The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

Continuous Wavelet Transforms

Discrete Wavelet Transforms

Cross-Wavelet Transforms

Ex. : Météo

Ex. : Climat

Ex. : Fleuve

The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

Objectifs

Série = suite (plusieurs dizaines) des valeurs numériques représentant l'évolution d'une quantité au cours du temps (**série temporelle**) ou dans l'espace (**série spatiale**)

CONSTAT:

Variation à **diverses échelles**, de manière **non homogène** dans le temps ou dans l'espace

SOLUTION (?)

Représentation temps-fréquence ou espace-fréquence par les **transformées en ondelettes**

Lise Vaudor, ISIG, UMR 5600
Semin-R, MNHN, 10 juin 2016

Objectifs

Série = suite (plusieurs dizaines) des valeurs numériques représentant l'évolution d'une quantité au cours du temps (**série temporelle**) ou dans l'espace (**série spatiale**)

CONSTAT:

Variation à **diverses échelles**, de manière **non homogène** dans le temps ou dans l'espace

SOLUTION (?)

Représentation temps-fréquence ou espace-fréquence par les **transformées en ondelettes**

PROBLEMES

- Difficulté mathématique
- Difficulté de choix de méthode
- Difficulté d'implémentation
- Difficulté d'interprétation

Objectifs

Série = suite (plusieurs dizaines) des valeurs numériques représentant l'évolution d'une quantité au cours du temps (**série temporelle**) ou dans l'espace (**série spatiale**)

CONSTAT:

Variation à **diverses échelles**, de manière **non homogène** dans le temps ou dans l'espace

SOLUTION (?)

Représentation temps-fréquence ou espace-fréquence par les **transformées en ondelettes**

PROBLEMES

- Difficulté mathématique
- Difficulté de choix de méthode
- Difficulté d'implémentation
- Difficulté d'interprétation

Développement d'une interface interactive

- Simulations => intérêt pédagogique
- Choix de méthodes adaptées
- Implémentation automatique
- Production de graphiques et « navigation » facilitée

The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

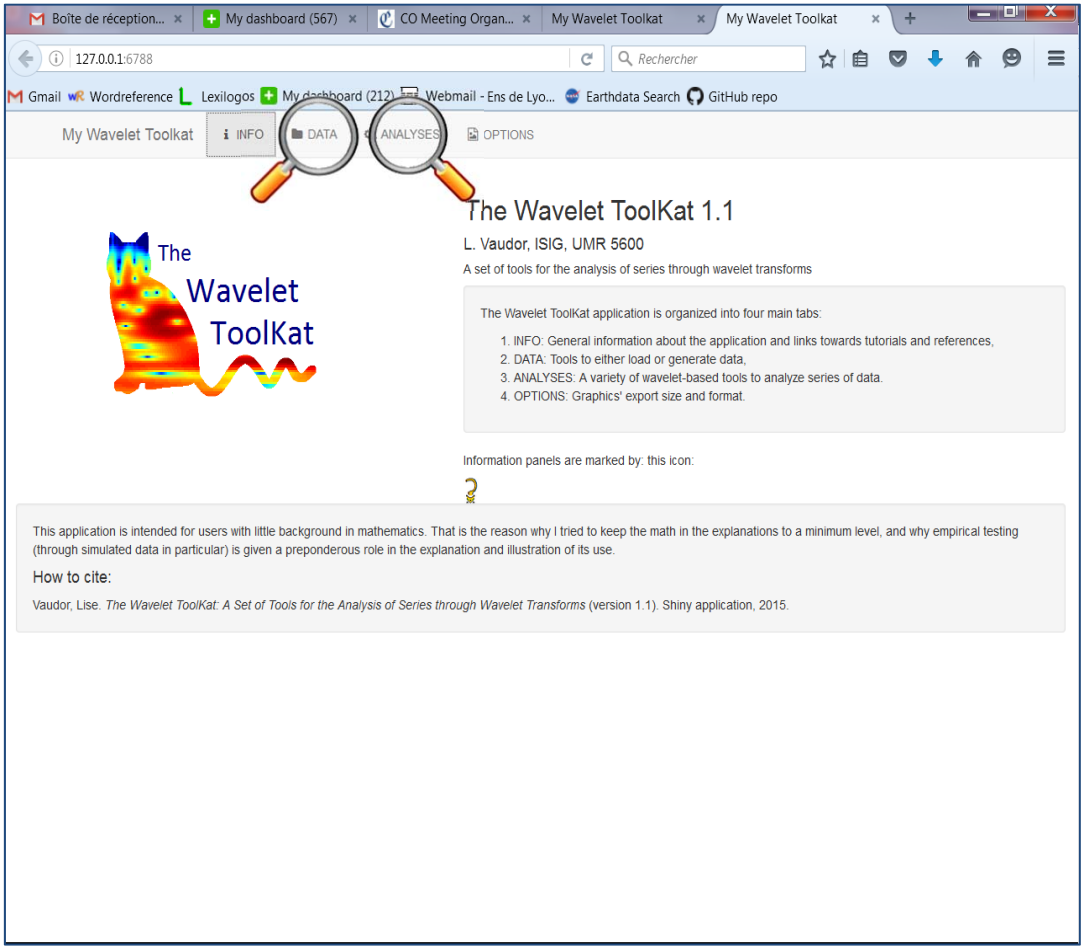
- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

Application interactive

- Une application **interactive R-html**
- Une application **gratuite**
- Installation (sur R) d'un package téléchargeable depuis GitHub: https://github.com/lvaudor/waveleT

Ce qu'on peut faire avec:

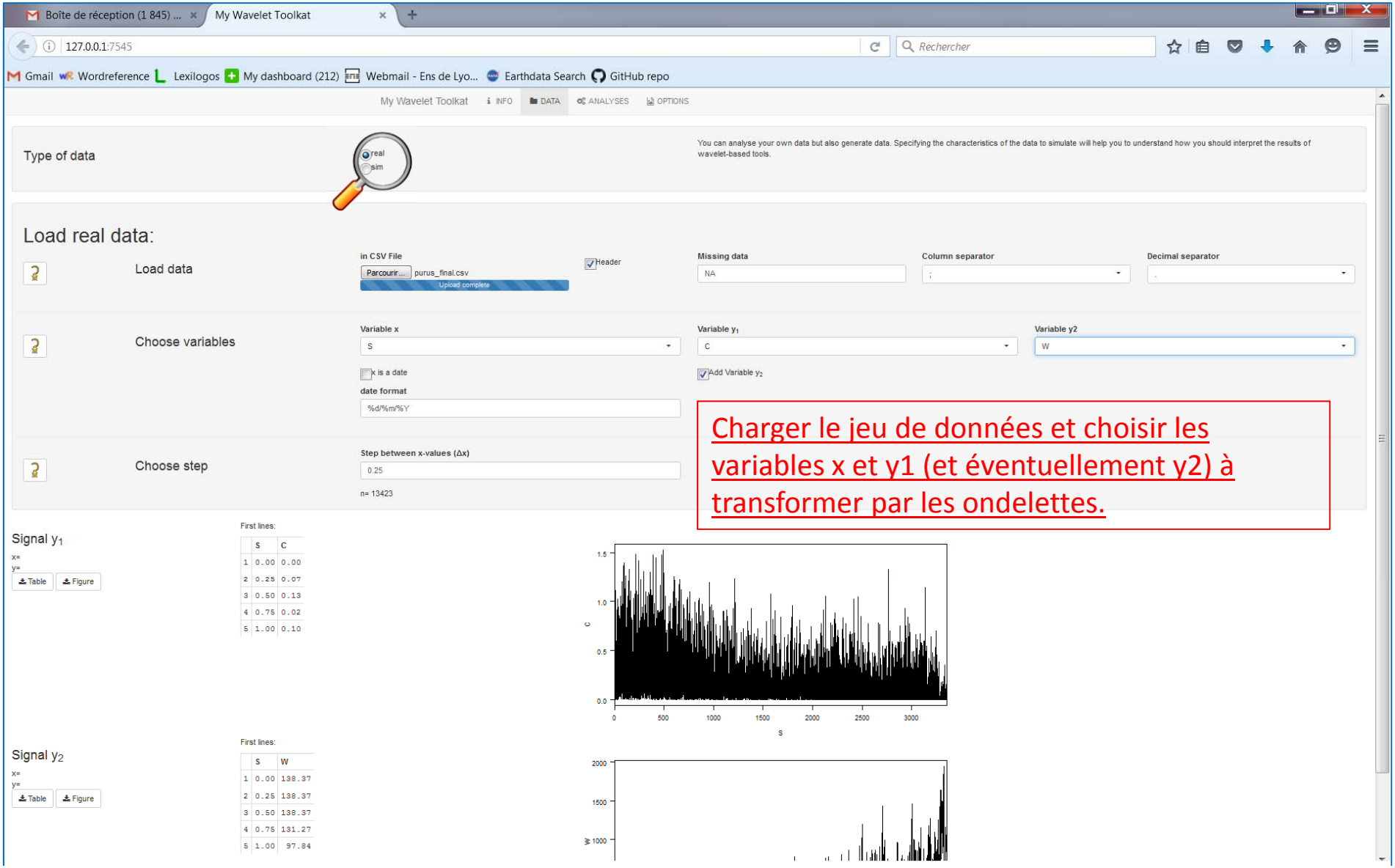
- **Charger un jeu de données ou en simuler un** (à des fins pédagogiques)
- **Calculer les transformées d'ondelettes**
  - continues (**CWT**),
  - discrètes (**DWT**),
  - croisées (**XWT**)
- **Produire des graphiques** and **interagir** avec (type, format, zoom, valeurs x-y , etc.)



