99
C31a	0			0			0		
C41	0			4	9,33	1,02	21	10,40	1,06

Bassin correspondant	août 1982			août 1983			août 1984		
	nb	moy	std	nb	moy	std	nb	moy	std
AT	12	9,92	2,40	10	12,16	1,78	17	12,65	1,79
A3	12	10,40	1,75	10	12,12	2,69	7	11,49	1,48
A5	9	12,11	2,72	10	14,44	2,01	7	14,43	1,66
A8	10	10,81	0,95	10	11,58	1,44	17	12,51	1,02
T	27	9,52	1,54	20	10,97	1,46	17	11,38	1,40
BT	24	7,99	1,23	20	9,21	1,40	17	9,88	1,47
B1	24	8,55	1,47	20	9,80	1,43	17	10,36	1,10
B5	24	9,35	1,35	20	10,57	1,53	17	12,19	1,70
B5a	0			0			17	12,36	1,82
B10	24	11,13	1,78	20	11,80	1,92	7	11,97	1,89
B12	23	8,15	1,16	19	10,13	1,11	0		
B14	24	9,66	1,82	20	10,56	1,37	17	11,91	1,52
B22	23	13,16	2,25	6	16,63	2,16	10	18,86	2,29
B24	20	11,33	1,97	18	12,91	1,55	7	12,67	1,46
C2	16	9,52	1,57	13	11,88	1,66	17	12,76	1,84
C2a	0			0			16	14,39	2,73
C2b	0			0			17	10,02	1,56
C9	16	8,13	1,48	13	9,45	1,30	16	10,99	1,81
C9a	0			0			17	11,29	1,76
C12	0			9	13,07	2,20	6	13,42	1,53
C14	0			14	9,11	1,85	17	10,65	2,15
C16	16	9,88	2,11	10	12,70	2,25	6	13,22	1,43
C18	16	8,75	1,27	13	10,27	1,18	17	11,02	1,38
C28	0			0			0		
C30	0			14	12,01	1,19	17	13,31	1,72
C30a	0			0			17	11,82	1,65
C31	2	8,80	0,99	6	12,10	1,02	17	13,15	1,46
C31a	0			0			0		
C41	0			14	9,55	1,21	16	11,41	1,57

ANNEXE 3 : AIRES EQUIVALENTES DE COUPE EN FONCTION DU TEMPS

âge de la coupe (années)	aire équivalente de coupe (%)	âge de la coupe (années)	aire équivalente de coupe (%)
0	100	21	35
1	100	22	30
2	100	23	30
3	100	24	25
4	100	25	25
5	100	26	20
6	95	27	20
7	90	28	15
8	85	29	15
9	80	30	15
10	75	31	10
11	70	32	10
12	65	33	10
13	60	34	5
14	55	35	0
15	55		
16	50		
17	45		
18	45		
19	40		
20	35		

ANNEXE 4 : STATISTIQUE DU TEST DE *LILLIEFORS* DES BASSINS OU L'HYPOTHESE DE NORMALITE EST REJETEE

Année	Stations où on rejette Ho au seuil 5%	statistique observé	seuil observé	Conclusion au seuil 1%
1982	B5	0,1865	0,0482	Ho n'est pas rejetée.
	A5	0,1573	0,0442	Ho n'est pas rejetée.
	A8	0,1846	<0,01	Ho est encore rejetée.
	T	0,1507	<0,01	Ho est encore rejetée.
	BT	0,1282	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B2	0,1326	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B5	0,1847	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B10	0,1355	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B12	0,1554	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B13	0,1589	<0,01	Ho est encore rejetée.
1983	B14	0,1636	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B15	0,1529	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B20	0,1933	0,02	Ho n'est pas rejetée.
	B21	0,1961	0,0158	Ho n'est pas rejetée.
	B24	0,1481	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C2	0,1453	0,022	Ho n'est pas rejetée.
	C9	0,1527	0,0143	Ho n'est pas rejetée.
	C12	0,1721	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C13	0,1694	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C17	0,1622	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C18	0,1622	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C30	0,2094	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C31	0,1642	0,0343	Ho n'est pas rejetée.
	1984	AT	0,1353	0,0218
A8		0,1615	<0,01	Ho est encore rejetée.
T		0,1974	<0,01	Ho est encore rejetée.
BT		0,1392	0,018	Ho n'est pas rejetée.
B2		0,1156	0,0388	Ho n'est pas rejetée.
B5		0,1395	0,0175	Ho n'est pas rejetée.
B15		0,1167	0,0495	Ho n'est pas rejetée.
C2		0,1331	<0,01	Ho est encore rejetée.
C2B		0,1533	<0,01	Ho est encore rejetée.
C9		0,1372	<0,01	Ho est encore rejetée.
C9A		0,2145	<0,01	Ho est encore rejetée.
C17		0,146	<0,01	Ho est encore rejetée.
C30		0,1309	<0,01	Ho est encore rejetée.
C30A		0,156	<0,01	Ho est encore rejetée.
C31	0,1401	0,0167	Ho n'est pas rejetée.	

Année	Stations où on rejette Ho au seuil 5%	statistique observé	seuil observé	Conclusion au seuil 1%
	A2	0,1057	0,0235	Ho n'est pas rejetée.
	A8	0,1373	<0,01	Ho est encore rejetée.
	T	0,1284	<0,01	Ho est encore rejetée.
	BT	0,0993	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B2	0,0934	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B5	0,1213	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B10	0,0787	0,0303	Ho n'est pas rejetée.
	B12	0,1346	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B13	0,1301	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B14	0,0964	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B15	0,1102	<0,01	Ho est encore rejetée.
	B24	0,0966	<0,01	Ho est encore rejetée.
total	C2	0,1	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C2B	0,1533	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C9	0,1118	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C9A	0,2145	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C12	0,1721	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C13	0,1092	0,0321	Ho n'est pas rejetée.
	C14	0,1154	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C17	0,1165	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C18	0,1488	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C30	0,13	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C30A	0,156	<0,01	Ho est encore rejetée.
	C31	0,1297	<0,01	Ho est encore rejetée.

ANNEXE 5 : RESULTATS DU TEST DE *LILLIEFORS* SUR LES DONNEES TRANSFORMEES PAR *BOXCox*

lambda = 0	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de bassins où H ₀ est rejetée	%
	1982	23	6	26,1
	1983	29	28	96,6
	1984	27	9	33,3
	total	35	25	71,4
lambda = -1	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de rejets	%
	1982	23	12	52,2
	1983	29	29	100
	1984	27	12	44,4
	global	35	26	74,3
lambda = -0,5	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de rejets	%
	1982	23	10	43,5
	1983	29	29	100
	1984	27	10	37,0
	global	35	26	74,3

lambda = 0,5	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de rejets	%
	1982	23	4	17,4
	1983	29	26	89,7
	1984	27	19	70,4
	total	35	30	85,7
lambda = 1,5	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de rejets	%
	1982	23	0	0
	1983	29	12	41,4
	1984	27	12	44,4
	global	35	21	60,0
lambda = 2	Année	Nombre de stations	test de Lilliefors (seuil = 5%)	
			Nombre de rejets	%
	1982	23	5	21,7
	1983	29	8	27,6
	1984	27	8	29,6
	Total	35	15	42,9

ANNEXE 6 : COMPARAISONS DES RANGS MOYENS DE CHAQUE BASSIN

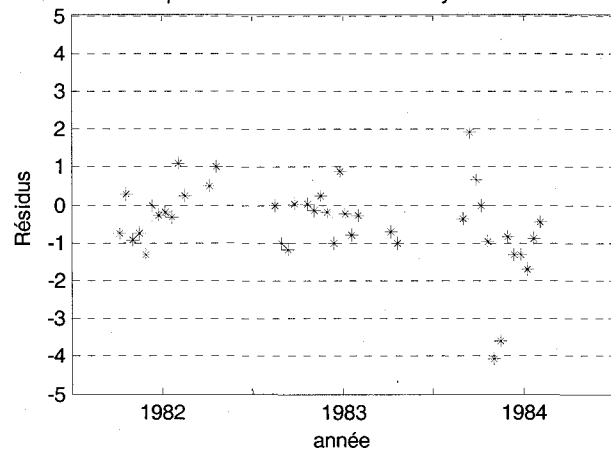
Année	Station	Nb de stations ayant une moyenne différente au seuil 5 %	Année	Station	Nb de stations ayant une moyenne différente au seuil 5 %
1982	AT	11	1983	B24	22
1982	A2	10	1983	C2	10
1982	A3	10	<u>1983</u>	<u>C9</u>	<u>47</u>
1982	A5	5	1983	C12	15
1982	A8	10	1983	C13	15
1982	T	12	<u>1983</u>	<u>C14</u>	<u>43</u>
<u>1982</u>	<u>BT</u>	<u>40</u>	1983	C15	8
1982	B2	21	1983	C16	8
1982	B5	7	1983	C17	25
1982	B10	28	1983	C18	25
<u>1982</u>	<u>B12</u>	<u>33</u>	1983	C30	8
<u>1982</u>	<u>B13</u>	<u>33</u>	1983	C31	21
1982	B14	11	1983	C41	8
<u>1982</u>	<u>B20</u>	<u>49</u>	<u>1984</u>	<u>AT</u>	<u>30</u>
<u>1982</u>	<u>B21</u>	<u>49</u>	1984	A2	9
1982	B24	24	<u>1984</u>	<u>A5</u>	<u>36</u>
1982	C2	8	1984	A8	28
1982	C9	25	1984	T	13
1982	C15	9	1984	BT	20
1982	C16	9	1984	B2	20
1982	C17	21	1984	B5	28
1982	C18	21	1984	B5A	23
1982	C31	6	1984	B10	13
1983	AT	21	1984	B14	5
1983	A2	20	1984	B15	18
1983	A3	20	<u>1984</u>	<u>B22</u>	<u>58</u>
<u>1983</u>	<u>A5</u>	<u>41</u>	1984	B24	18
1983	A8	15	1984	C2	12
1983	T	14	1984	C2A	16
<u>1983</u>	<u>BT</u>	<u>45</u>	<u>1984</u>	<u>C2B</u>	<u>33</u>
1983	B2	17	1984	C9	24
1983	B5	13	1984	C9A	12
1983	B10	23	1984	C13	8
<u>1983</u>	<u>B12</u>	<u>37</u>	1984	C14	12
<u>1983</u>	<u>B13</u>	<u>35</u>	1984	C15	15
1983	B14	13	1984	C17	12
1983	B15	29	1984	C30	20
<u>1983</u>	<u>B20</u>	<u>48</u>	1984	C30A	13
<u>1983</u>	<u>B21</u>	<u>47</u>	1984	C31	21
<u>1983</u>	<u>B22</u>	<u>50</u>	1984	C41	10

Au moins 30 stations différentes

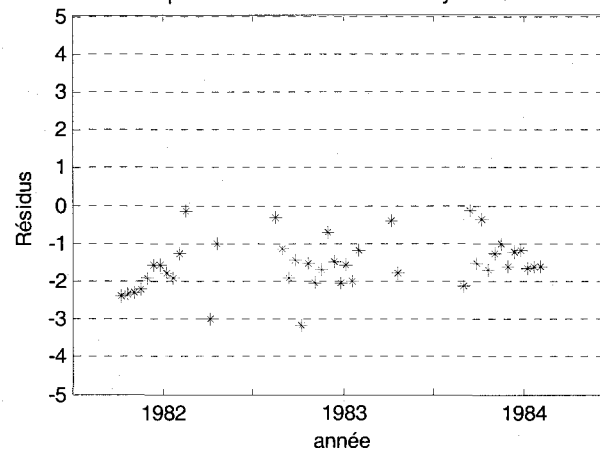
Au moins 50 stations différentes

ANNEXE 7. RESIDUS DES STATIONS OU LA STATIONNARITE A ETE REJETEE

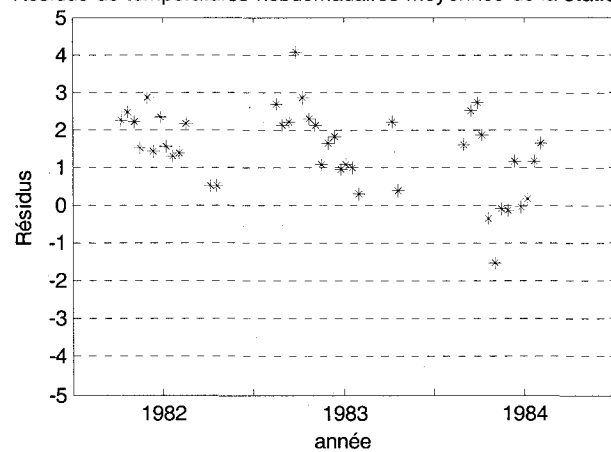
Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station A2



