



Contributions de surface et hydrogéologique du BV de l'Orgeval, par interpolation de données piézométriques

-

Comparaison de méthodes géostatistiques

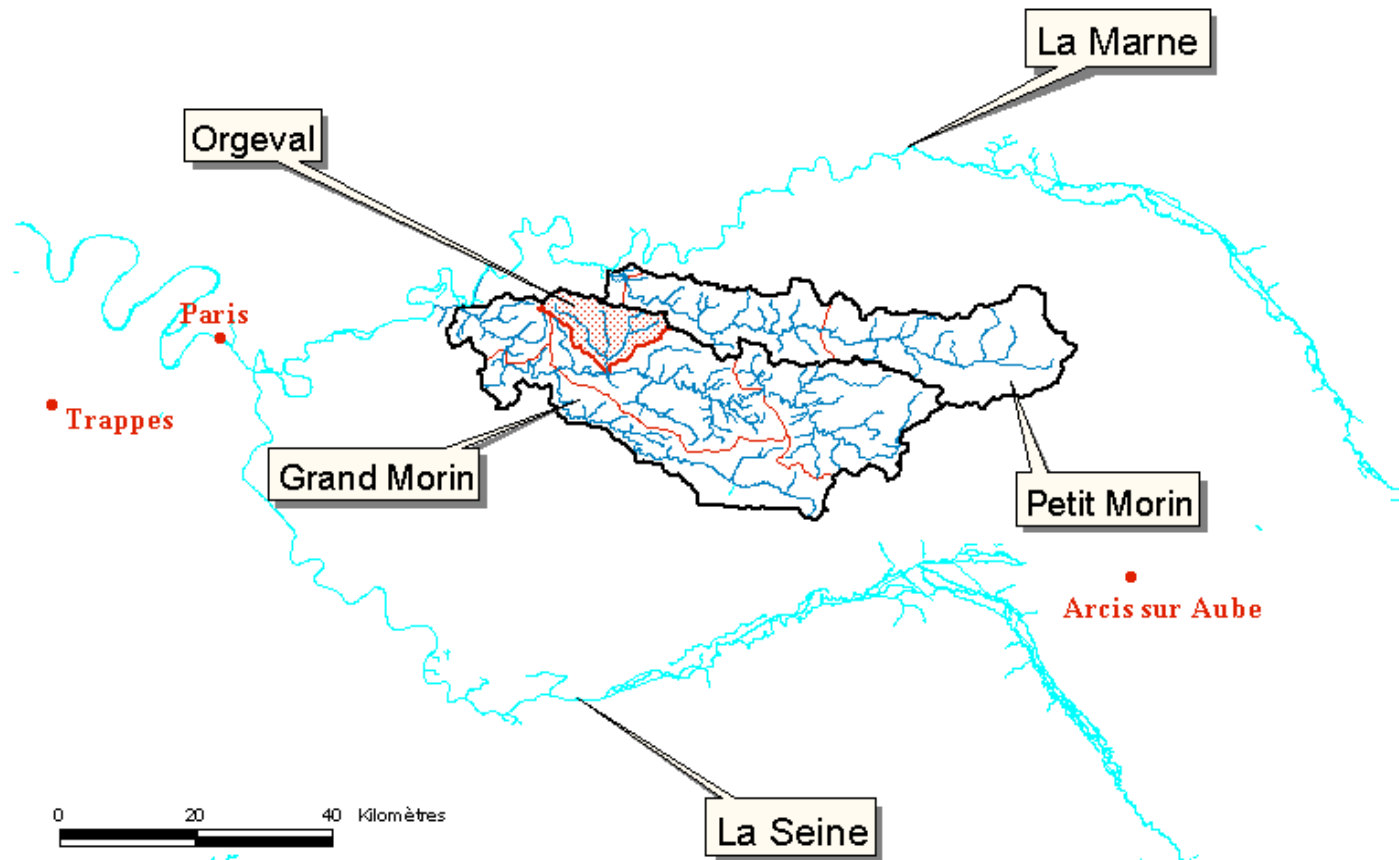
B. KURTULUS, N. FLIPO, G. VILAIN, J. TOURNEBIZE, P. ANSART, G. TALLEC, P. GOBLET, J. GARNIER