Application interactive

DATA

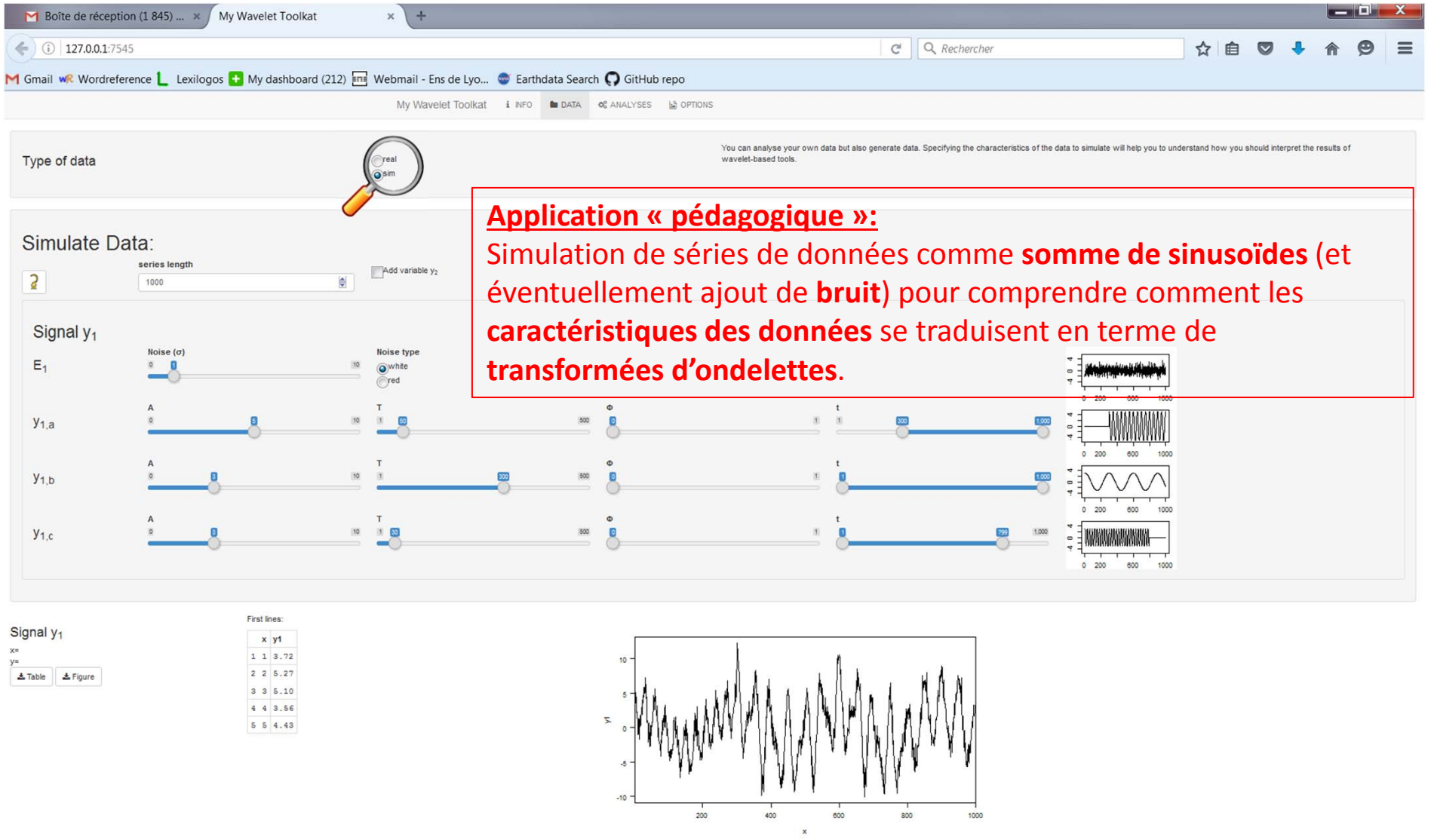
Données réelles



Application interactive

DATA

Données simulées

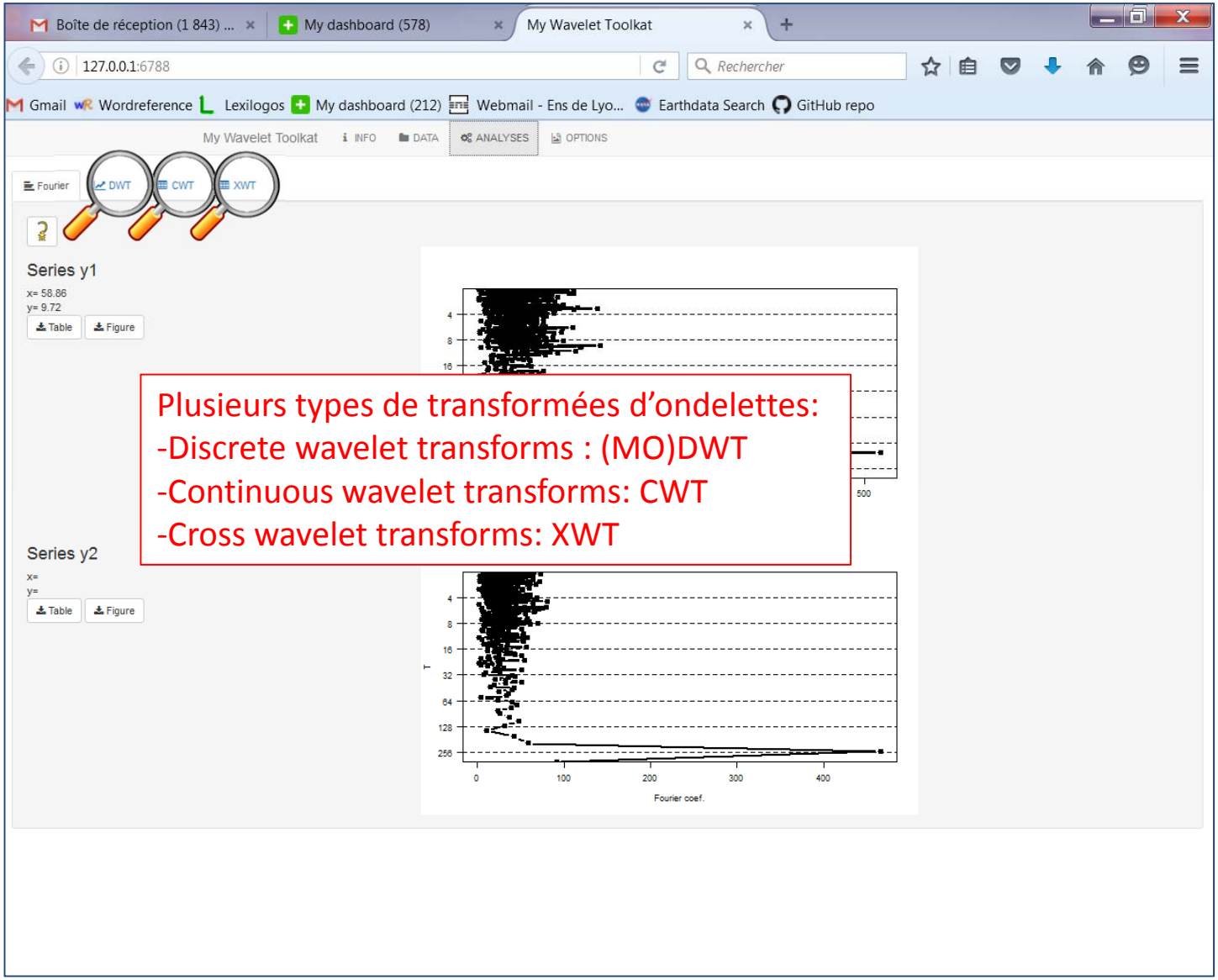


Application « pédagogique »:

Simulation de séries de données comme **somme de sinusoïdes** (et éventuellement ajout de **bruit**) pour comprendre comment les **caractéristiques des données** se traduisent en terme de **transformées d'ondelettes**.