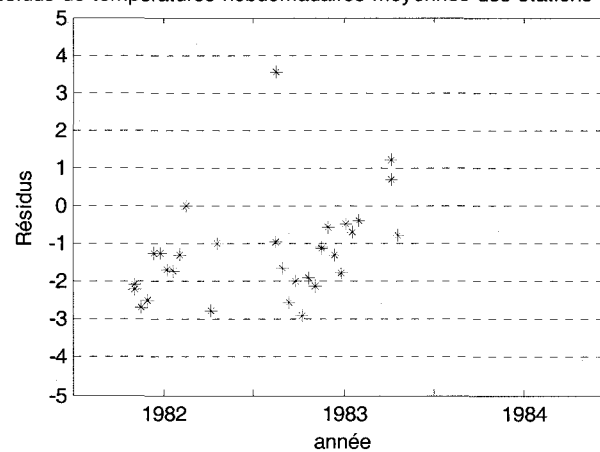
Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station BT



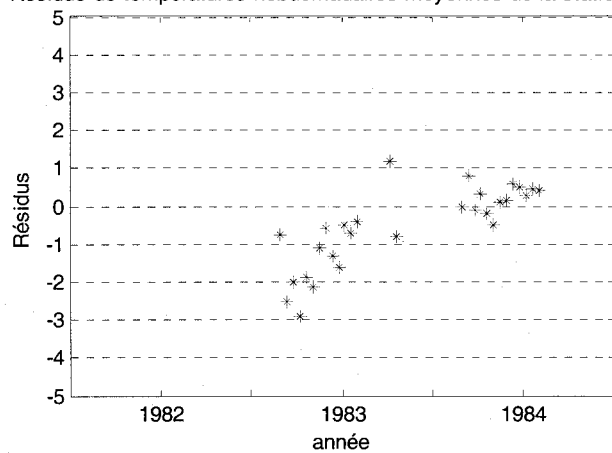
Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station B10



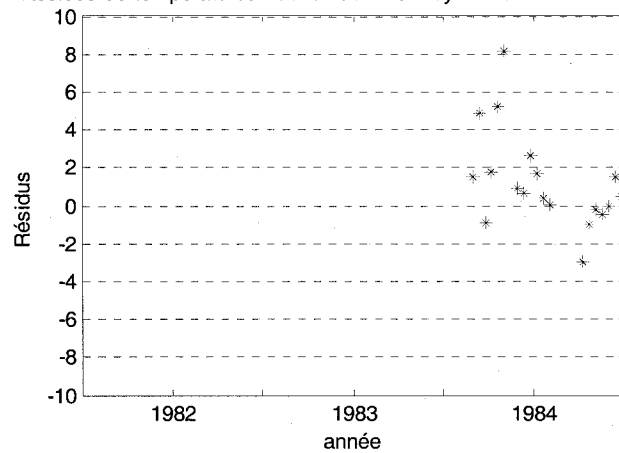
Résidus de températures hebdomadaires moyennes des stations B12 et B13



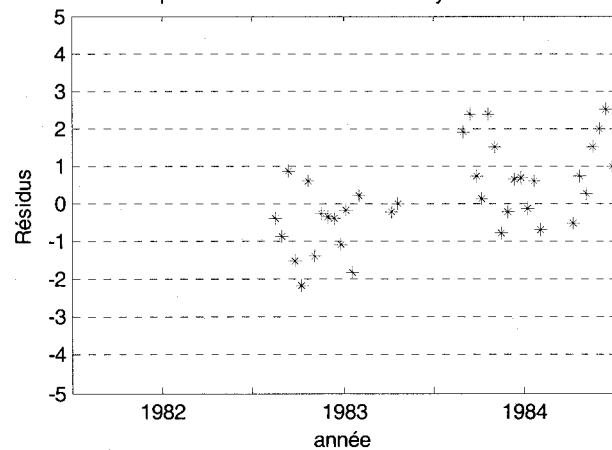
Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station B15



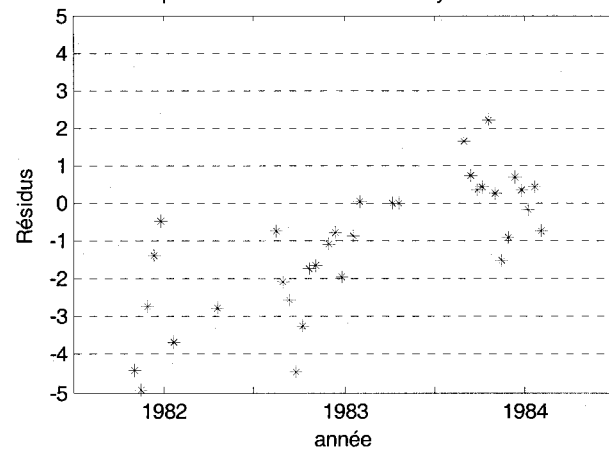
Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station C2A



Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station C30

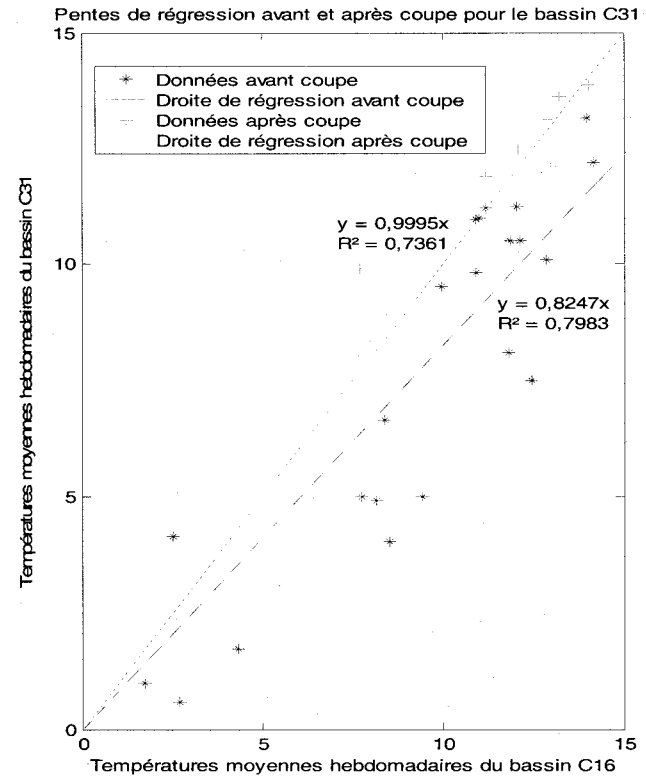
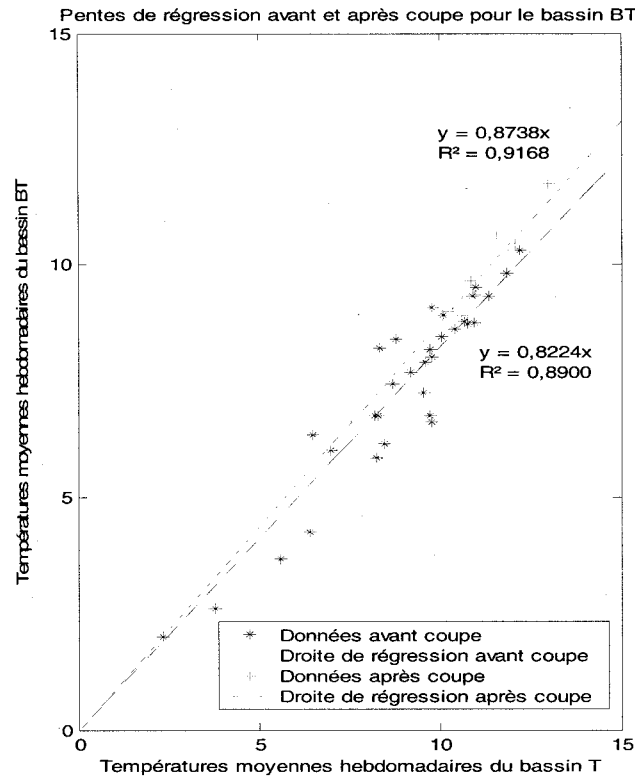


Résidus de températures hebdomadaires moyennes de la station C31



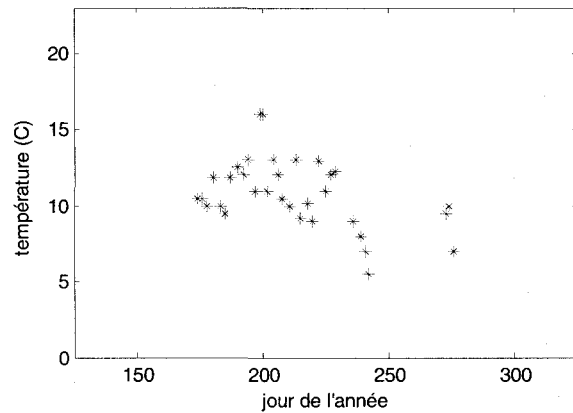
ANNEXE 8. RESULTATS DES REGRESSIONS AVANT ET APRES COUPE, DES TESTS SUR LES PENTES ET GRAPHIQUE DES DONNEES DES BASSINS OU L'EGALITE DES PENTES EST REJETEE

Groupe témoin	Groupe coupé	% coupe	Nb. sem. avant	pente avant	I.C. 95% (pente avant)	$R^2_{(0)}$	Nb. sem. après	pente après	I.C. 95% (pente après)	$R^2_{(0)}$	F observé	d.l.1	d.l.2	seuil observé
AT	A8	2,6	13	0,9288	[0,8694 ; 0,9882]	0,8627	24	0,9351	[0,9093 ; 0,9609]	0,7062	0,0532	1	33	0,8190
T	B1	46,0	30	0,9541	[0,9167 ; 0,9916]	0,7553	15	0,9125	[0,8755 ; 0,9496]	0,9234	2,0900	1	41	0,1559
T	BT	70,4	32	0,8224	[0,7962 ; 0,8485]	0,89	9	0,8738	[0,8529 ; 0,8948]	0,9168	5,3811	1	37	0,0260
C15C16	C31	40,0	22	0,8247	[0,7498 ; 0,8996]	0,7983	11	0,9995	[0,9436 ; 1,0553]	0,7361	11,3330	1	29	0,0022

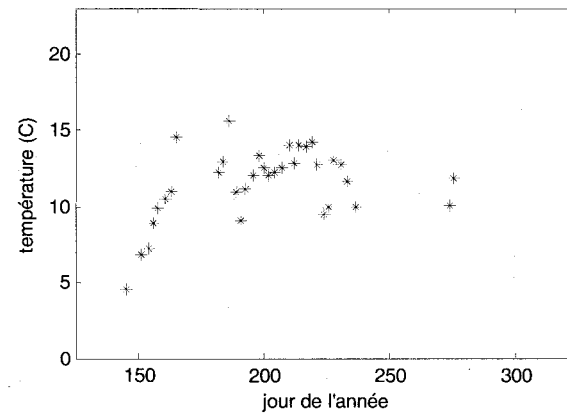


ANNEXE 9. TEMPERATURES JOURNALIERES MESUREES DURANT L'ETUDE SUR CHAQUE BASSIN

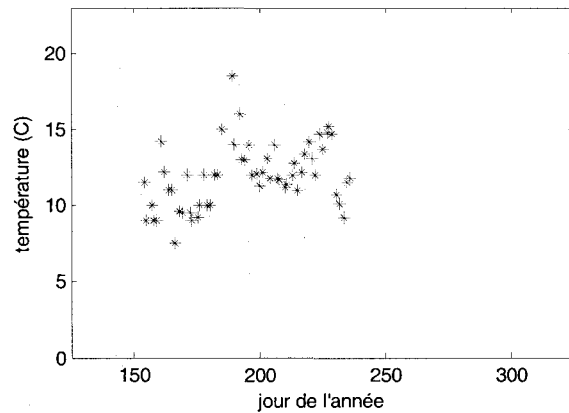
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin AT



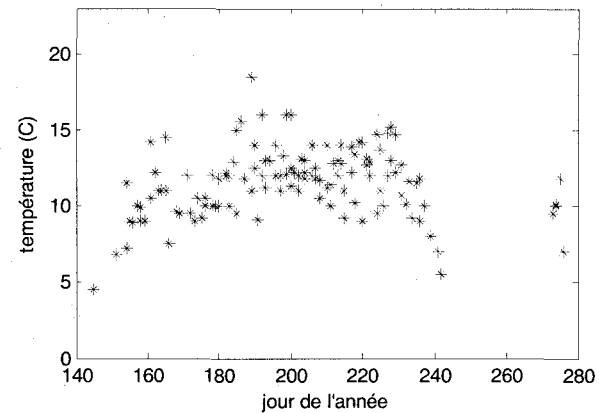
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin AT



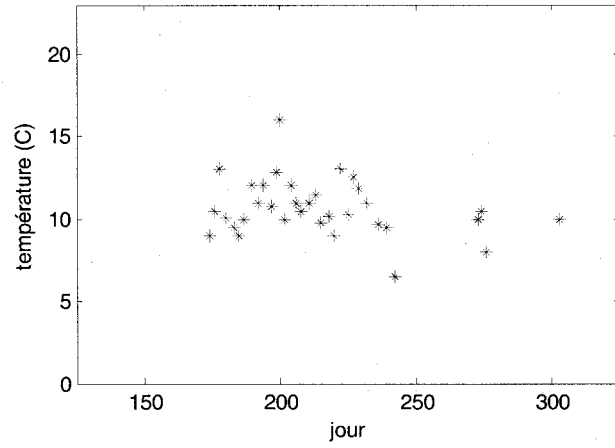
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin AT