Présentation : G. TALLEC



Le BV de l'Orgeval

SITE EXPERIMENTAL DU **GIS ORACLE** (13 unités de recherche) : Observatoire de Recherche sur les bassins versants ruraux Aménagés, pour les Crues, les Etiages et la qualité de l'eau



Le BV de l'Orgeval

SITE EXPERIMENTAL DU **GIS ORACLE** (13 unités de recherche) : Observatoire de Recherche sur les bassins versants ruraux Aménagés, pour les Crues, les Etiages et la qualité de l'eau

50 ANS D'OBSERVATIONS (depuis 1962, sur le BV de l'Orgeval)

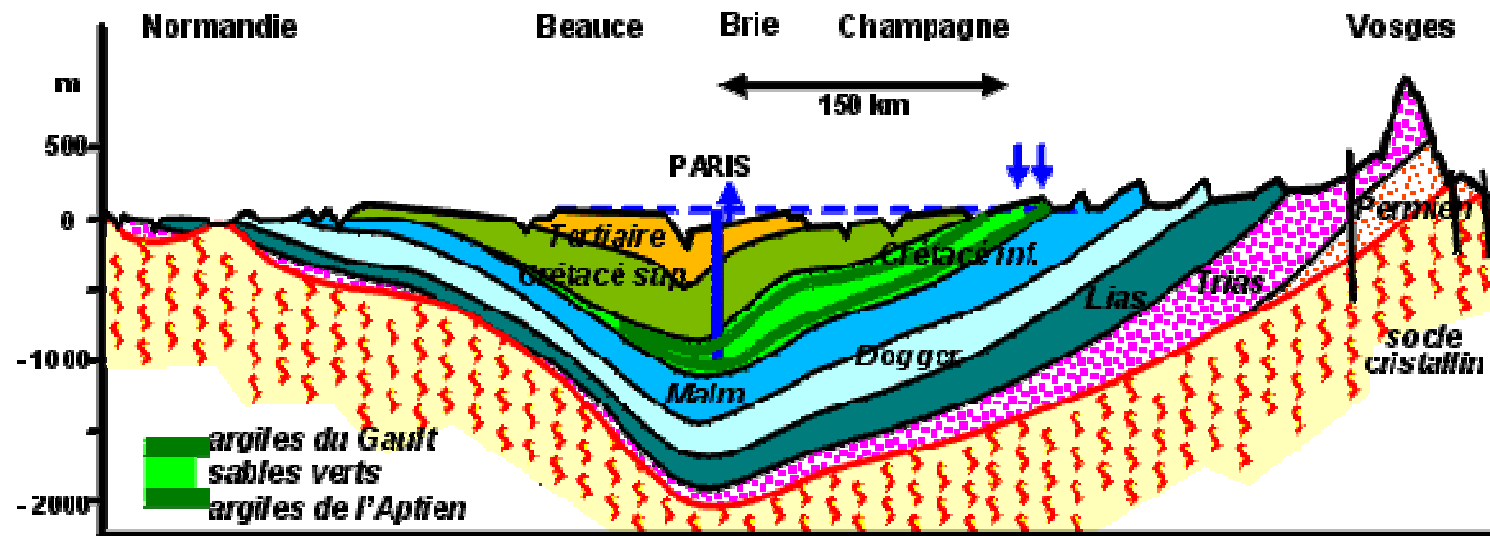
Equipements	Types de mesure	Nombres de stations	Période de mesure	Période d'observation
Stations Limnimétriques	Hauteur d'eau Jaugeage ponctuel	11	Continue	Depuis 1962
Pluviomètres	Lame d'eau pluviomètre à augets basculeurs	19	Continue	Depuis 1962
Piézomètres	Hauteur d'eau	11 (2m à 40 m de profondeur)	Continue et journalière	Depuis 1989
Qualité	NO3, NO2, NH4, PO4, Cl, COD, CID et conductivité	11	Journalière	Depuis 1975 pour certaines stations
Station Météorologique	T° min and max, radiations totales, T° du sol à -50 cm et - 100 cm, Humidité min, max et moyenne	1 station + 2 à proximité de l'observatoire	Continue	Depuis 1962.
Humidité du sol	Humidité volumique du sol à différentes profondeurs, sur 3 sites de mesure sur le BV	3 profils (de 5 cm à 155 cm)	Continue	Depuis 1988 sur 1 site, depuis 2006 sur 2 autres sites
Carte des cultures	Carte des cultures du bassin	Bassin versant des Avenelles	Annuelle	Depuis 1998
Cartes	carte pédologique et géologique, MNT 50 m, supports SIG ...			