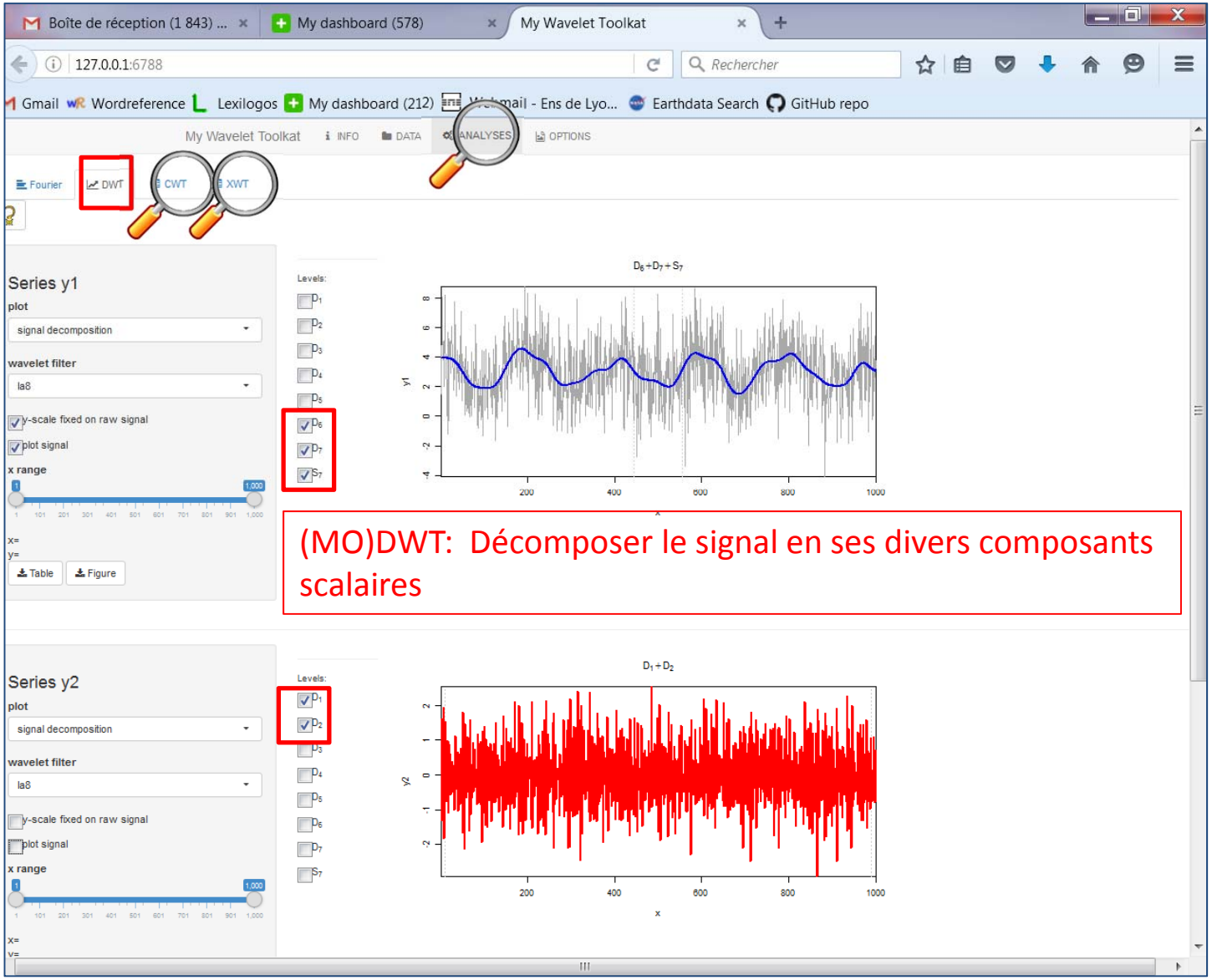
Application interactive

ANALYSES



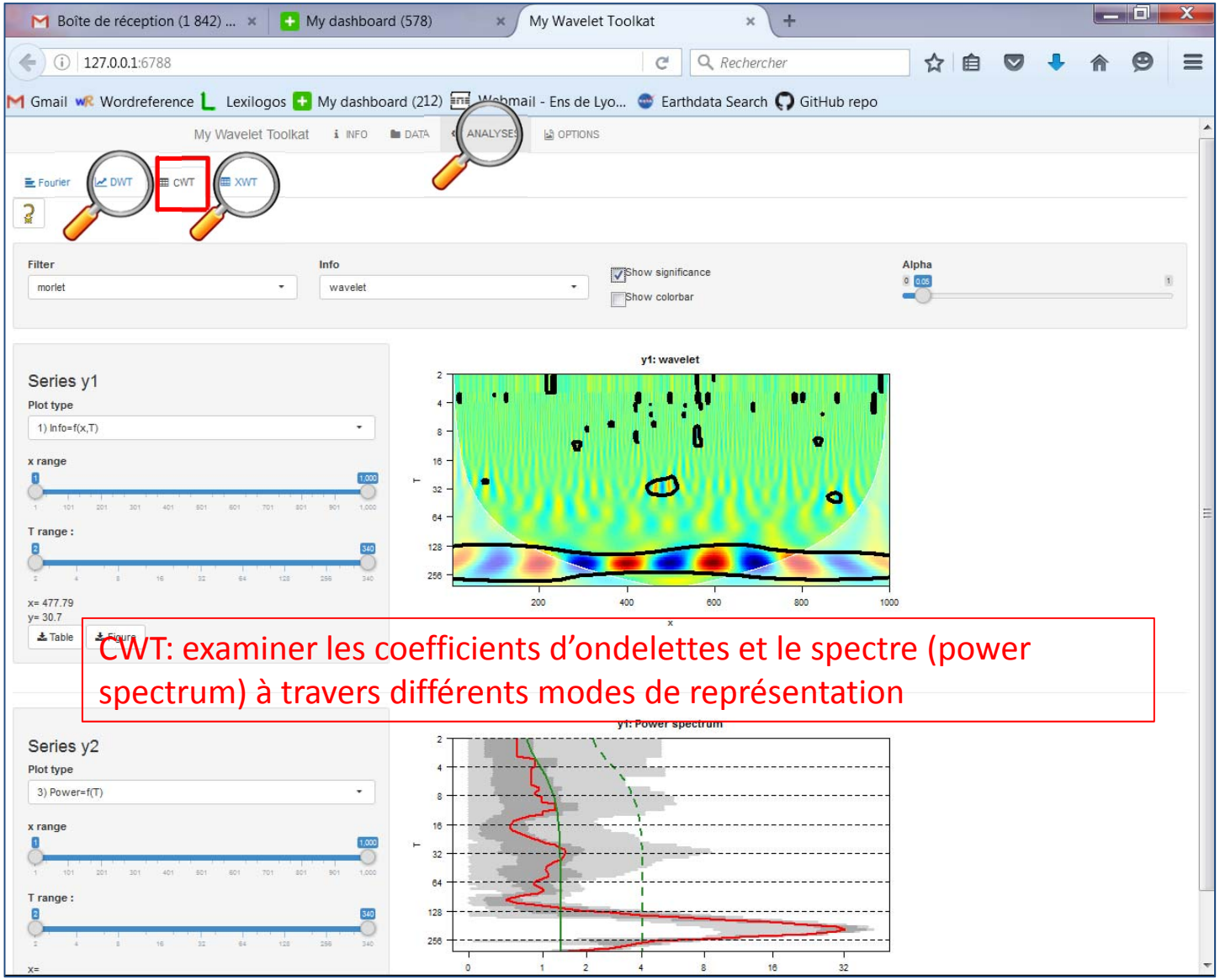
Application interactive

ANALYSES DWT



Application interactive

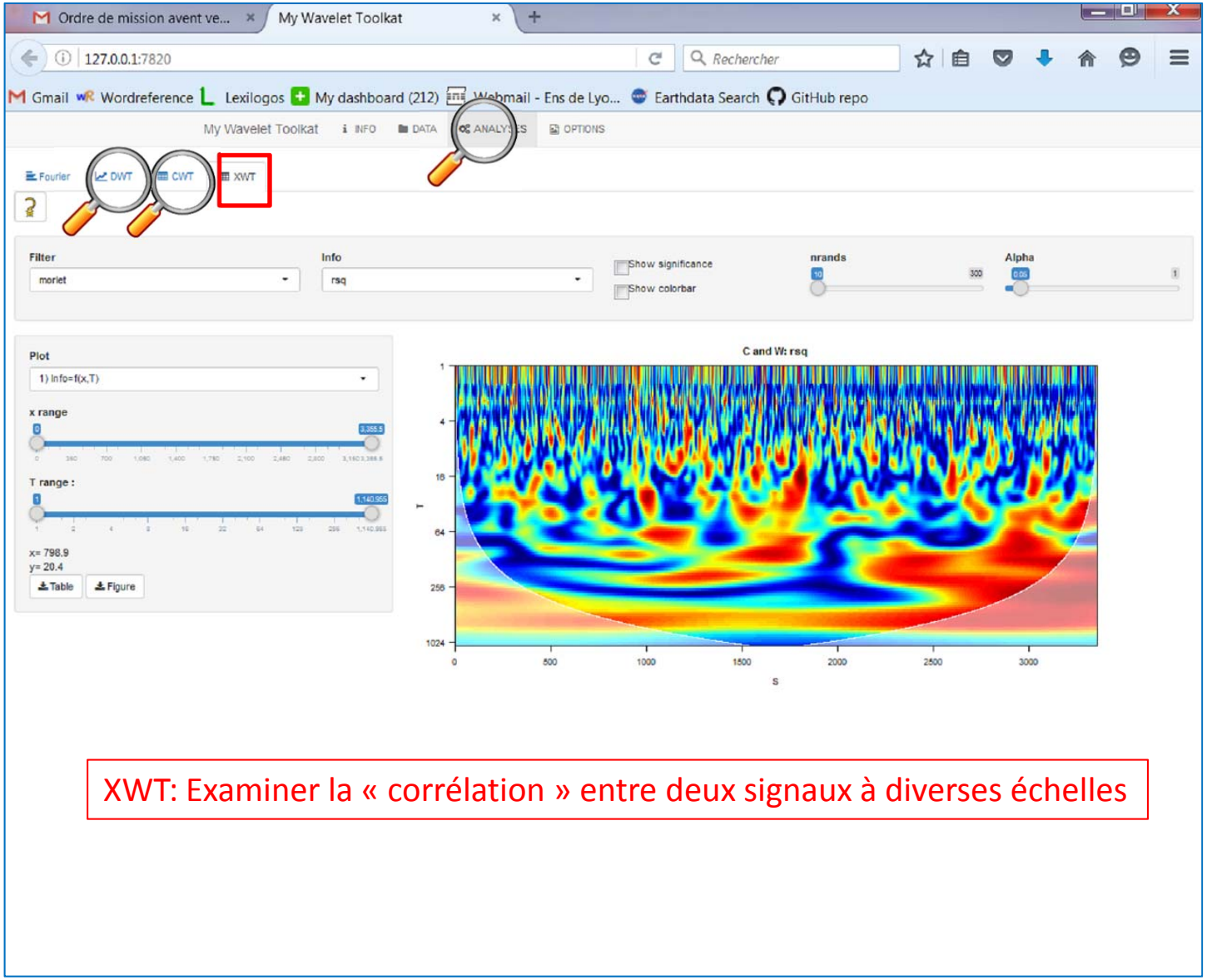
ANALYSES CWT



CWT: examiner les coefficients d'ondelettes et le spectre (power spectrum) à travers différents modes de représentation

Application interactive

ANALYSES XWT



XWT: Examiner la « corrélation » entre deux signaux à diverses échelles

The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

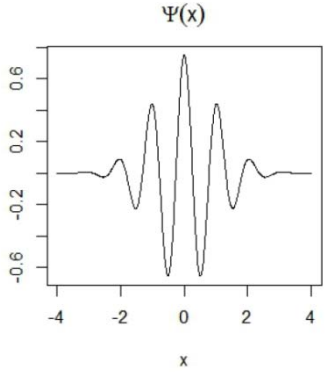
- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

Continuous Wavelet Transforms

Les Transformées en ondelettes continues (Continuous Wavelet Transforms ou CWTs) peuvent être utilisées pour identifier à quelles échelles et localisations les signaux varient de manière prédominante.

Exemple d'ondelette: ondelette de Morlet Ψ_{s_0,x_0}



Les **ondelettes-filles** correspondent à une **dilatation** et **translation** de cette **ondelette-mère.** Elles correspondent ainsi chacune à une **échelle s_0** et une **localisation x_0**

$$W(s_0, x_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi_{s_0,x_0}(x) f(x) dx$$

Le coefficient d'ondelette (à l'échelle s_0 et localisation x_0) correspond à l'aire sous le produit de l'ondelette-fille et le signal f(x).

Continuous Wavelet Transforms

Simulation

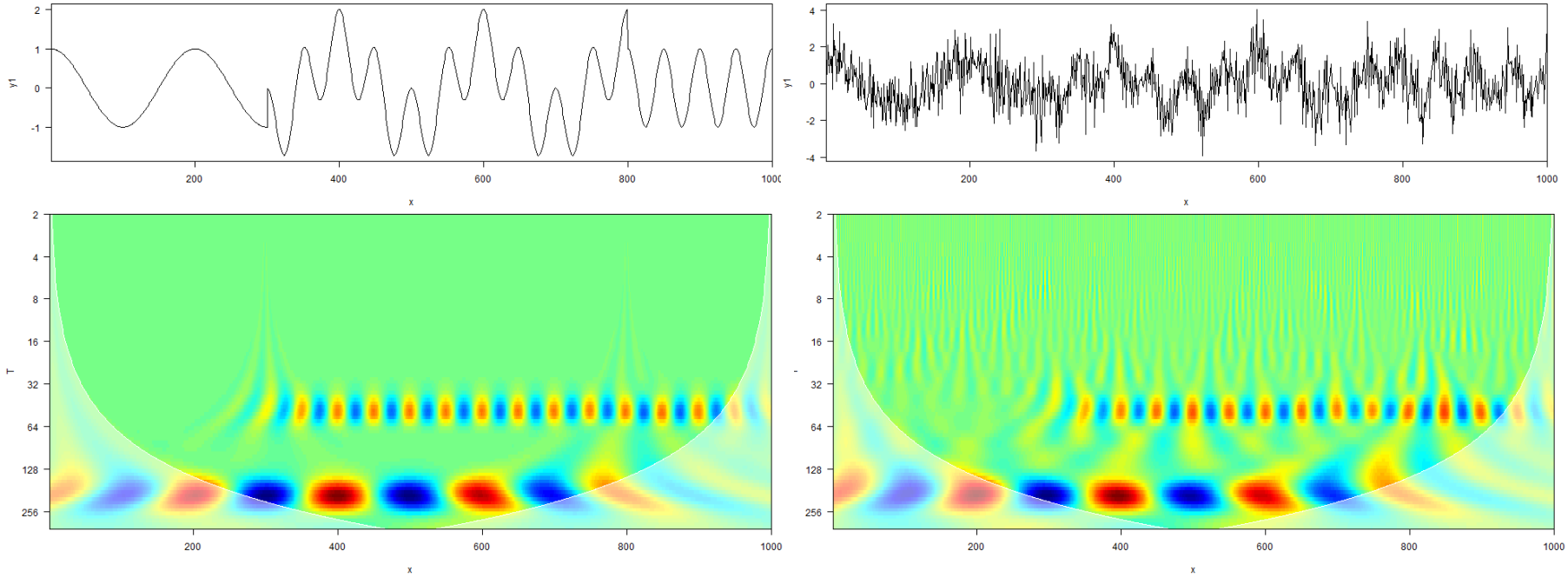
$f(x) = f_1(x) + f_2(x)$ où

$$\forall x \in [0,300[\quad f_1(x) = 0$$
$$\forall x \in [300,1000] \quad f_1(x) = cos(2\pi\frac{x}{50})$$
$$\forall x \in]800,1000] \quad f_2(x) = 0$$
$$\forall x \in [0,800] \quad f_2(x) = 2cos(2\pi\frac{x}{200})$$