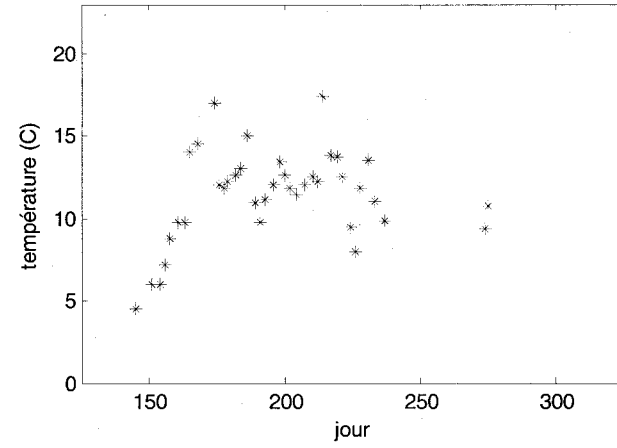
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin AT



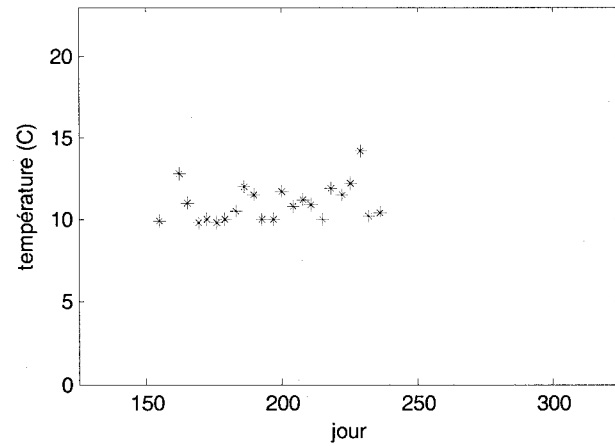
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin A3



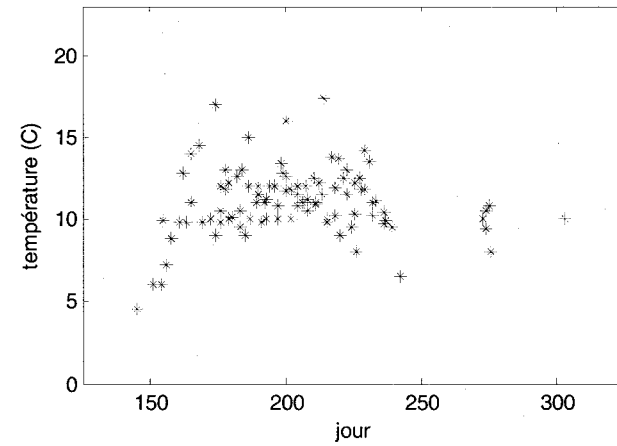
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin A3



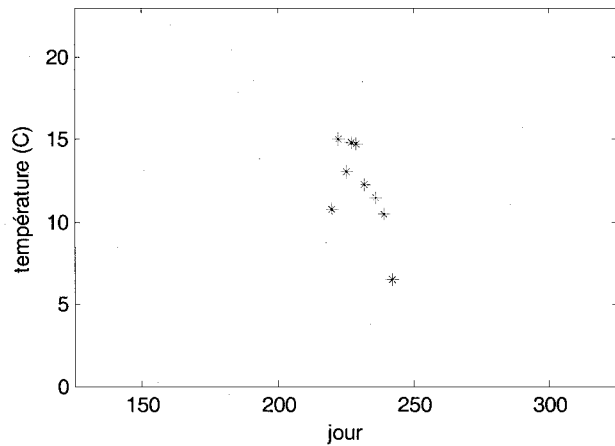
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin A3



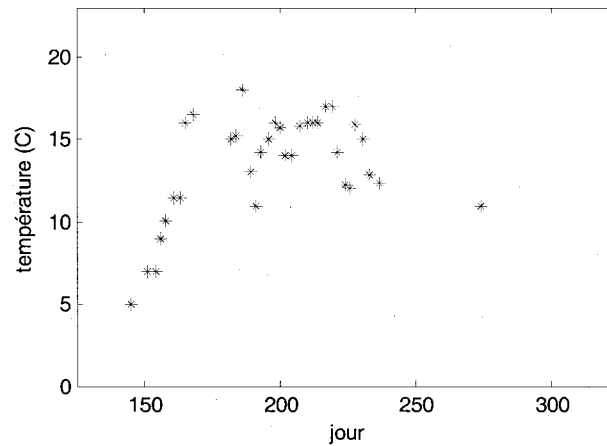
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin A3



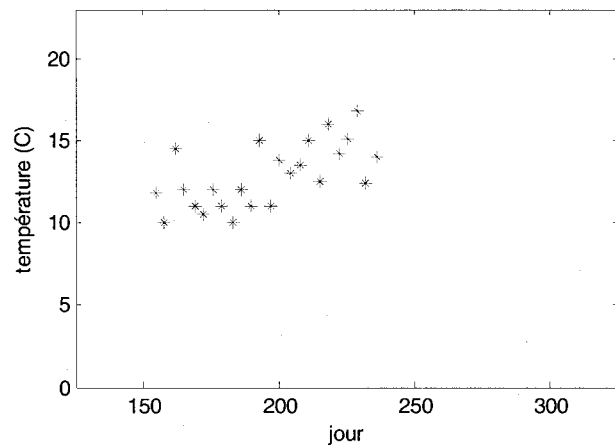
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin A5



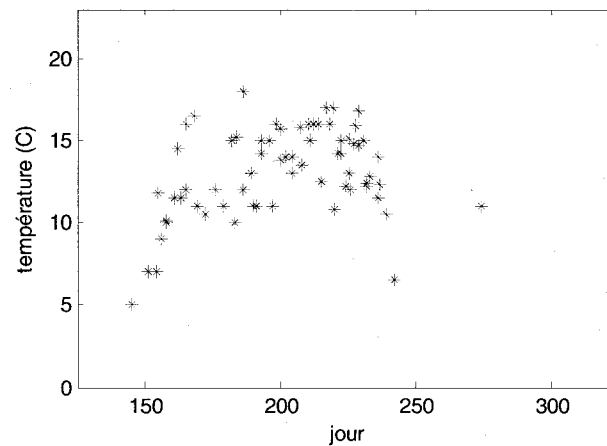
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin A5



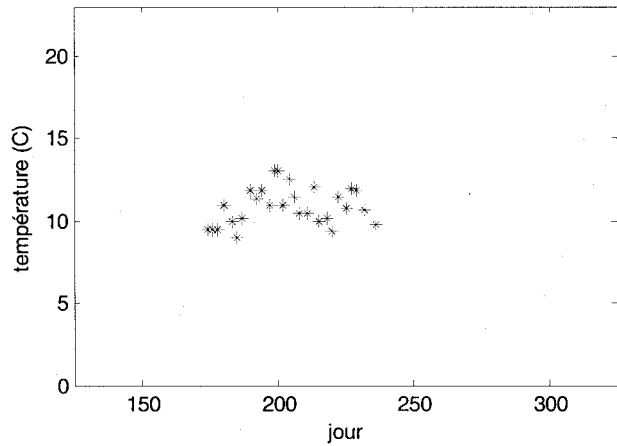
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin A5



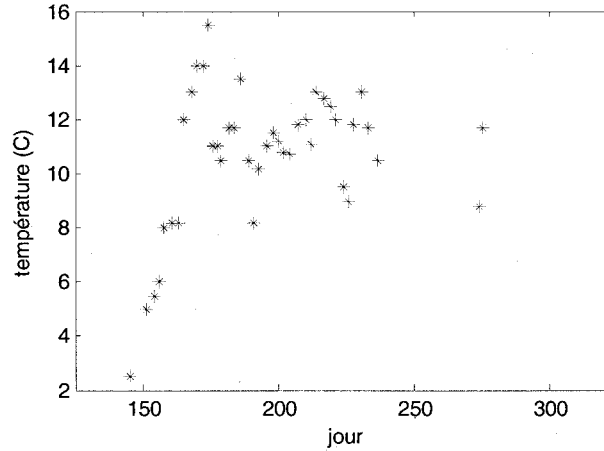
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin A5



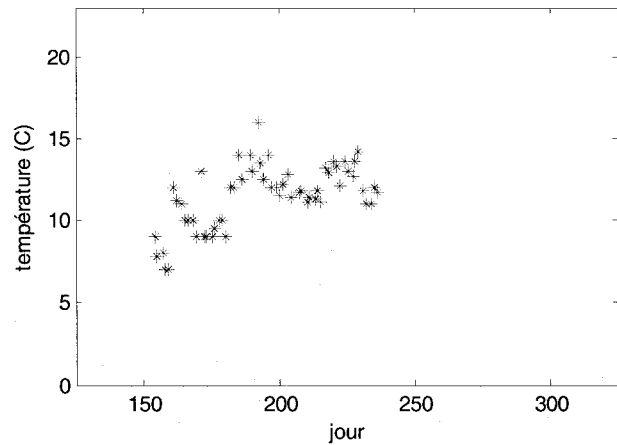
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin A8



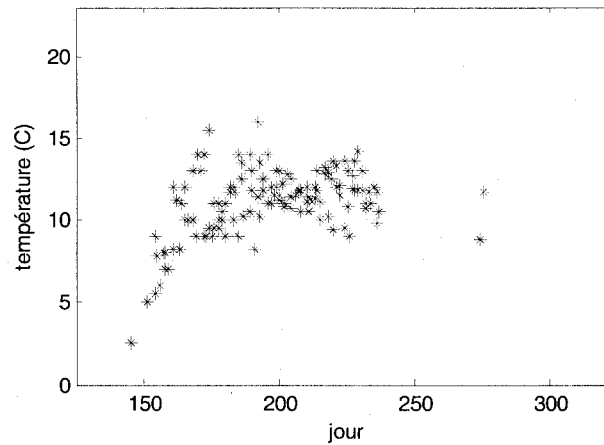
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin A8



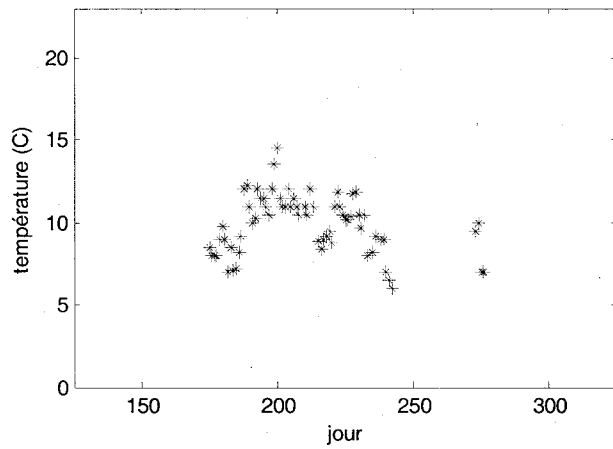
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin A8



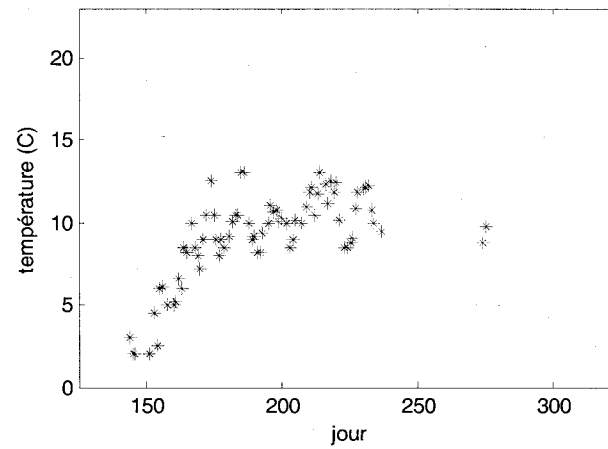
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin A8



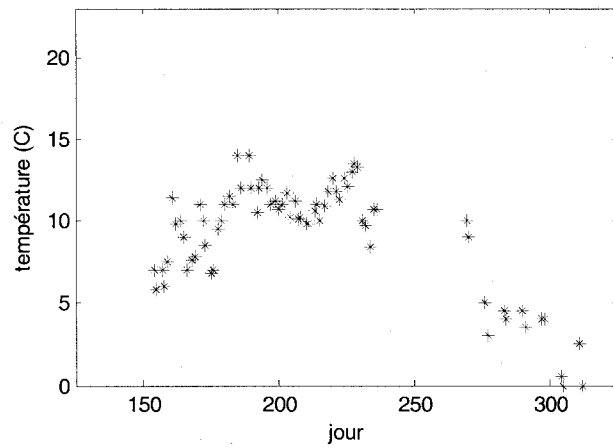
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin T



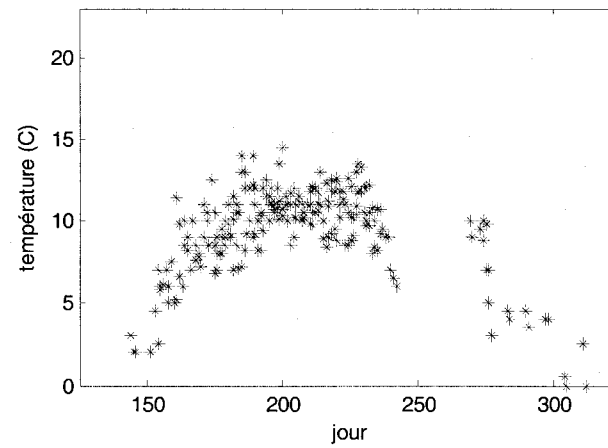
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin T