Le BV de l'Orgeval

SITE EXPERIMENTAL DU **GIS ORACLE** (13 unités de recherche) : Observatoire de Recherche sur les bassins versants ruraux Aménagés, pour les Crues, les Etiages et la qualité de l'eau

50 ANS D'OBSERVATIONS (depuis 1962, sur le BV de l'Orgeval)

REPRESENTATIF des grands ensembles sédimentaires, fortement anthropisés, sous climat tempéré comme le bassin de la Seine



Le BV de l'Orgeval

SITE EXPERIMENTAL DU **GIS ORACLE** (13 unités de recherche) : Observatoire de Recherche sur les bassins versants ruraux Aménagés, pour les Crues, les Etiages et la qualité de l'eau

50 ANS D'OBSERVATIONS (depuis 1962, sur le BV de l'Orgeval)

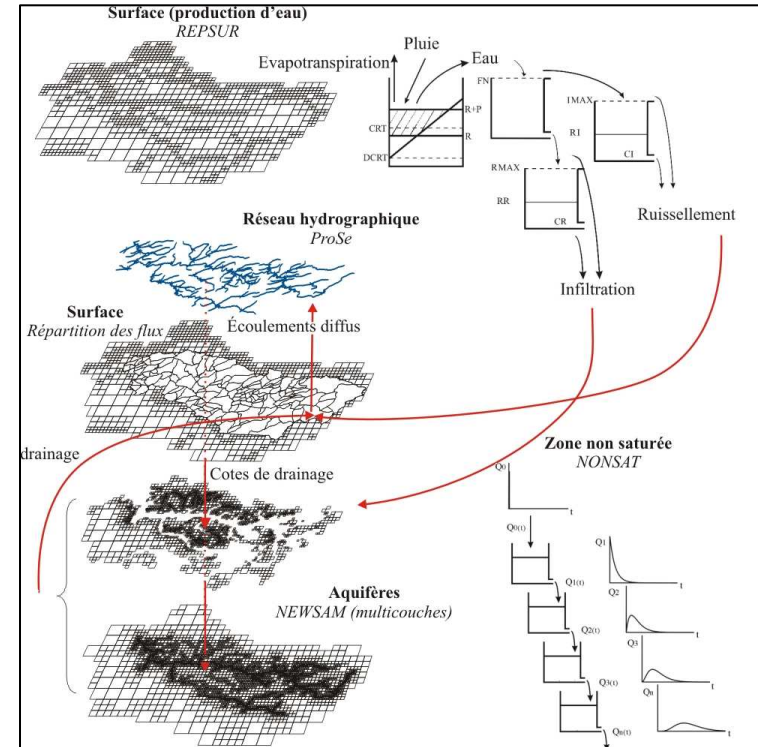
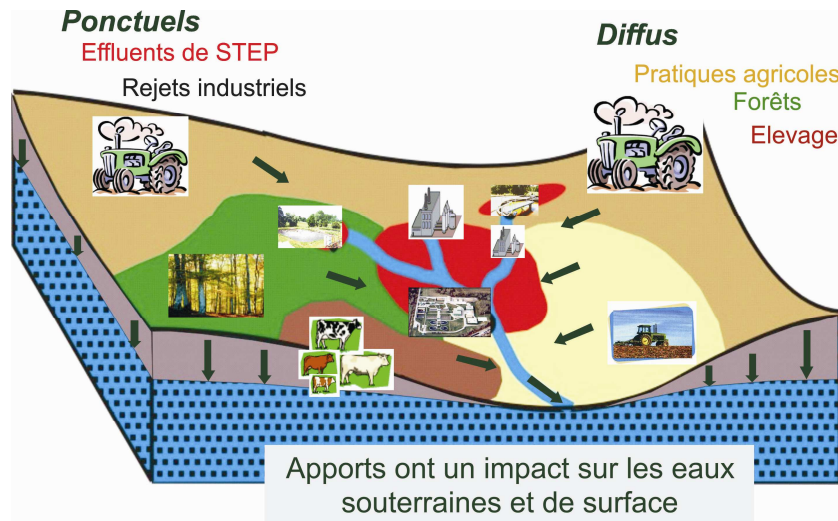
REPRESENTATIF des grands ensembles sédimentaires, fortement anthropisés, sous climat tempéré comme le bassin de la Seine

