

Analyse de Données et Expertise **STATistique**

## **Etude des chlorures dans le Rhin :**

*recherche d'une corrélation entre les concentrations observées à la frontière française et celles observées à la frontière hollandaise.*

*Agence de l'eau Rhin Meuse*

**Mars 1999**

## Préambule

Le présent rapport a été établi au vu des informations fournies à ADESTAT et compte tenu des connaissances techniques et scientifiques connues à ce jour.

La responsabilité d'ADESTAT ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

ADESTAT ne peut être tenu pour responsable des décisions prises en application de ses propositions ou des conséquences engendrées par le non-respect ou l'interprétation erronée de ses recommandations.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent document intégralement ou de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

## Synthèse des résultats

Dès lors que l'on souhaite analyser la relation qui s'exerce entre deux séries d'observations échelonnées dans le temps, il est nécessaire de procéder à leur analyse chronologique. Cette analyse a pour objectif de séparer les effets liés au temps en considérant que la série étudiée est constituée d'un certain nombre de composantes que l'on peut isoler et quantifier.

Cette précaution est essentielle dans la mesure où les effets temporels en question pourraient induire une corrélation sans existence réelle entre les séries de données ou à l'inverse, troubler une corrélation qui existe par ailleurs.

Les composantes à isoler et quantifier sont :

- la tendance conjoncturelle (notée  $T_c$ ) qui représente l'évolution générale à long terme de la chronique ;
- la composante saisonnière (notée  $S_c$ ) qui représente des fluctuations se répétant à intervalle de temps réguliers (appelés périodes) ;
- la composante résiduelle (notée  $R_c$ ) qui prend en compte les aspects aléatoires de la chronique ainsi que tout ce qui n'a pas été pris en compte par les autres composantes.

L'utilisation d'une méthode empirique de désaisonnalisation, méthode imposée par le temps imparti pour la réalisation de l'étude, n'a pas permis d'isoler totalement les variations temporelles dans les concentrations en chlorures mesurées tant à Lauterbourg qu'à Lobith.

En effet, cette méthode n'est totalement efficace que lorsque l'effet saisonnier et l'aléatoire sont soit constants soit amplifiés ou atténués proportionnellement à la tendance (cf. Figure 1, cas n°1 et n°2). Dans notre étude, l'analyse temporelle des séries de données a révélé une structure temporelle plus complexe (proche de celle représentée dans le cas n°3, Figure 1). Une meilleure désaisonnalisation des séries nécessiterait donc l'utilisation de méthodes plus sophistiquées (et notamment de méthodes dites auto régressives) mais aussi plus longues à mettre en œuvre.

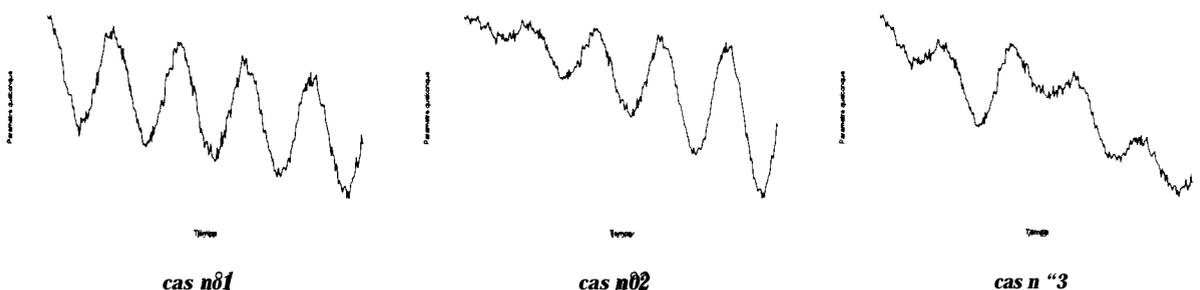


Figure 1 – Différents profils d'effet saisonnier

Cependant, les séries corrigées obtenues par l'utilisation de la méthode empirique sont indubitablement moins sujettes aux variations temporelles que les séries initiales. Elles sont donc plus fiables pour analyser la relation existant entre les concentrations en chlorures mesurées à Lauterbourg et celles mesurées à Lobith.

Signalons par ailleurs, qu'à la demande de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, un certain nombre de données manquantes de la série des concentrations mesurées à Lobith ont été remplacées par des valeurs estimées. Les résultats des différentes analyses de cette étude demandent donc à être considérés avec la prudence qui s'impose.