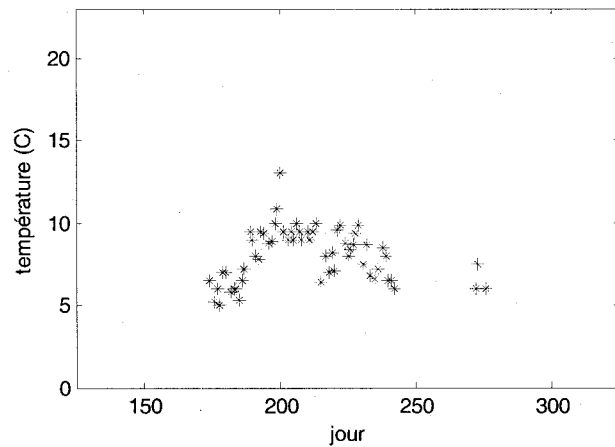
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin T



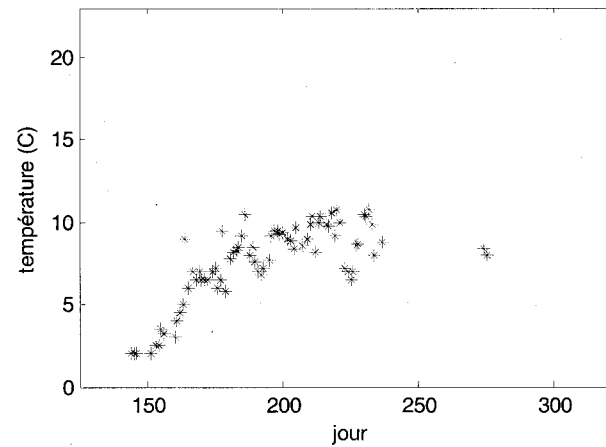
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin T



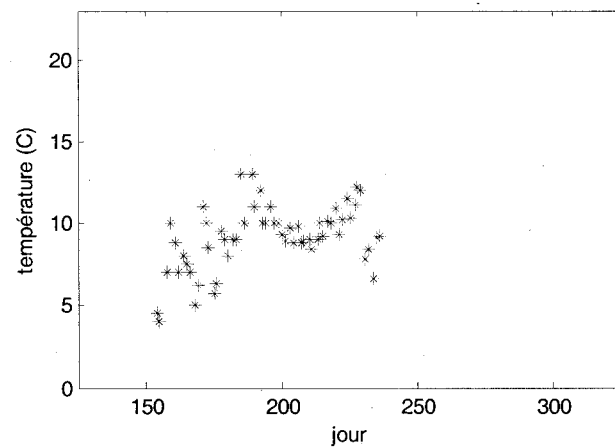
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin BT



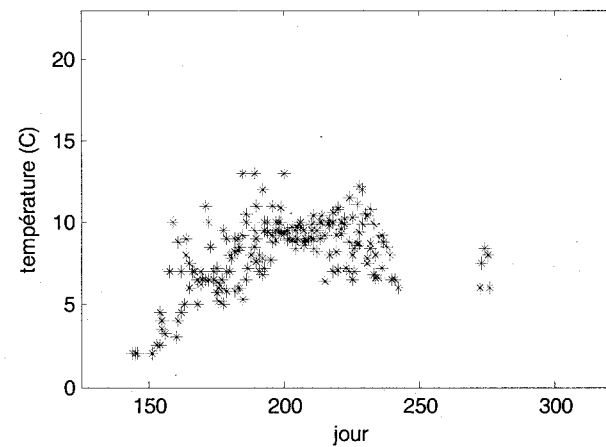
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin BT



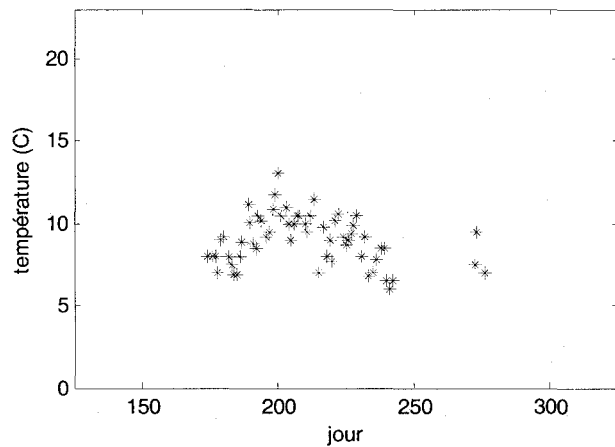
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin BT



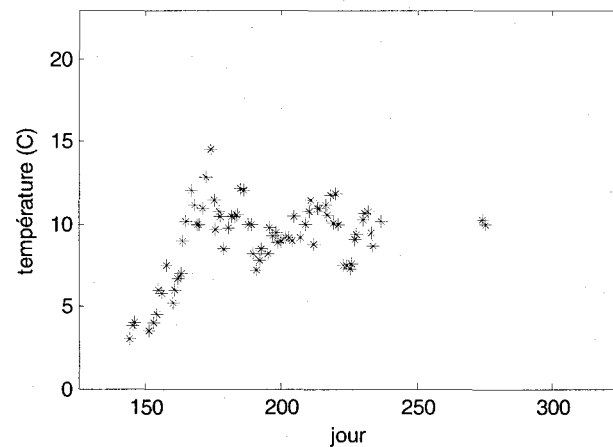
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin BT



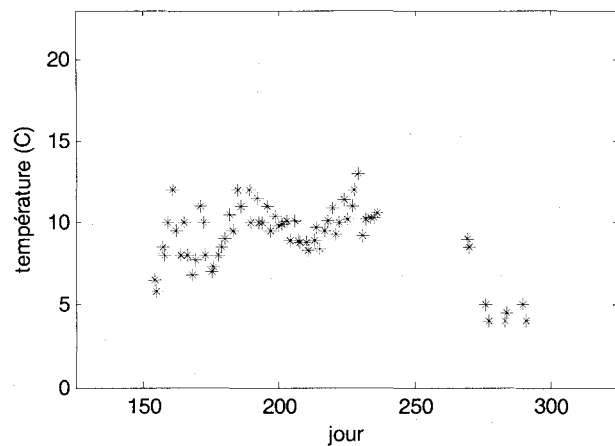
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B1



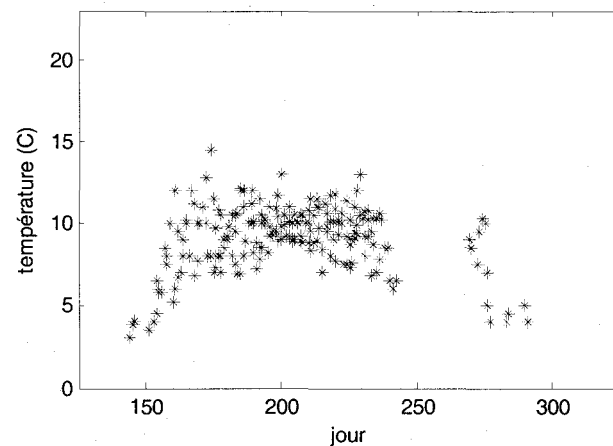
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B1



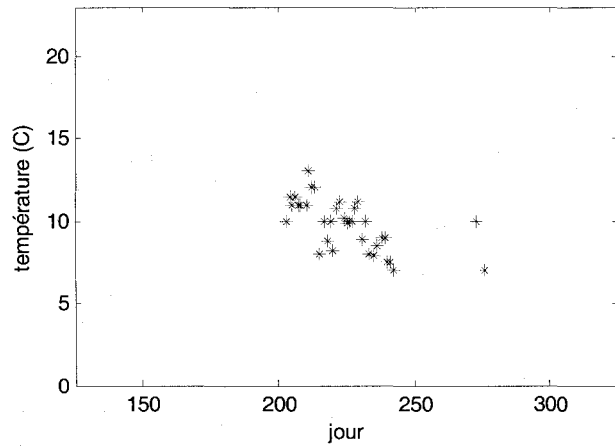
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B1



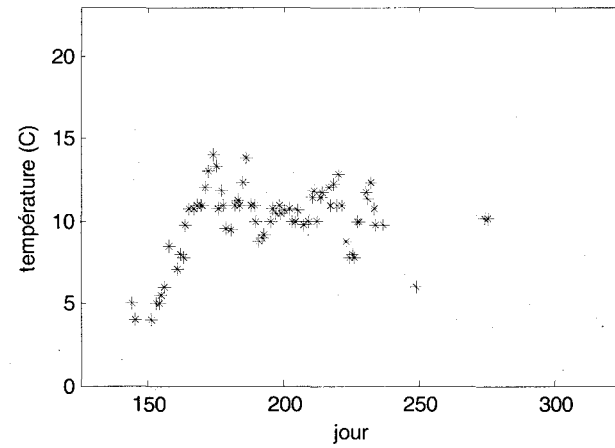
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B1



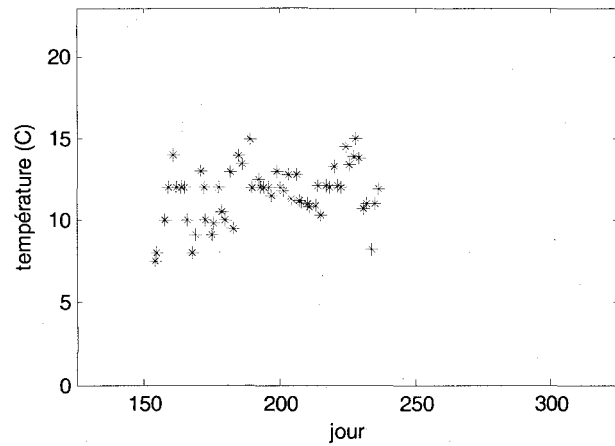
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B5



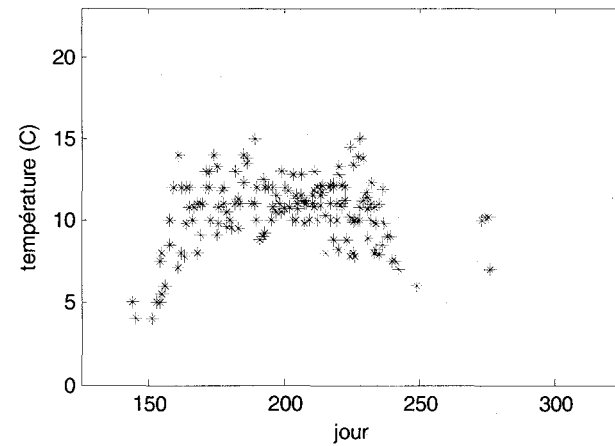
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B5



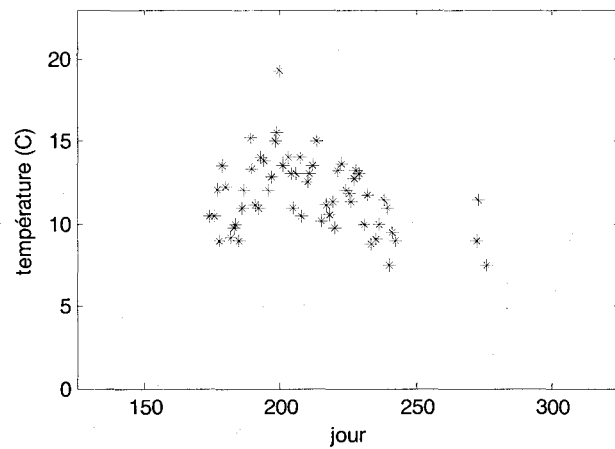
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B5



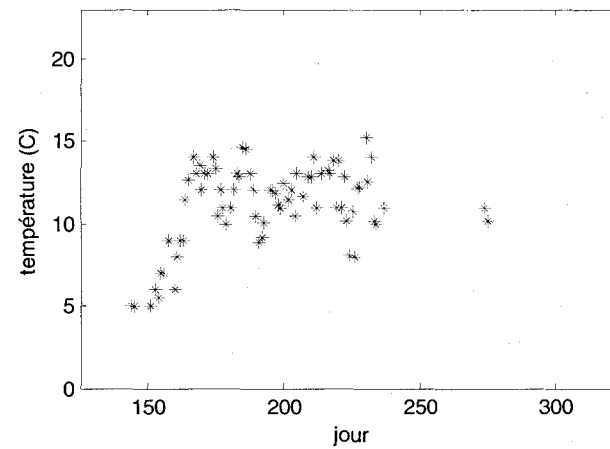
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B5