Même chose… mais on ajoute du bruit blanc:

$f(x) = f_0(x) + f_1(x) + f_2(x)$ où

$$\forall x \in [0,1000] \quad f_0(x) \sim \mathcal{N}(0,1)$$



Les **coefficients d'ondelettes** reflètent les **variations du signal en fonction de la période T**

Coeff. élevé

Coeff. bas

The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

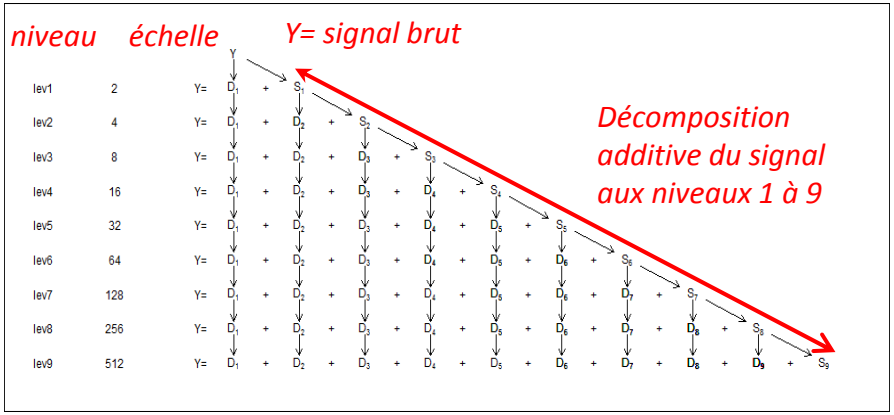
- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

Discrete Wavelet transforms

Plus précisément: **Maximal Overlap Discrete Wavelet Transforms** : MODWTs , ou ondelettes "à trous"

L'algorithme (dit "**pyramidal**") décompose le signal en "**smooths**" (S_1, S_2,S_3, ...) and "**details**" (D_1,D_2, D_3, ...) à un ensemble (discret) d'échelles (niveaux d'échelle 1 à 9 ici).

On peut alors procéder à une **analyse multi-résolution.**

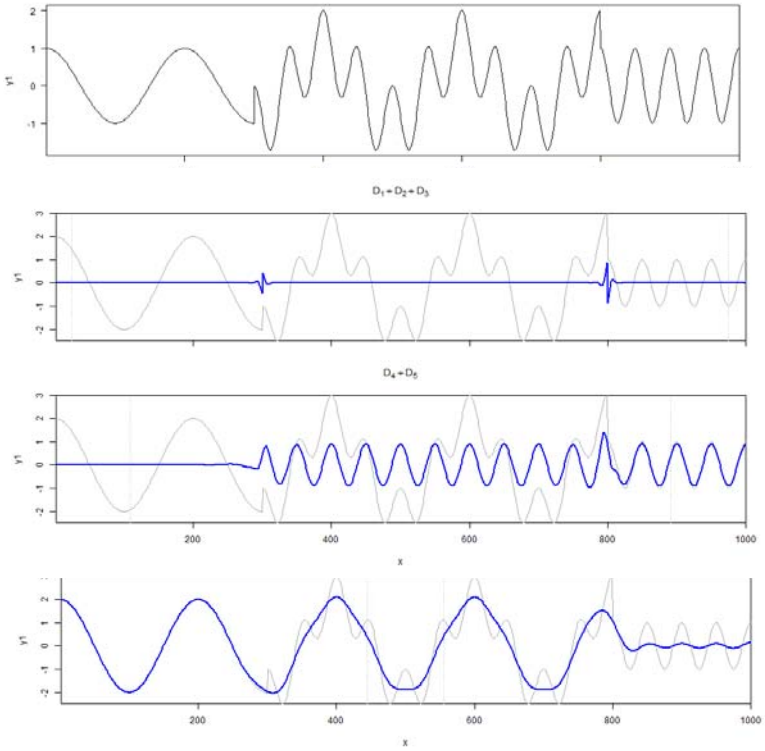


Discrete Wavelet transforms

Simulation

$$f(x) = f_1(x) + f_2(x) \quad \text{où}$$

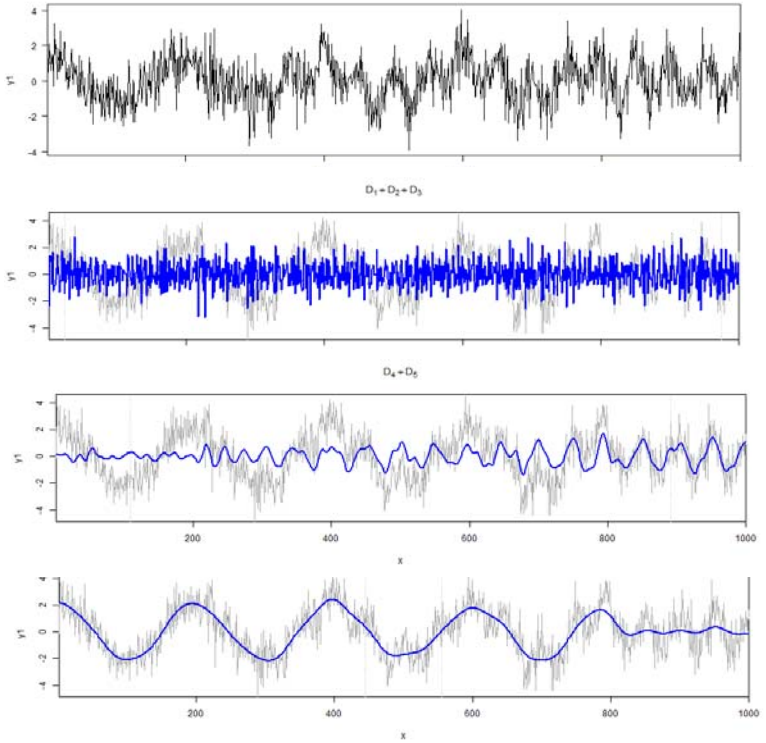
$$\begin{aligned}
\forall x \in [0,300[\quad f_1(x) &= 0 \\
\forall x \in [300,1000] \quad f_1(x) &= cos(2\pi\frac{x}{50}) \\
\forall x \in]800,1000] \quad f_2(x) &= 0 \\
\forall x \in [0,800] \quad f_2(x) &= 2cos(2\pi\frac{x}{200})
\end{aligned}$$



Meme chose… mais on ajoute du bruit blanc

$$f(x) = f_0(x) + f_1(x) + f_2(x)$$

$$\forall x \in [0,1000] \quad f_0(x) \sim \mathcal{N}(0,1)$$



The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

Continuous Wavelet Transforms

Discrete Wavelet Transforms

Cross-Wavelet Transforms

Ex. : Météo

Ex. : Climat

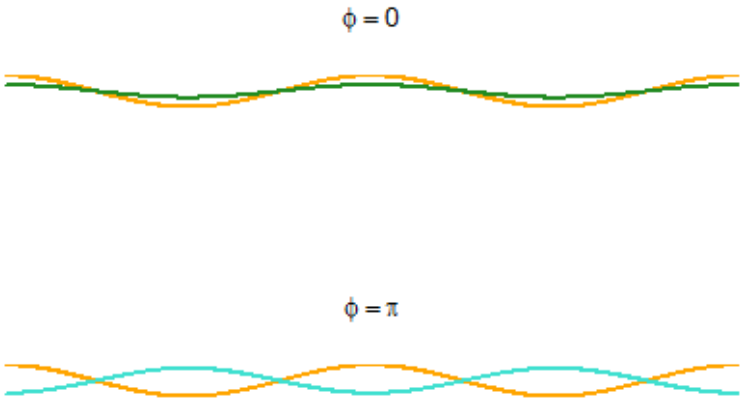
Ex. : Fleuve

Cross-Wavelet transforms

Les transformées en ondelettes croisées (XWTs), et en particulier la **cohérence et phase**, sont utilisées pour identifier les échelles et localisations où deux signaux **co-varient** de manière significative

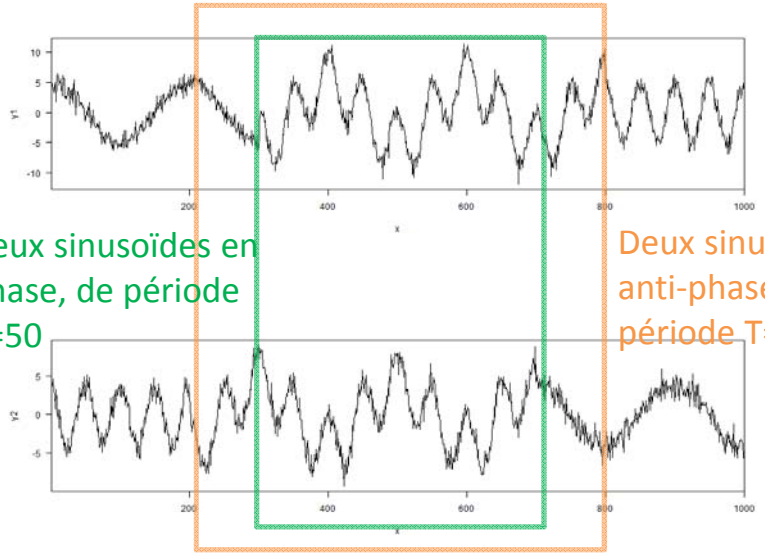
La **cohérence d'ondelettes** est **comparable à une coefficient de corrélation** (en temps-fréquence ou espace-fréquence).

La **phase** reflète le **décalage** entre deux optima locaux dans les transformées d'ondelettes.