En effet, quelle que soit la méthode utilisée, aucune estimation n'est aussi fiable qu'une donnée réellement recueillie.

A l'issue de ce travail de préparation des données, l'analyse de la relation existant entre les deux chroniques a été entreprise d'abord sur les données "brutes" (i.e. les données originelles), ensuite sur les données corrigées d'une partie des effets temporels. Comme prévu cette analyse s'est appuyée sur l'utilisation de modèles linéaires et de modèles additifs généralisés (**GAM**, Hastie et Tibshirani, 1990).

**Les résultats des tests de signification obtenus pour le modèle linéaire comme pour le modèle GAM, plaident en faveur de l'existence d'une relation entre les concentrations en chlorures mesurées à Lobith et celles mesurées à Lauterbourg.**

Les différences observées entre la part de variabilité expliquée avant (40%) et après (23%) l'élimination des effets temporels, démontrent s'il en était besoin, le bien fondé de cette opération. La méthode empirique employée n'ayant pas permis d'isoler la totalité de ces effets temporels, il est probable qu'une partie des 23% de variabilité expliquée après traitement doit encore leur être imputée.

La recherche du maximum de variabilité expliquée a permis de faire apparaître que le temps de transit moyen entre les deux stations est de 5 jours. Ce délai apparaît conforme aux prédictions établies par les spécialistes de l'Agence de l'Eau avant l'étude.

Cependant, plusieurs aspects des données, des analyses et des résultats incitent à la prudence. Il faut tout d'abord se souvenir qu'une part non négligeable des données utilisées pour la station de Lobith ne sont que des estimations. Malgré le soin apporté au calcul de ces estimations, celles-ci ne peuvent offrir les mêmes garanties que les valeurs réelles.

Il faut rappeler ensuite que l'utilisation d'une méthode empirique pour la désaisonnalisation des séries de données n'a pas permis d'isoler la totalité des effets temporels. Une partie de la variabilité expliquée par les modèles identifiés peut encore leur être imputée.

Enfin l'importance des intervalles de confiance obtenus avec le modèle **GAM** et plus encore avec le modèle linéaire, montre que ces modèles n'offrent pas une qualité suffisante pour permettre d'obtenir une prédiction à partir d'une observation unique. D'autres facteurs explicatifs encore à identifier devront être pris en considération **afin** d'améliorer la qualité de ces prédictions.

## Introduction

Les concentrations de chlorures dans les grands cours d'eau, et notamment dans le Rhin, sont étroitement surveillées. Les rejets maximum autorisés ont fait l'objet d'accords internationaux qui doivent bientôt être renégociés.

Dans ce contexte, l'objectif premier de l'étude est de mettre en évidence, au niveau du Rhin, une éventuelle corrélation entre les concentrations en chlorures observées à la frontière hollandaise (Lobith) et celles observées à la frontière française (Lauterbourg).

Si une telle corrélation existe et peut être mise en évidence, l'objectif second sera alors d'en proposer une modélisation mathématique.

## Conclusion

Les résultats des tests de signification obtenus pour le modèle linéaire comme pour le modèle GAM, plaident en faveur de l'existence d'une relation entre les concentrations en chlorures mesurées à Lobith et celles mesurées à Lauterbourg.

Toutefois, plusieurs aspects des données, des analyses et des résultats incitent à la prudence. Il faut tout d'abord se souvenir qu'une part non négligeable des données utilisées pour la station de Lobith ne sont que des estimations. Malgré le soin apporté au calcul de ces estimations, celles-ci ne peuvent offrir les mêmes garanties que les valeurs réelles.

Il faut rappeler ensuite que l'utilisation d'une méthode empirique pour la désaisonnalisation des séries de données n'a pas permis d'isoler la totalité des effets temporels. Il est probable qu'une partie des 23% de variabilité expliquée après la prise en compte des effets temporels doit encore leur être imputée.

Enfin l'importance des intervalles de confiance obtenus avec le modèle **GAM** et plus encore avec le modèle linéaire, montre que ces modèles n'offrent pas une qualité suffisante pour permettre d'obtenir une prédiction à partir d'une observation unique. D'autres facteurs explicatifs doivent être pris en considération afin d'améliorer la qualité de ces prédictions.