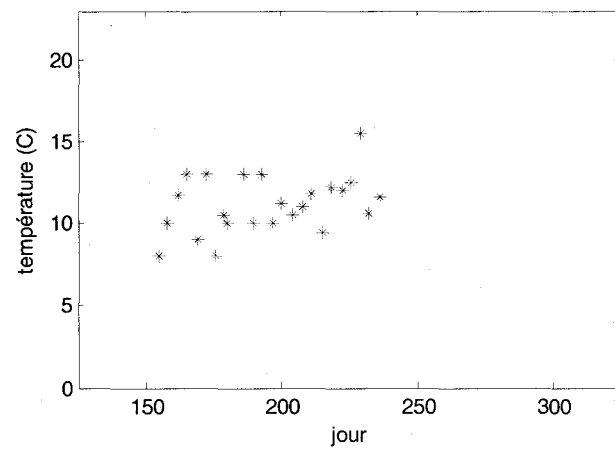
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B10



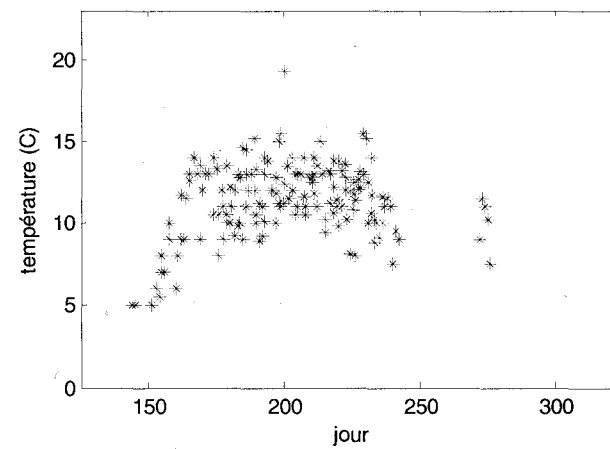
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B10



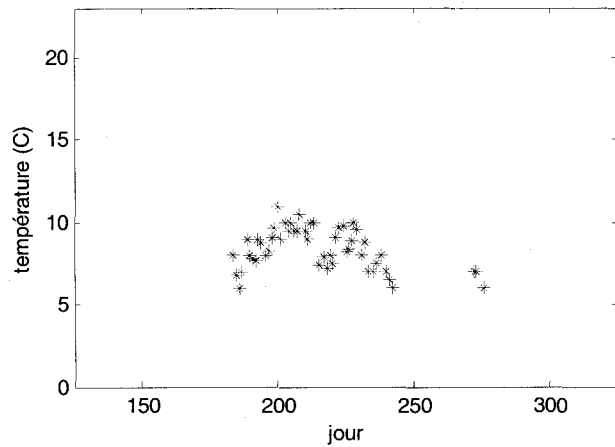
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B10



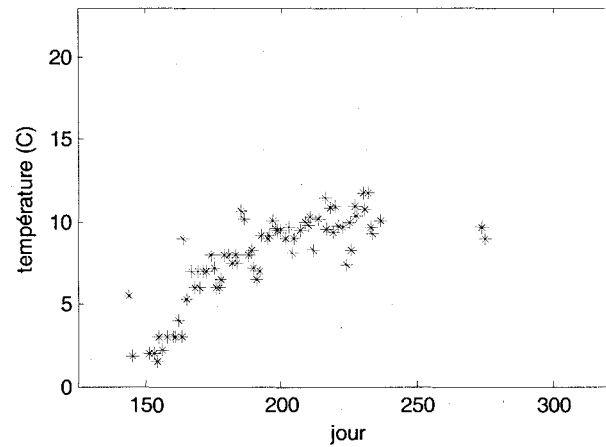
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B10



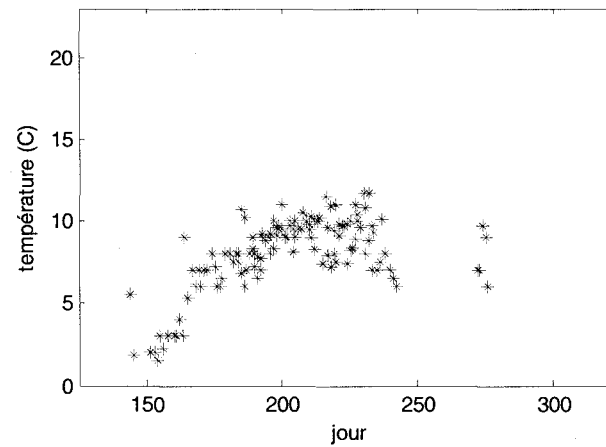
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B12



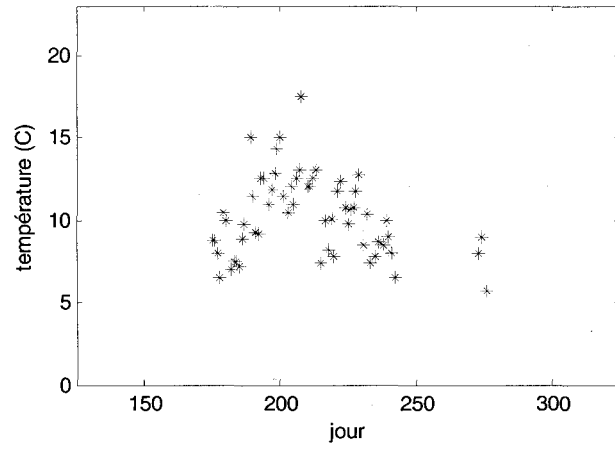
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B12



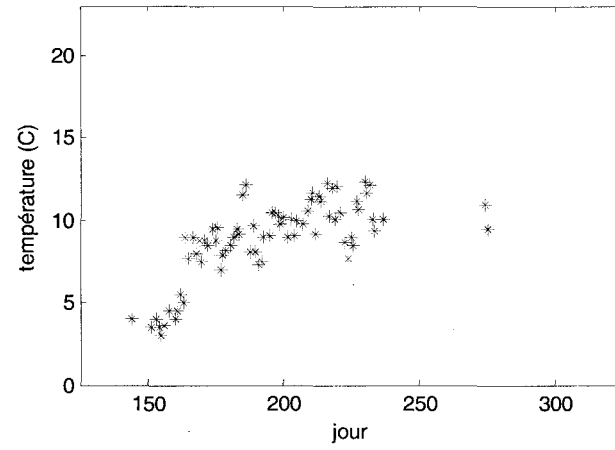
Températures journalières observées en 1982 et 1983 sur le bassin B12



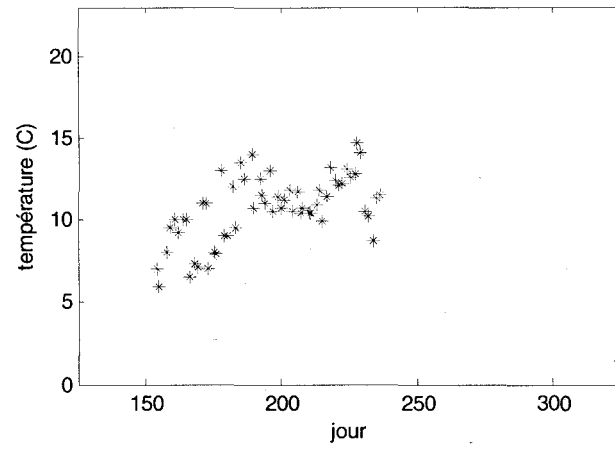
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B14



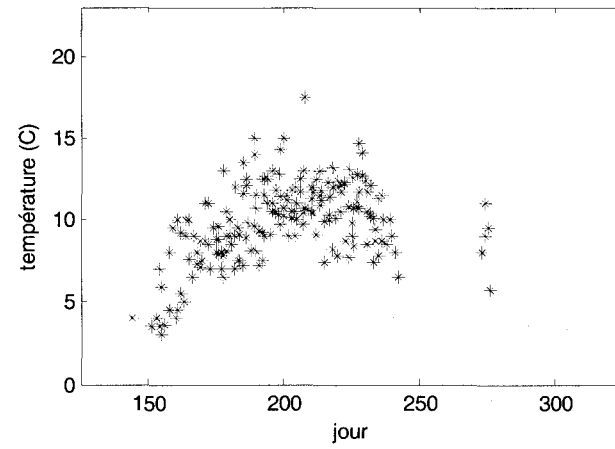
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B14



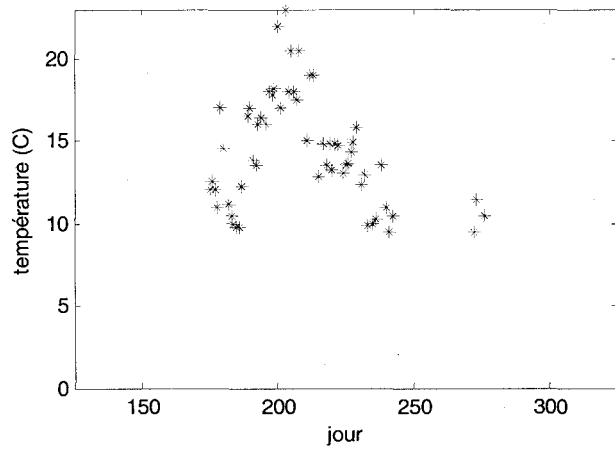
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B14



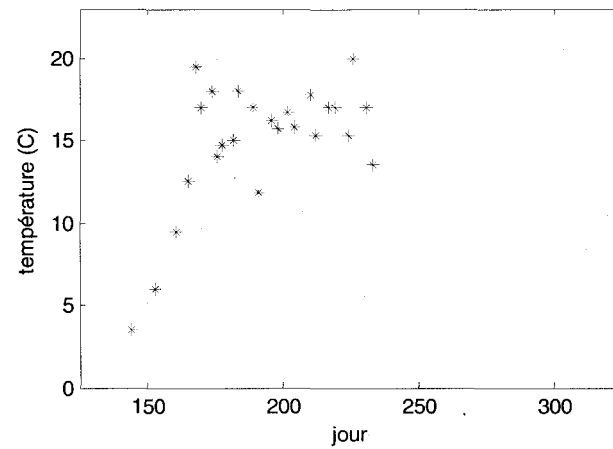
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B14



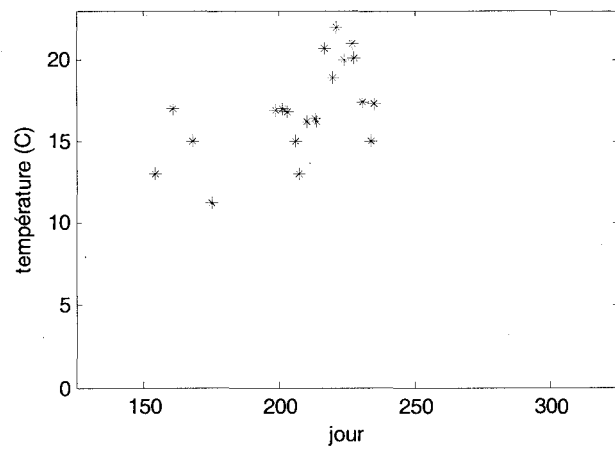
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B22



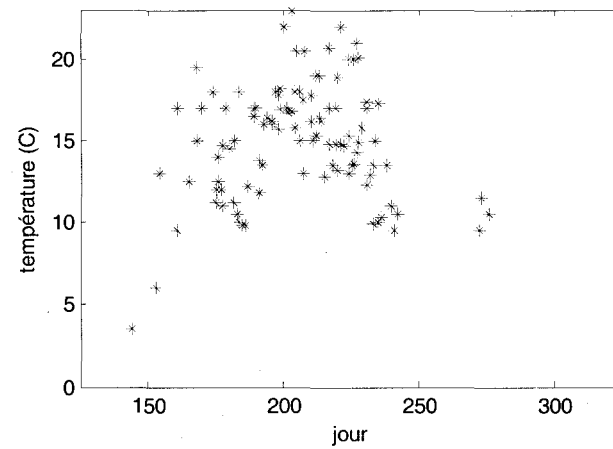
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B22



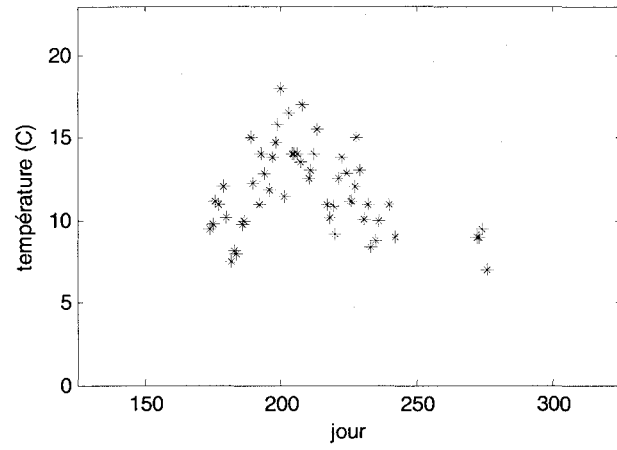
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B22



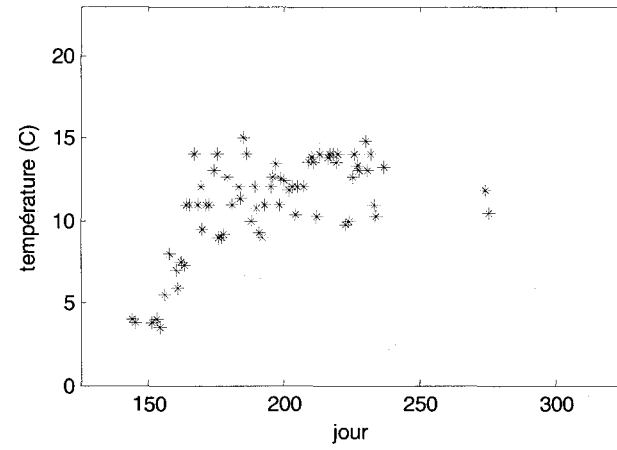
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B22