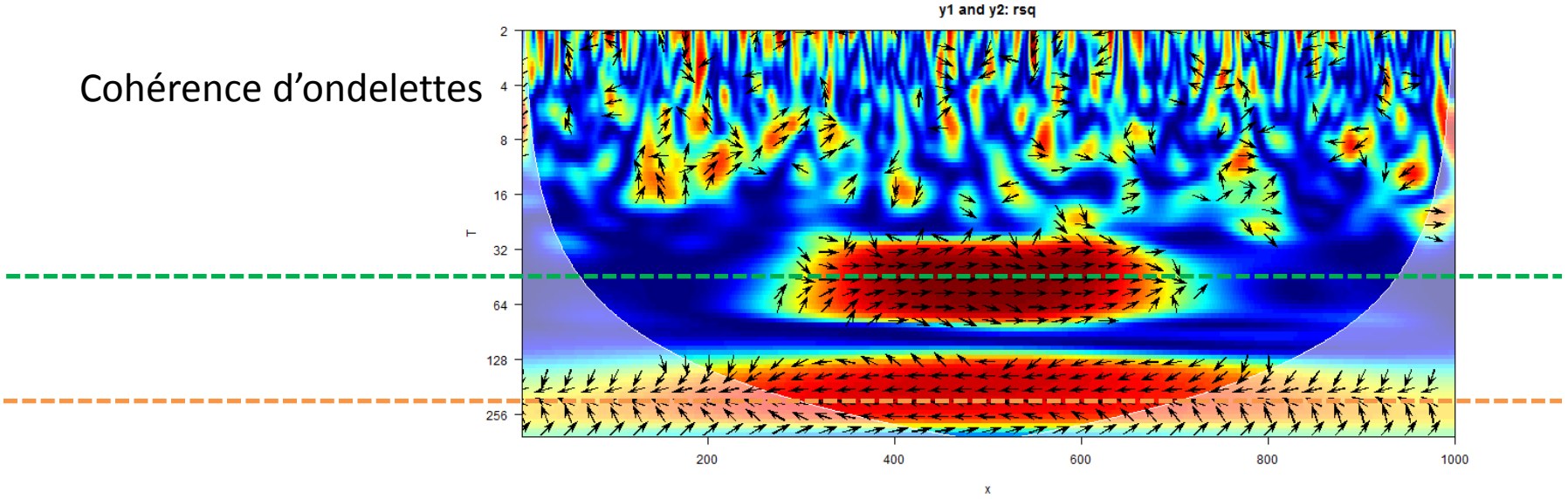


Cross-Wavelet transforms

Simulation



Cohérence d'ondelettes



The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

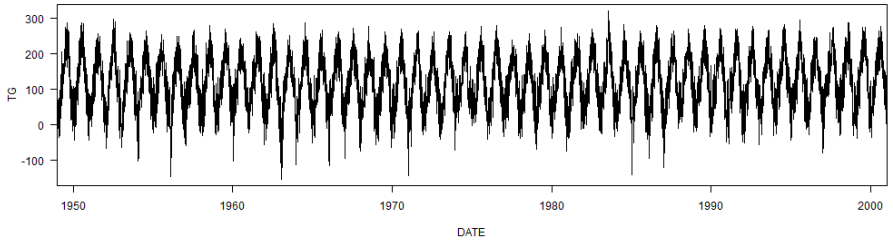
- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

Application interactive

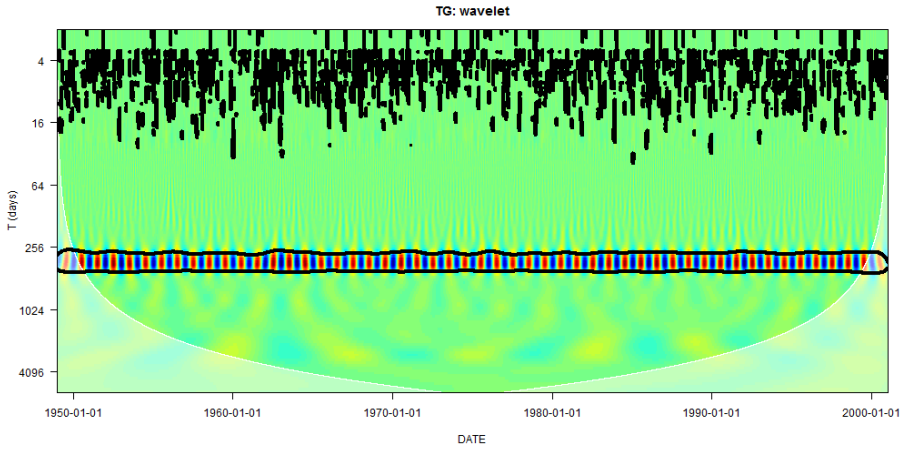
- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

Exemple: la température moyenne à Bron depuis 1949

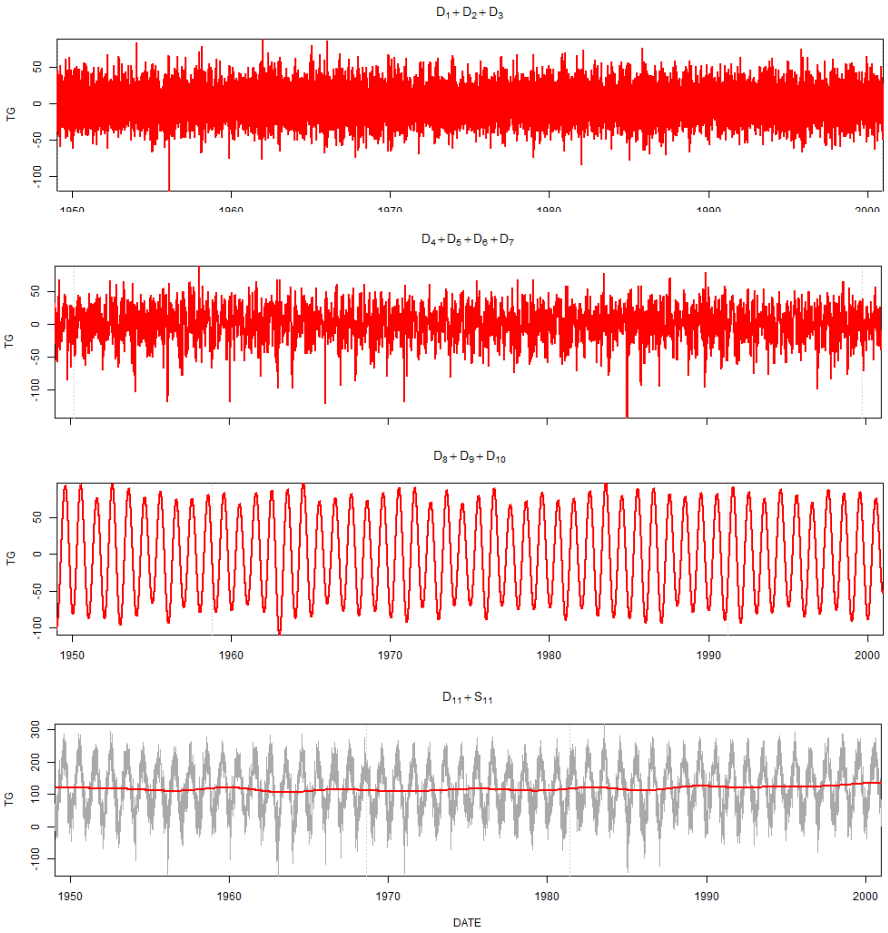
Température moyenne en dixième de °C, de 1949 à 2015, à la station météo de Bron, près de Lyon. **Par jour**. Données European Climate Assessent & Dataset ECA&D.



CWT



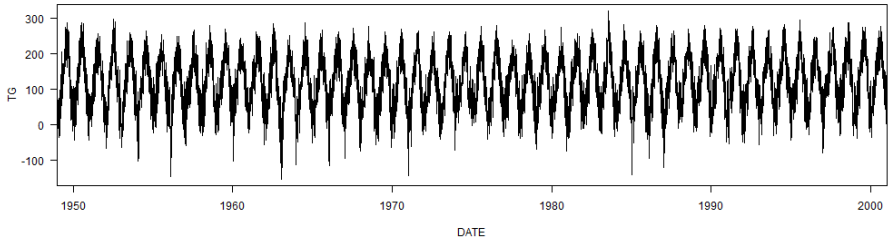
DWT



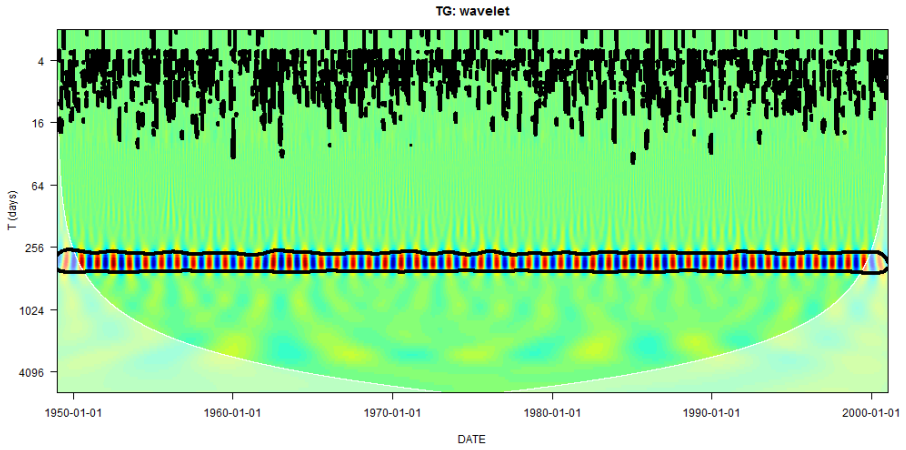
Lise Vaudor, ISIG, UMR 5600
Semin-R, MNHN, 10 juin 2016

Exemple: la température moyenne à Bron depuis 1949

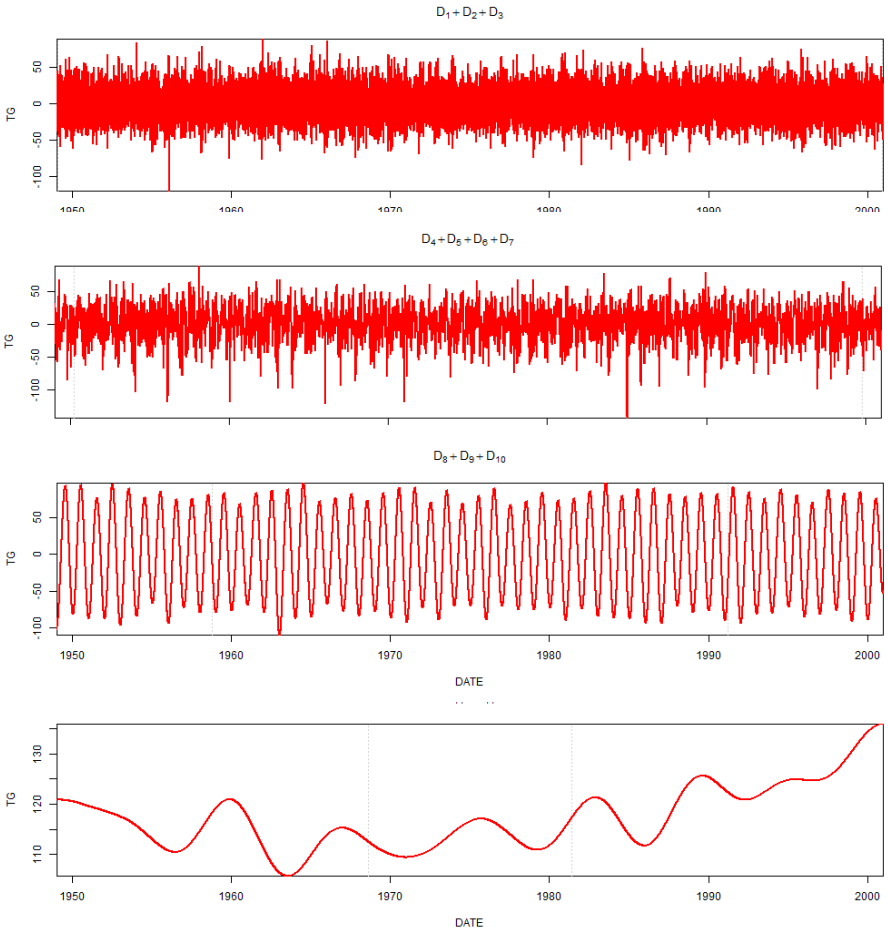
Température moyenne en dixième de °C, de 1949 à 2015, à la station météo de Bron, près de Lyon. **Par jour**. Données European Climate Assessent & Dataset ECA&D.



CWT



DWT



The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

Objectifs

Application interactive

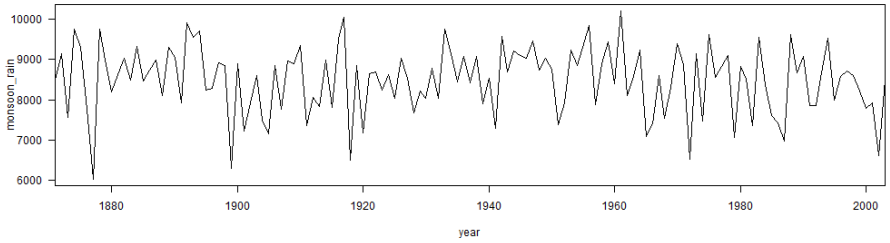
- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

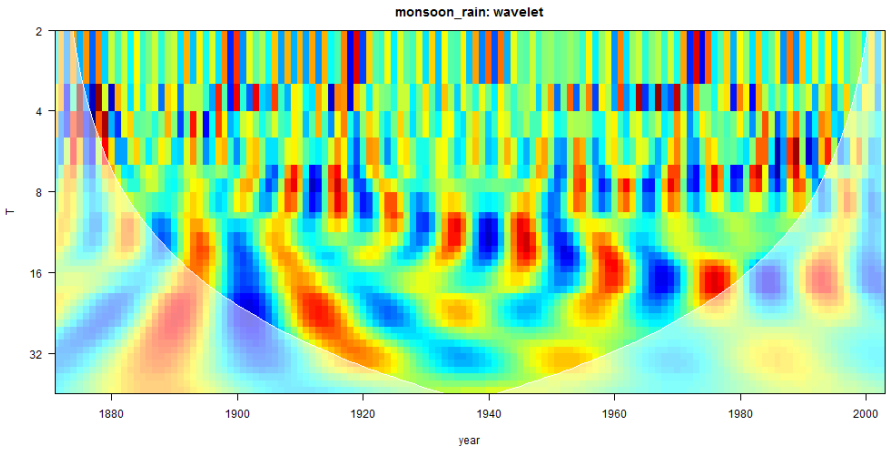
Lise Vaudor, ISIG, UMR 5600
Semin-R, MNHN, 10 juin 2016

Exemple: quantité de pluie lors de la mousson en Inde

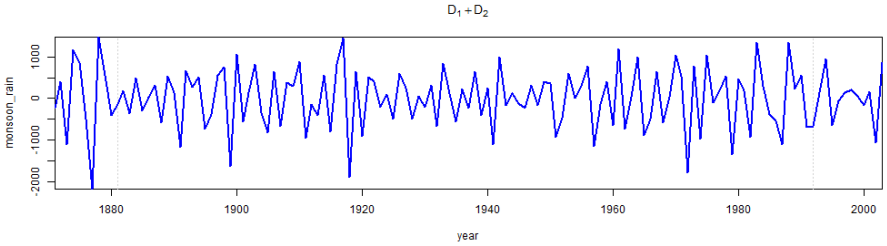
Moyenne mensuelle des **précipitations** (en dixième de mm) sur la période de **juin à septembre** en Inde (**par an**).

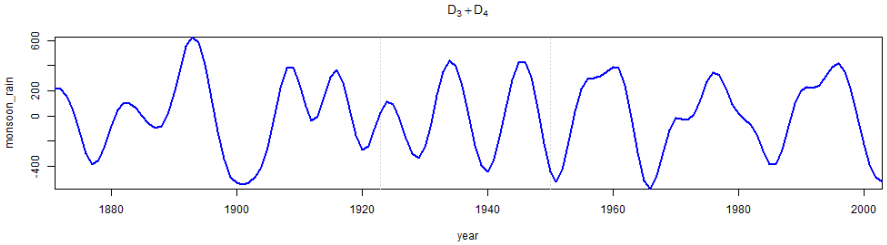


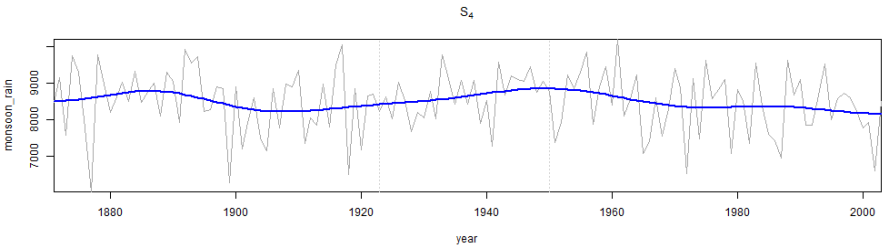
CWT



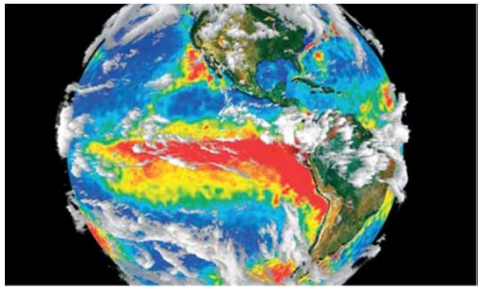
DWT





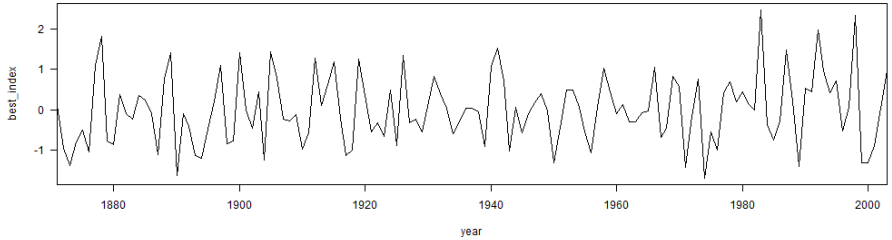


Exemple: Bivariate El Niño Sea Temperature (BEST index)



Phénomène "El Niño" quantifiable par divers index

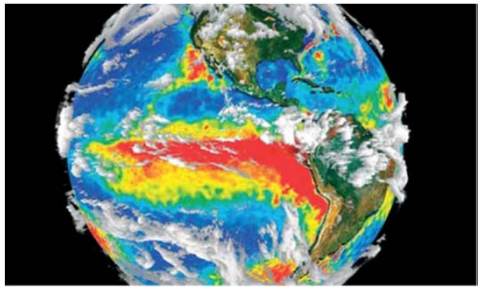
BEST: un index basé sur l'oscillation australe (différence de pression entre Darwin et Tahiti) et la température de surface de l'eau moyenne . Une valeur **par an.**

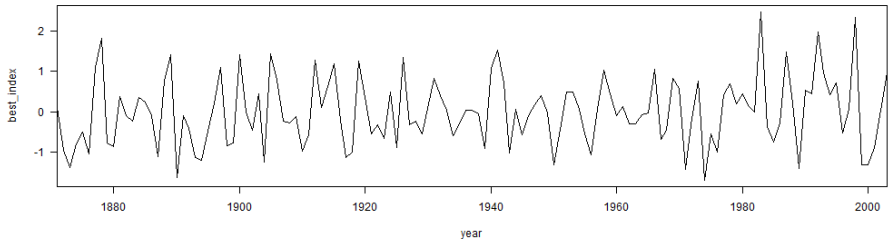


Smith, C.A. and P. Sardeshmukh, 2000, The Effect of ENSO on the Intraseasonal Variance of Surface Temperature in Winter., *International J. of Climatology*, **20** 1543-1557.

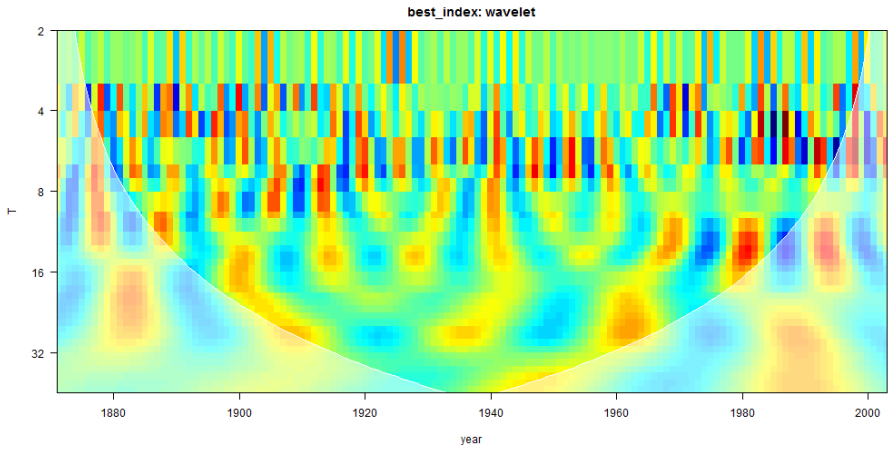
Lise Vaudor, ISIG, UMR 5600
Semin-R, MNHN, 10 juin 2016

Exemple: Bivariate El Niño Sea Temperature (BEST index)