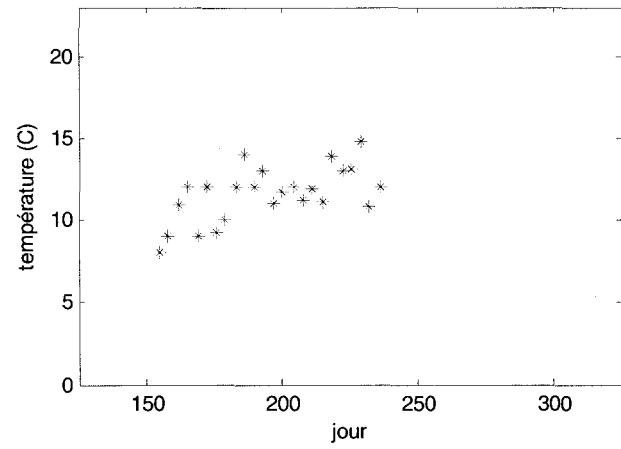
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin B24



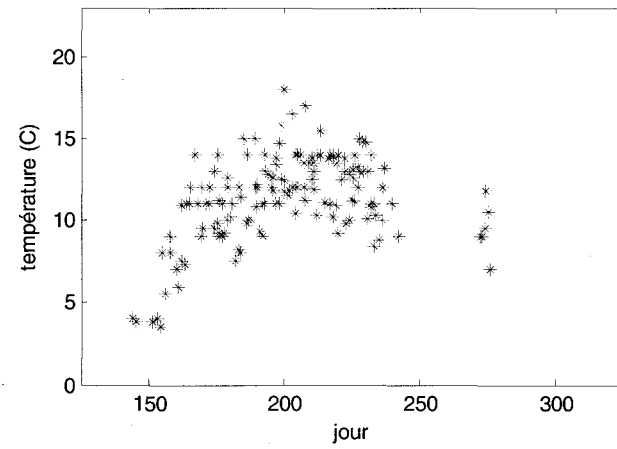
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin B24



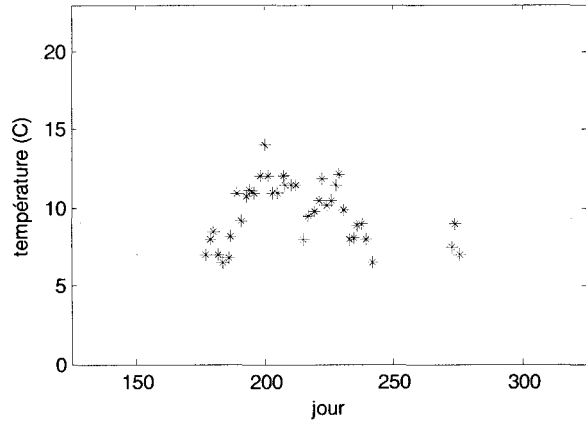
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B24



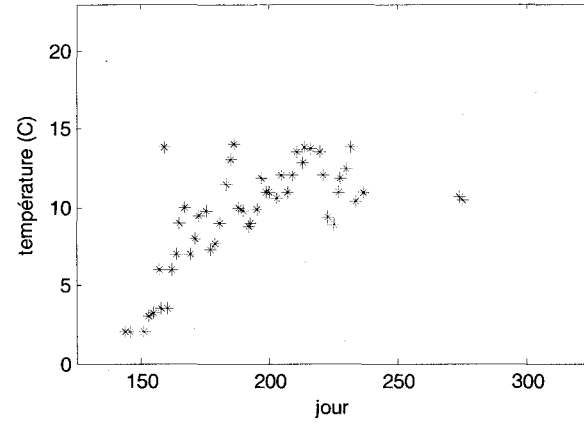
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin B24



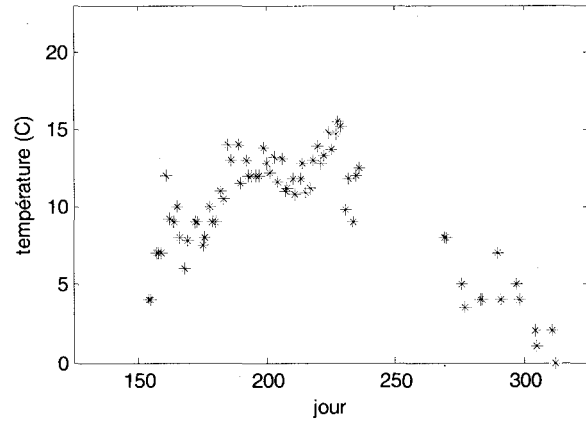
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C2



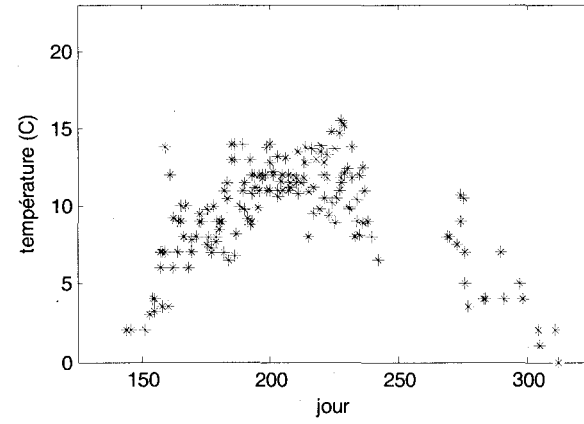
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C2



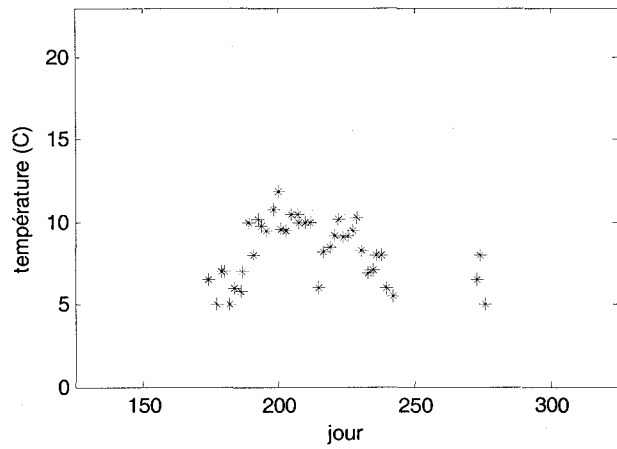
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C2



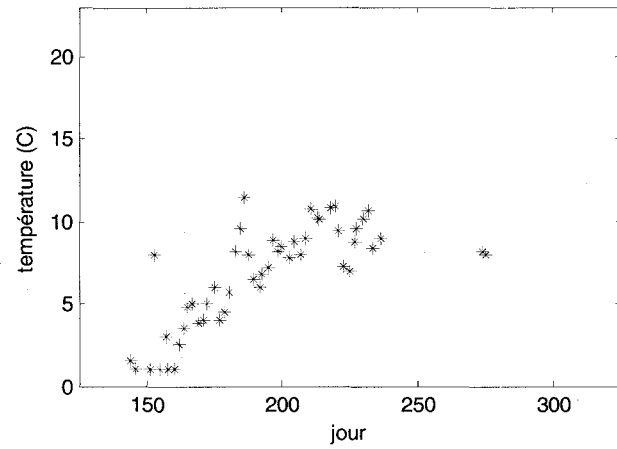
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C2



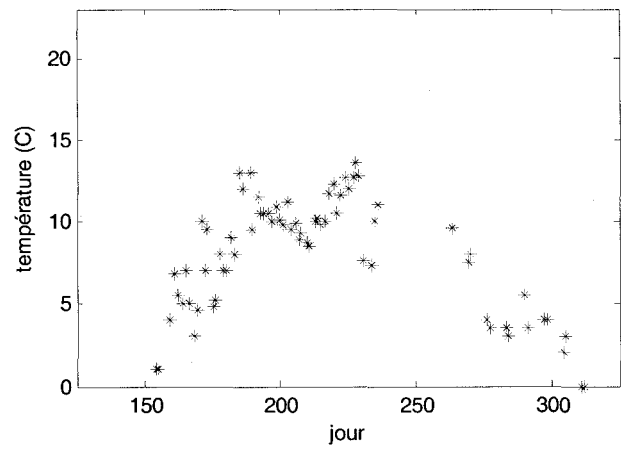
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C9



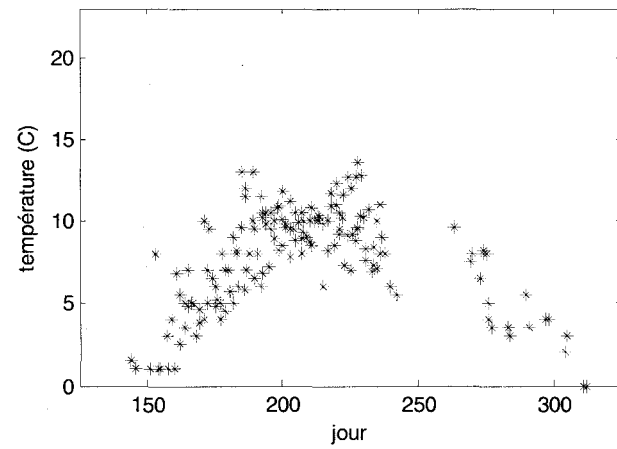
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C9



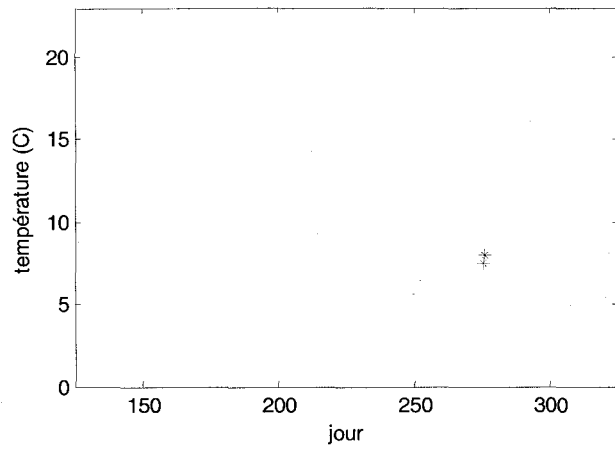
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C9



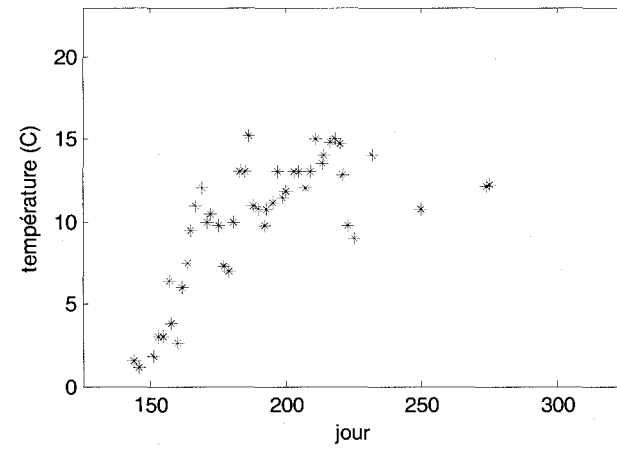
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C9



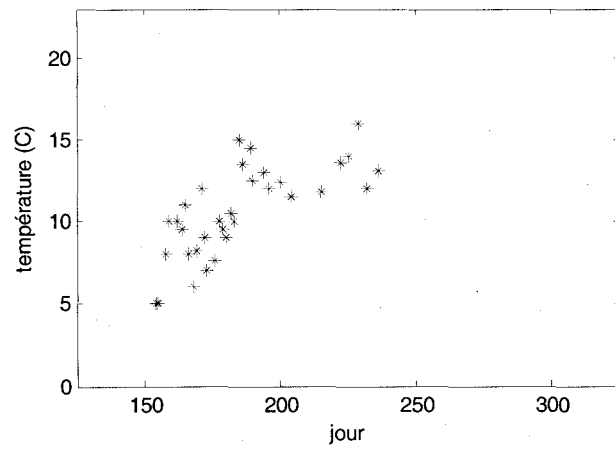
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C12



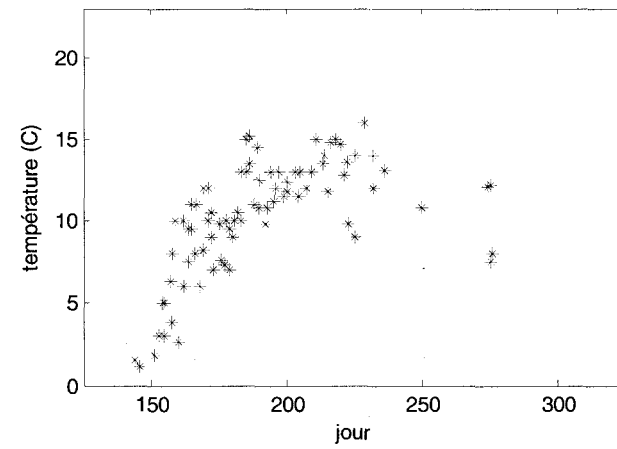
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C12