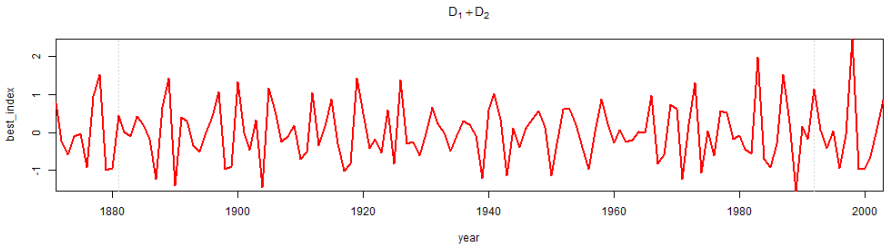


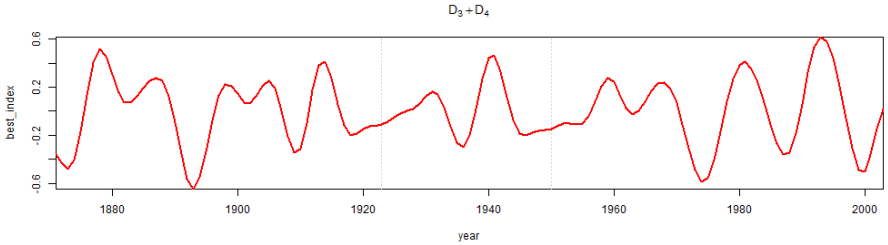


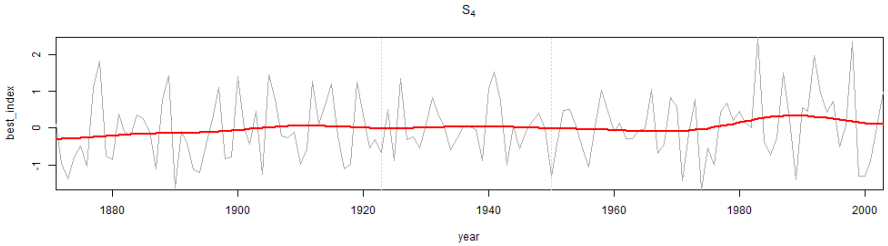
CWT



DWT

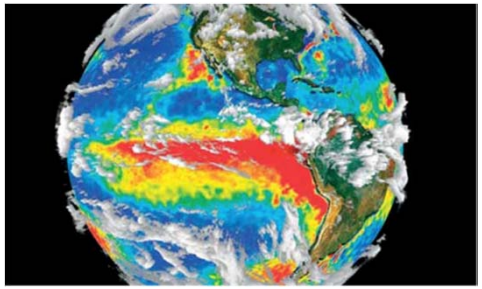


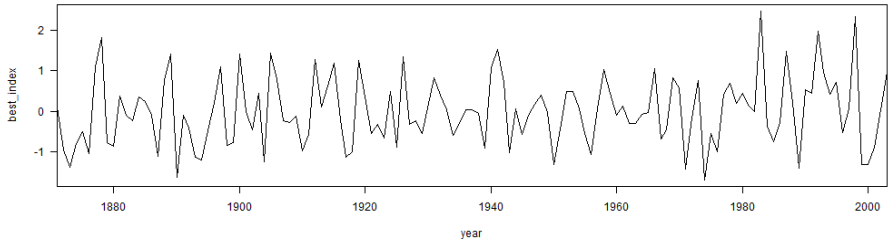


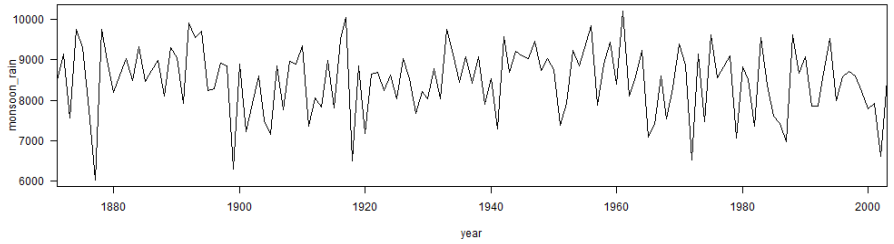


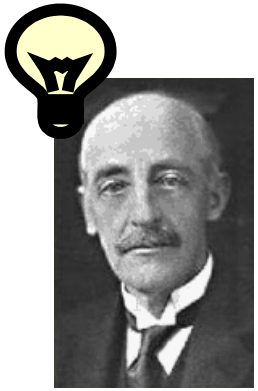
Lise Vaudor, ISIG, UMR 5600
Semin-R, MNHN, 10 juin 2016

Exemple: Bivariate El Niño Sea Temperature (BEST index)



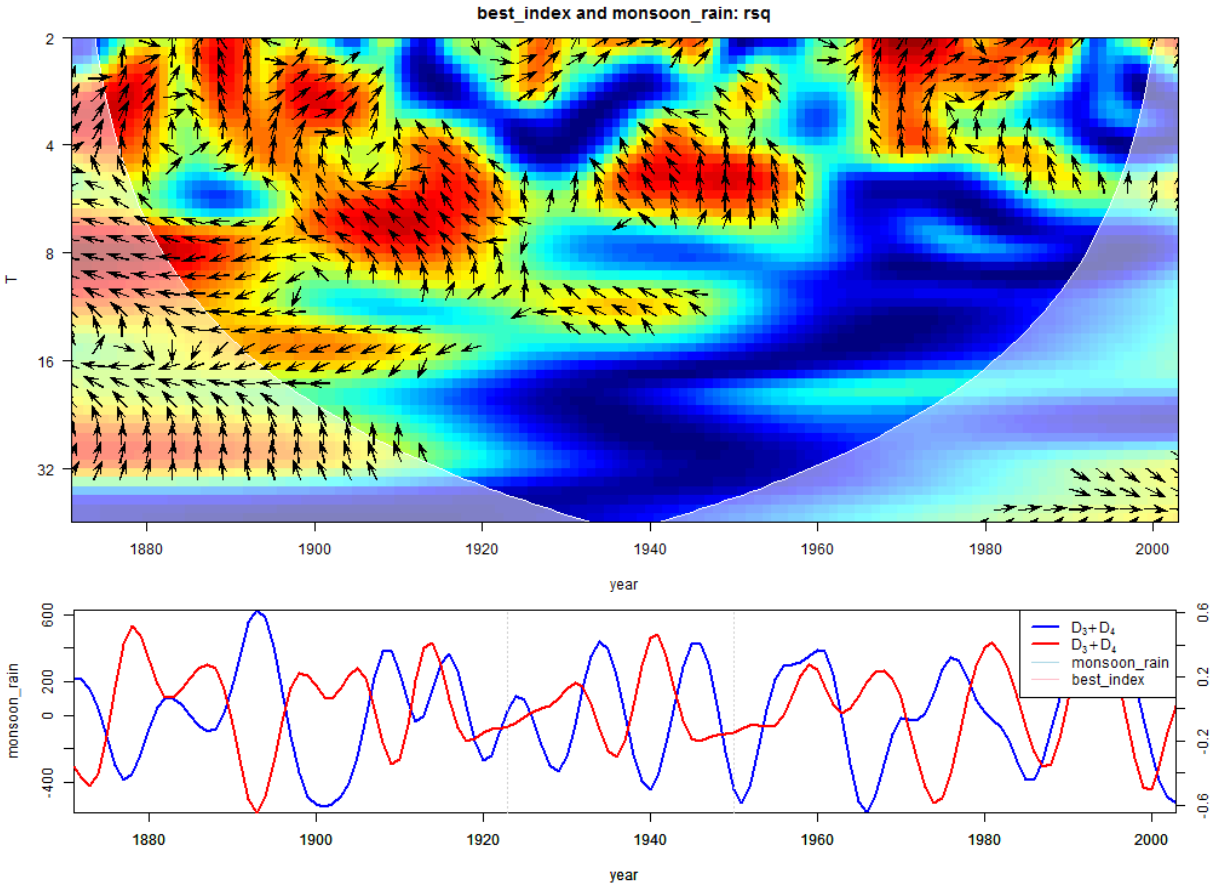






Lien entre **oscillation australe dans le Pacifique Sud** et **mousson en Inde** => **Téléconnection**.

Exemple: BEST index et pluies



The Wavelet ToolKat: une apli Shiny pour l'analyse de séries par les transformées en ondelettes

Lise Vaudor,ISIG

Semin-R, 10 juin 2016, MNHN, Paris

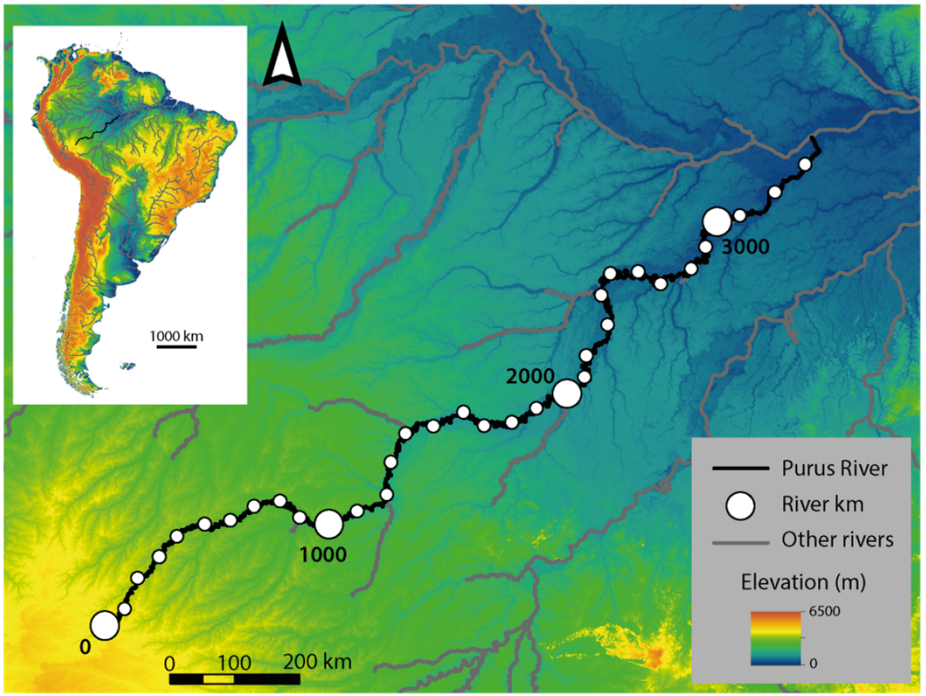
Objectifs

- Continuous Wavelet Transforms
- Discrete Wavelet Transforms
- Cross-Wavelet Transforms