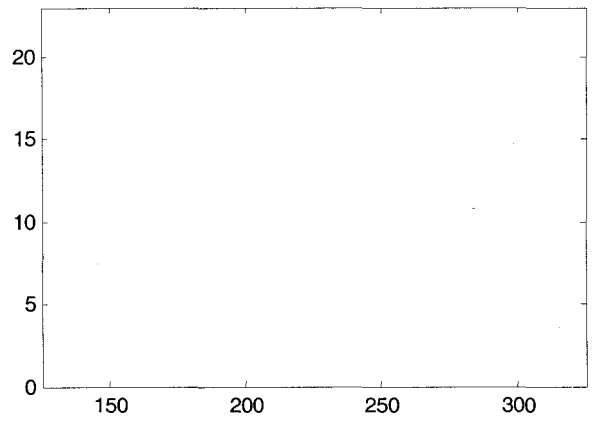


Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C12

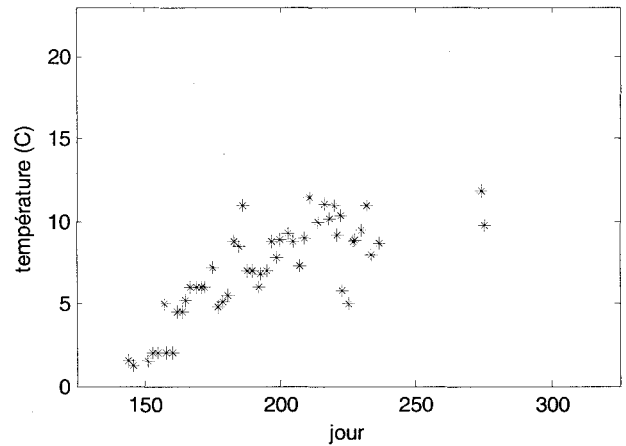


Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C12

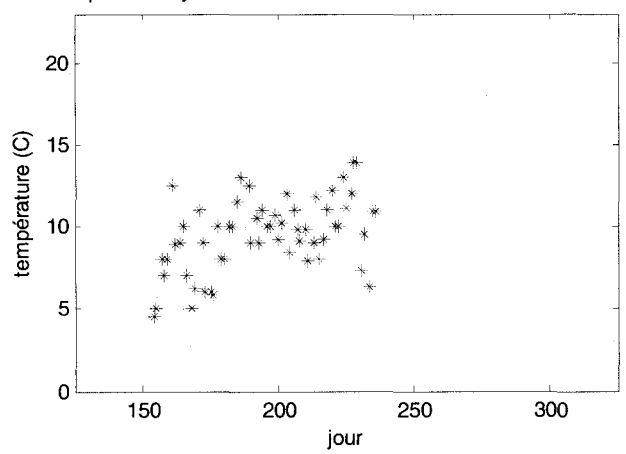




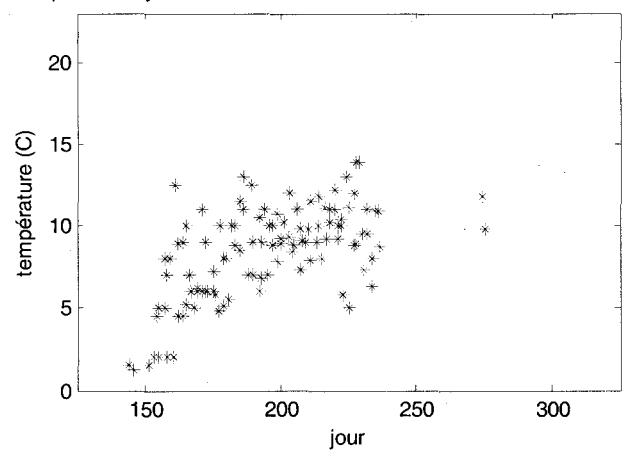
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C14



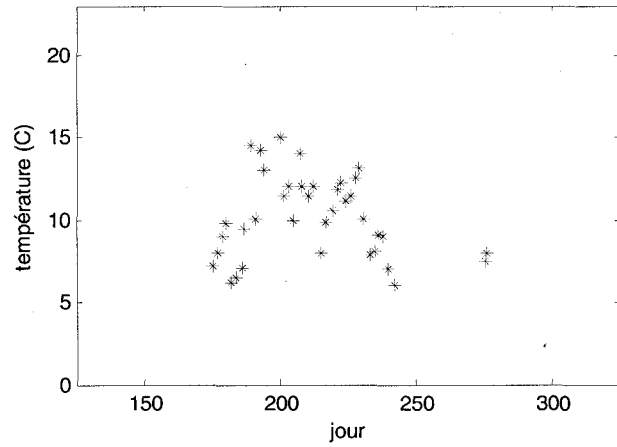
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C14



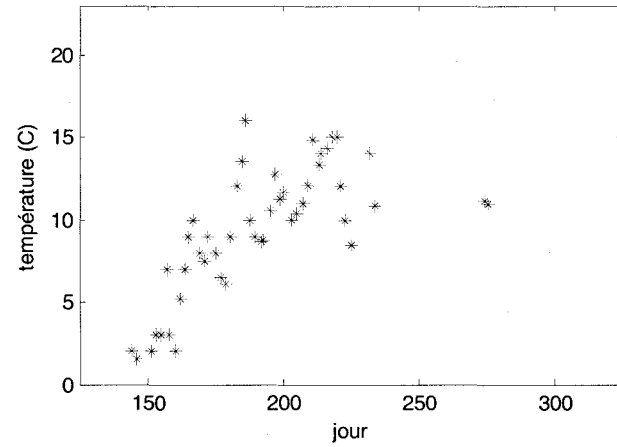
Températures journalières observées en 1983 et 1984 sur le bassin C14



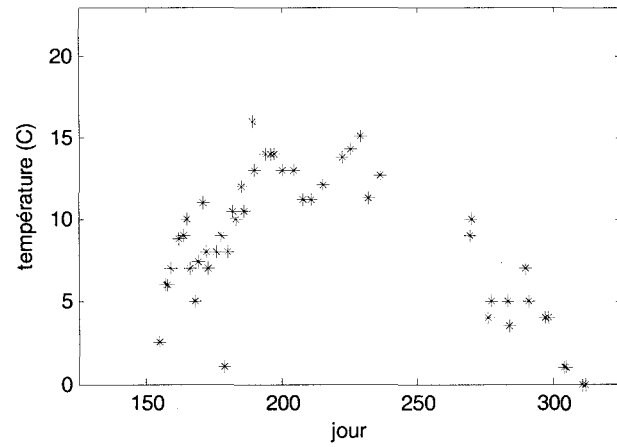
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C16



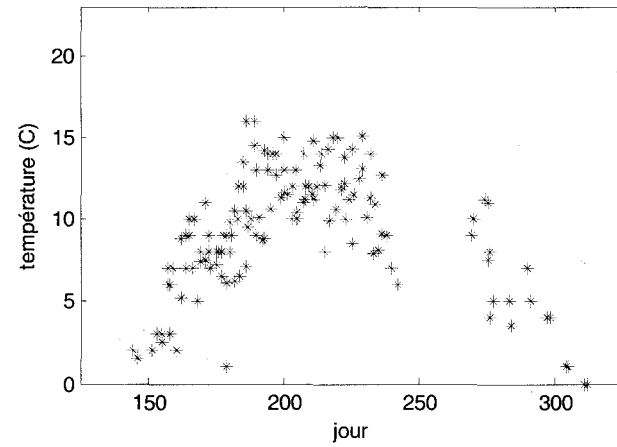
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C16



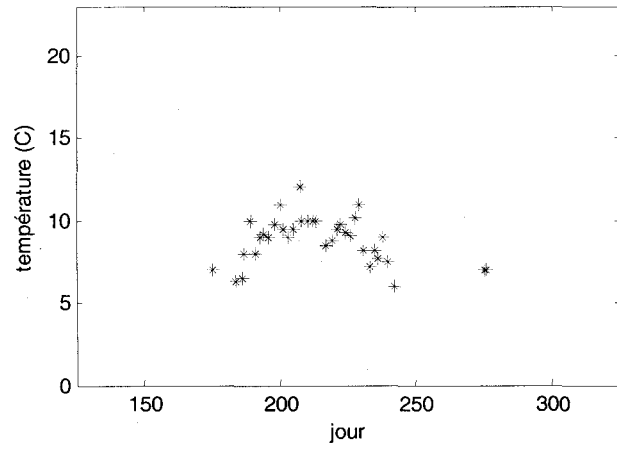
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C16



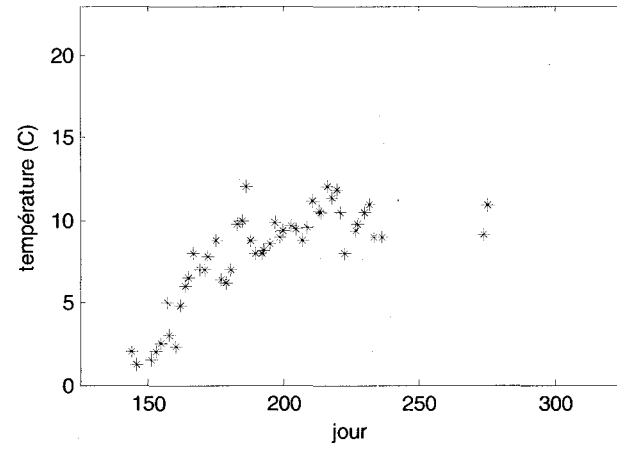
Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C16



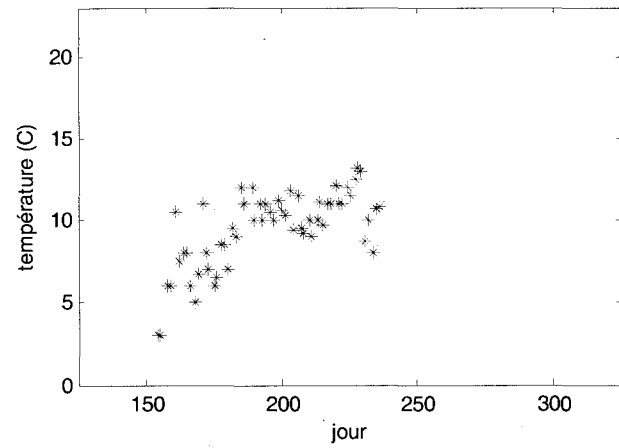
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C18



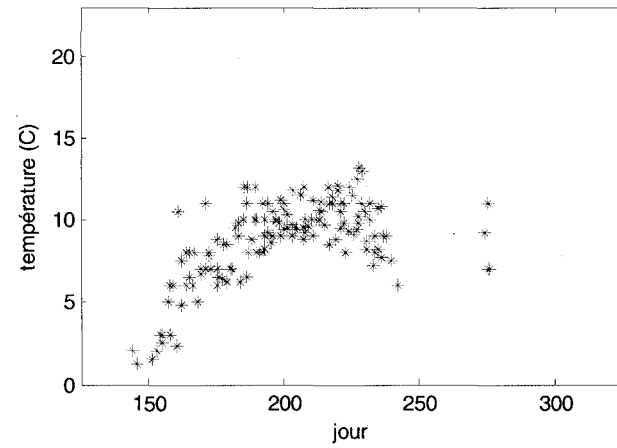
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C18

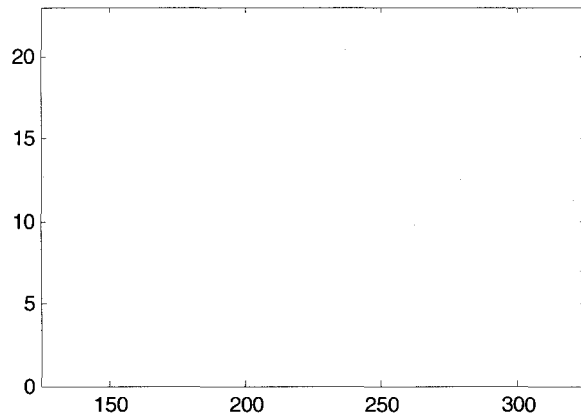


Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C18

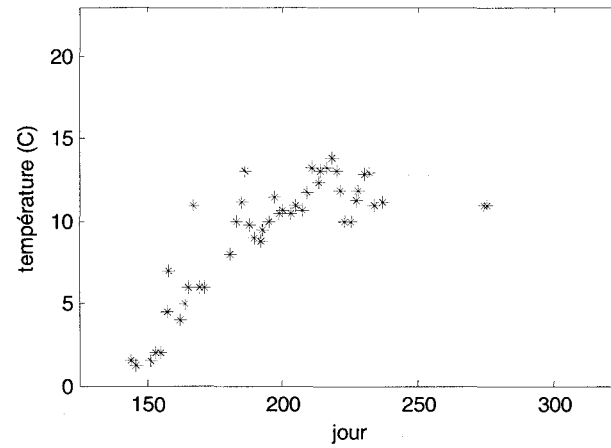


Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C18

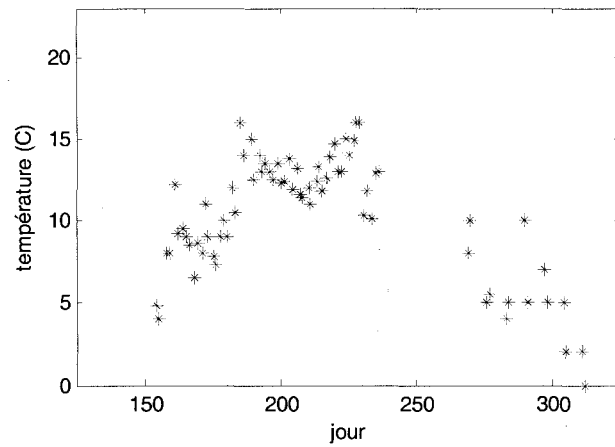




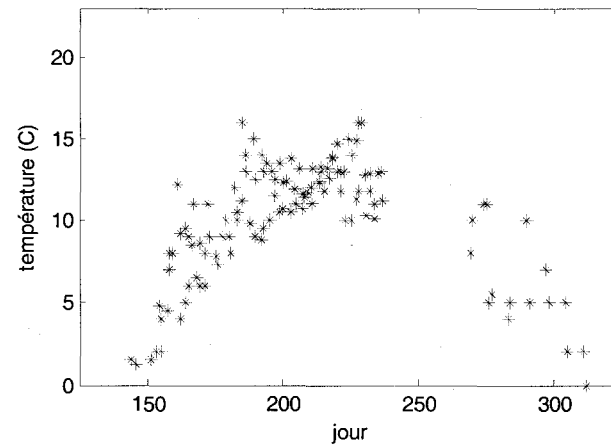
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C30



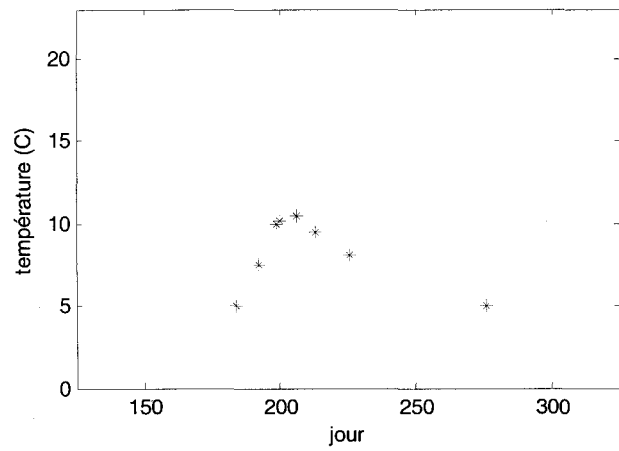
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C30



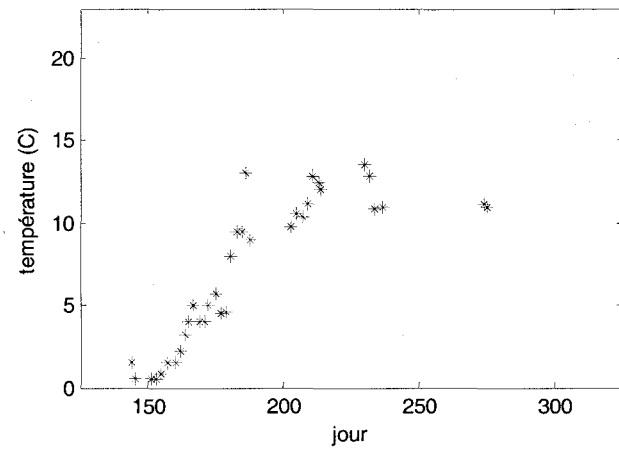
Températures journalières observées de 1983 et 1984 sur le bassin C30



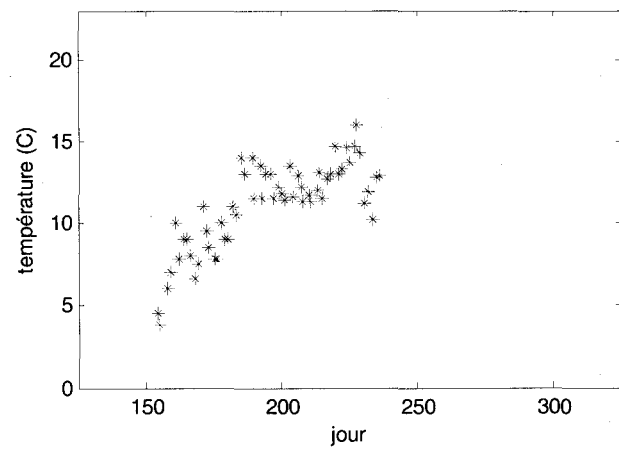
Températures journalières observées en 1982 sur le bassin C31



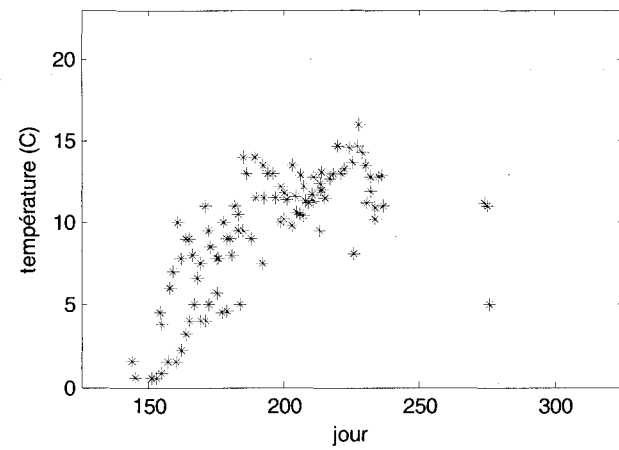
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C31

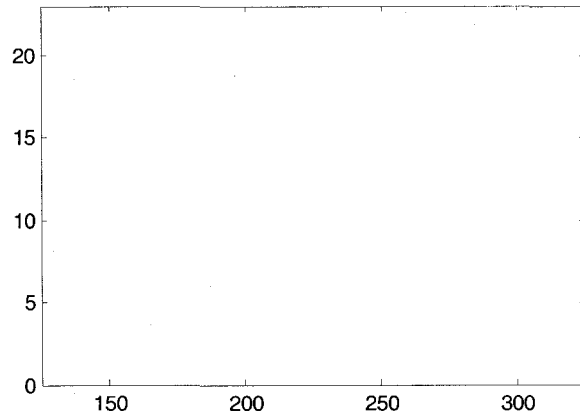


Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C31

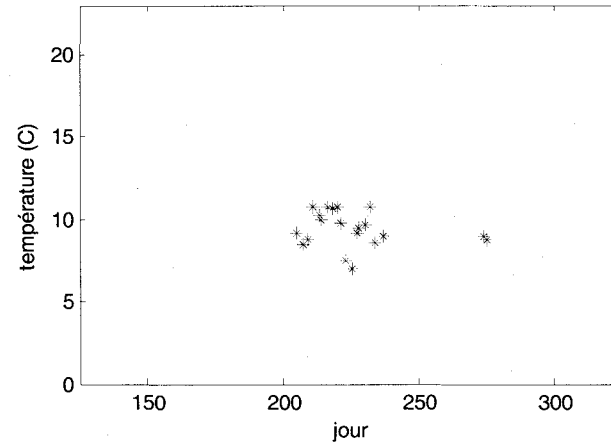


Températures journalières observées de 1982 à 1984 sur le bassin C31

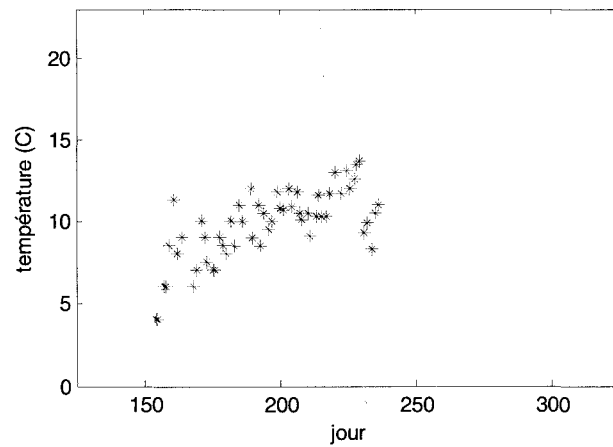




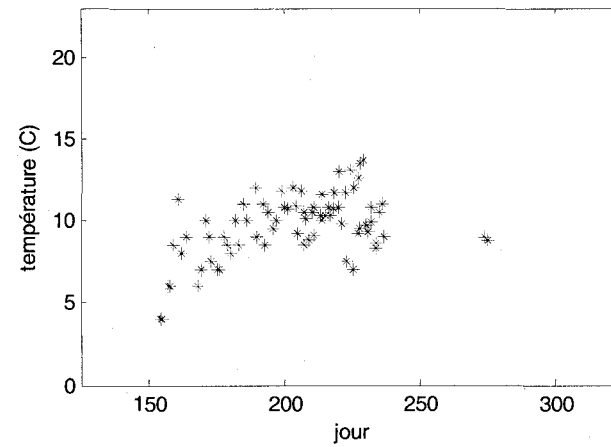
Températures journalières observées en 1983 sur le bassin C41



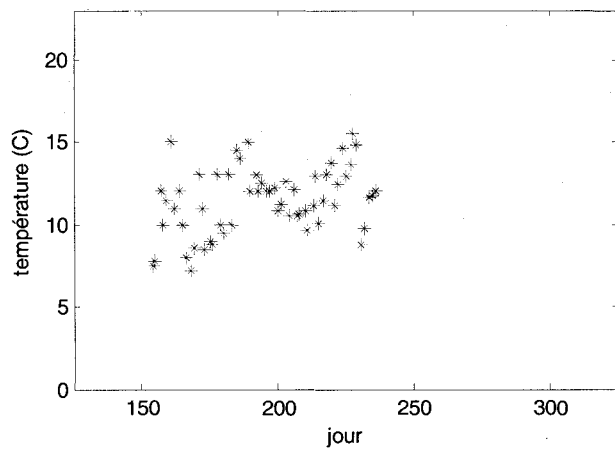
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C41



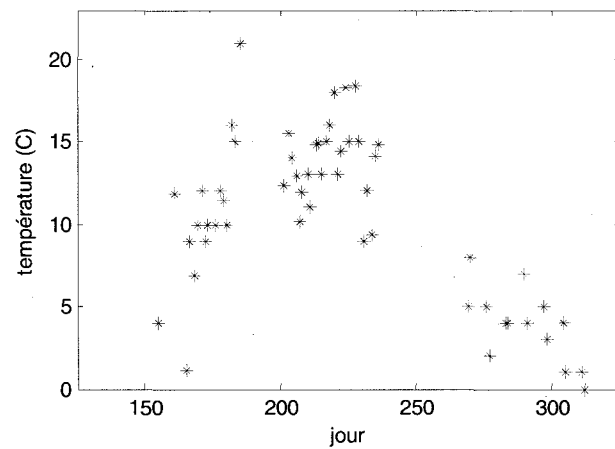
Températures journalières observées en 1983 et 1984 sur le bassin C41



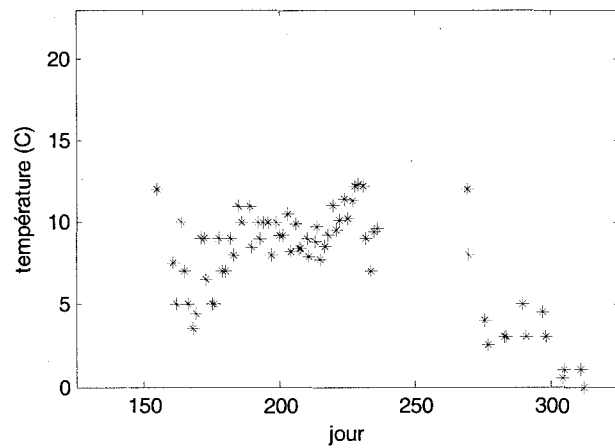
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin B5A



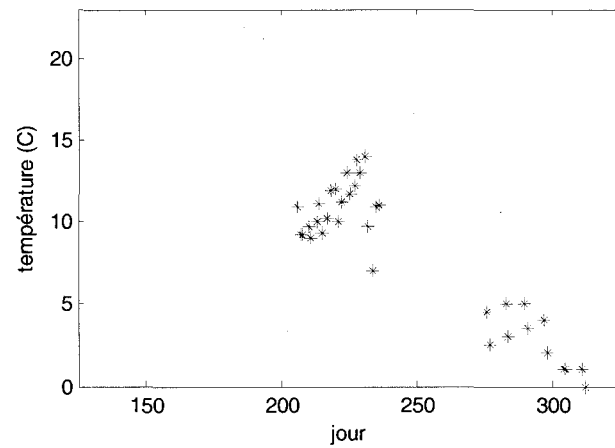
Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C2A



Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C2B



Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C9A



Températures journalières observées en 1984 sur le bassin C30A