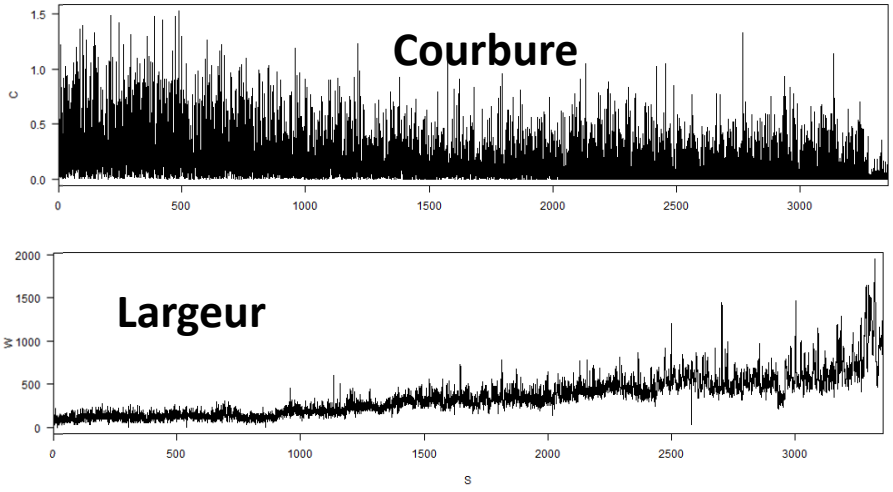
Application interactive

- Ex. : Météo
- Ex. : Climat
- Ex. : Fleuve

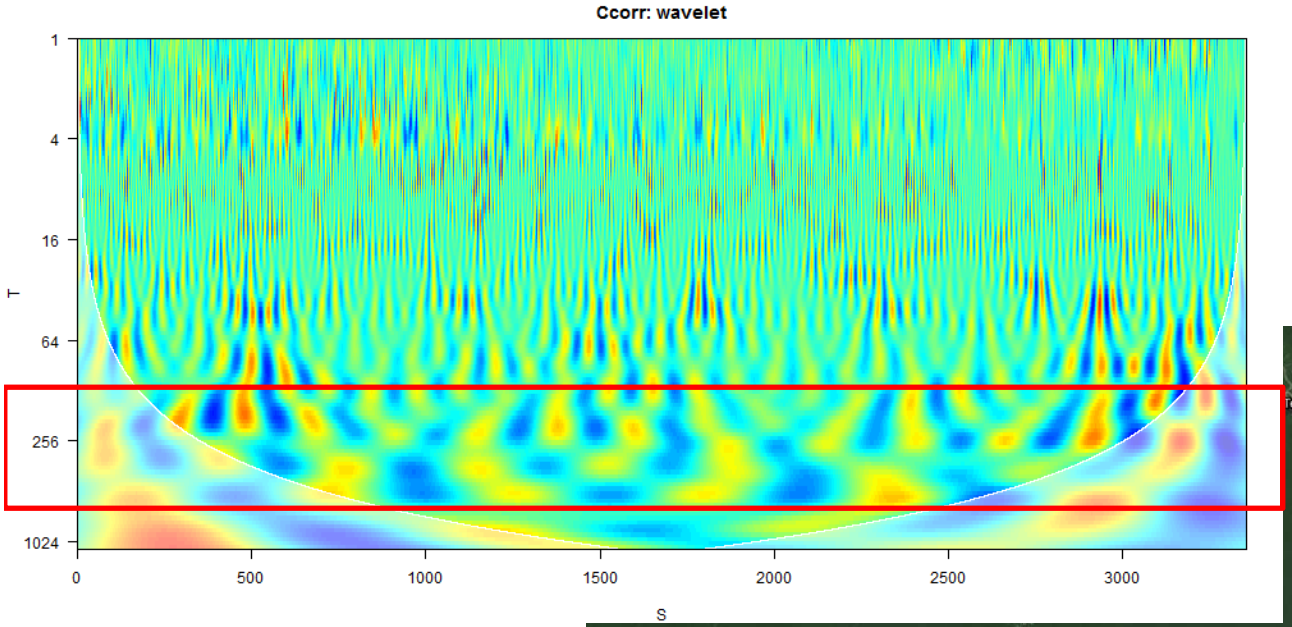
Exemple: la rivière Purus

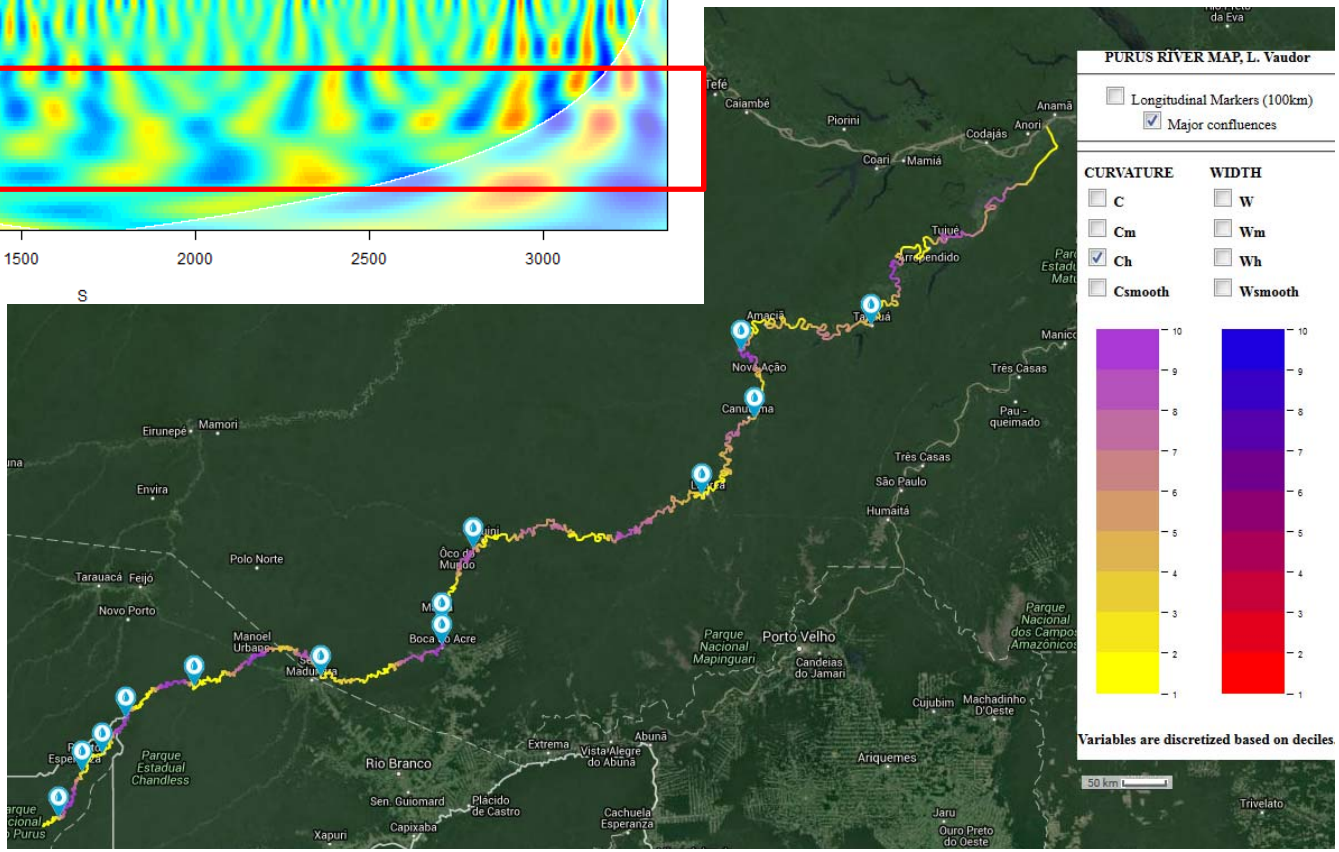


Courbure et largeur= des descripteurs longitudinaux « classiques » des rivières => comprendre les processus tels que méandrage, développement des formes fluviales, sédimentation, etc.

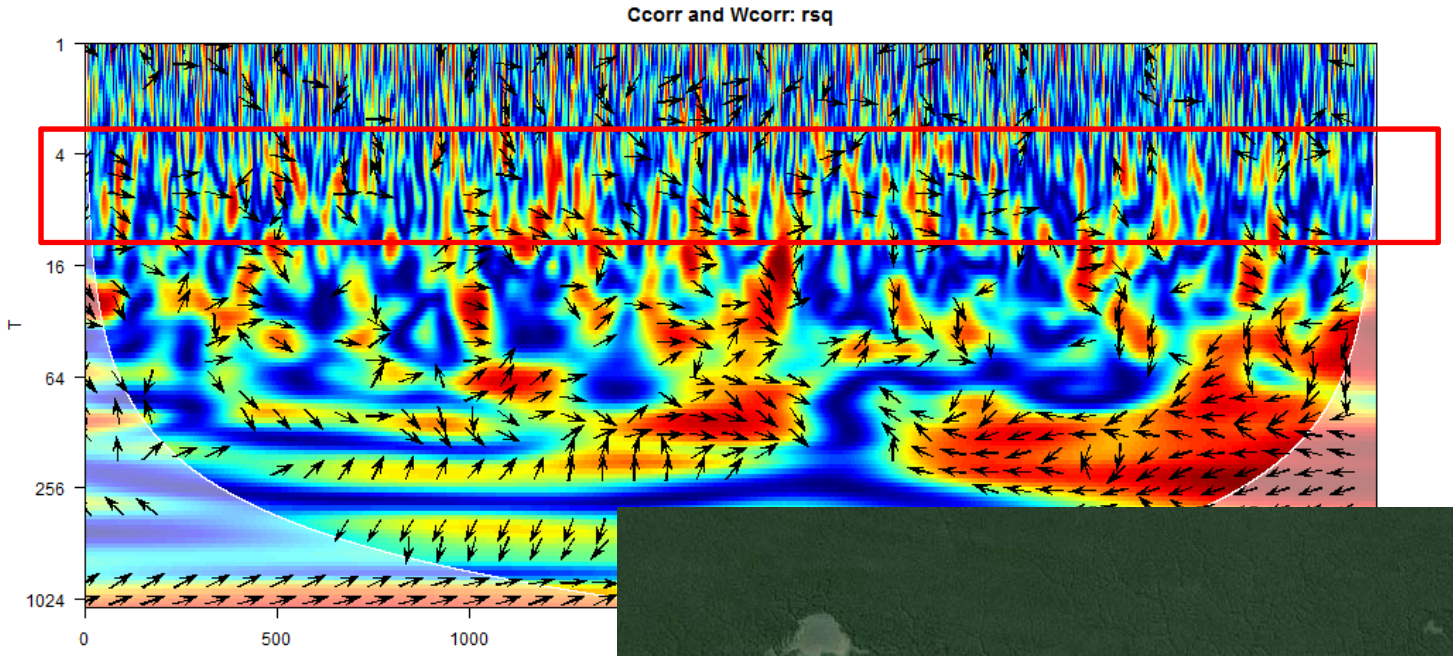


Exemple: la rivière Purus

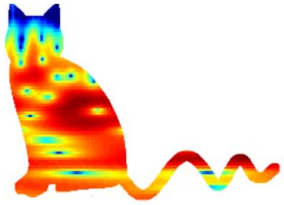




Exemple: la rivière Purus



MERCI!!



https://github.com/lvaudor/waveleT