TROIS AXES DE RECHERCHE sur le Fonctionnement hydrologique et biogéochimique des bassins sédimentaires en milieu rural anthropisé

- Observation et modélisation des processus de transferts d'eau et de polluants à différentes échelles
- Observation et modélisation des écoulements pour améliorer la prévision des risques
- Stratégies de mesure et réflexion autour des modes de représentation des systèmes

Objectif : Caractériser l'hydrologie de sub-surface du BV de l'Orgeval

1. Améliorer les simulations spatialisées hydro- et hydrogéologiques du bassin

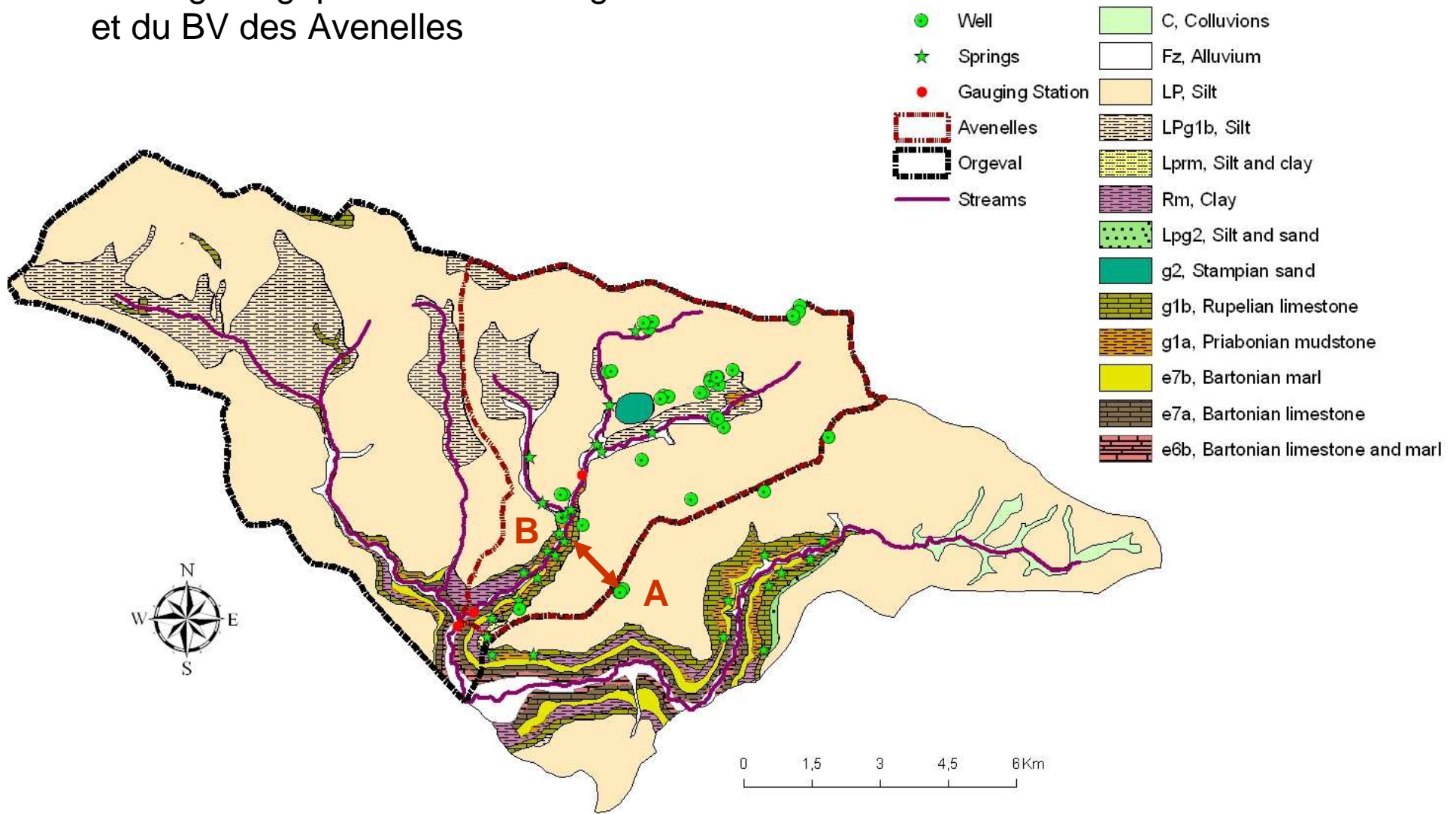


2. Support des modélisations biogéochimiques :

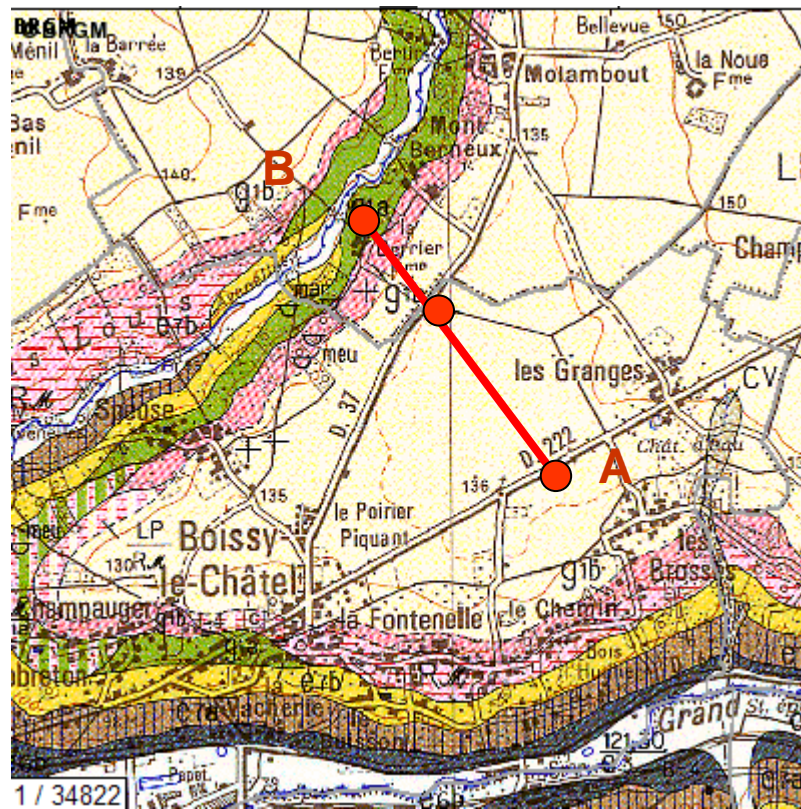
- ✓ Dénitrification
- ✓ Production de GES
- ✓ Transfert de pesticides
- ✓ Ingénierie écologique

Données piézométriques du BV de l'ORGEVAL

- Carte géologique du BV de l'Orgeval et du BV des Avenelles



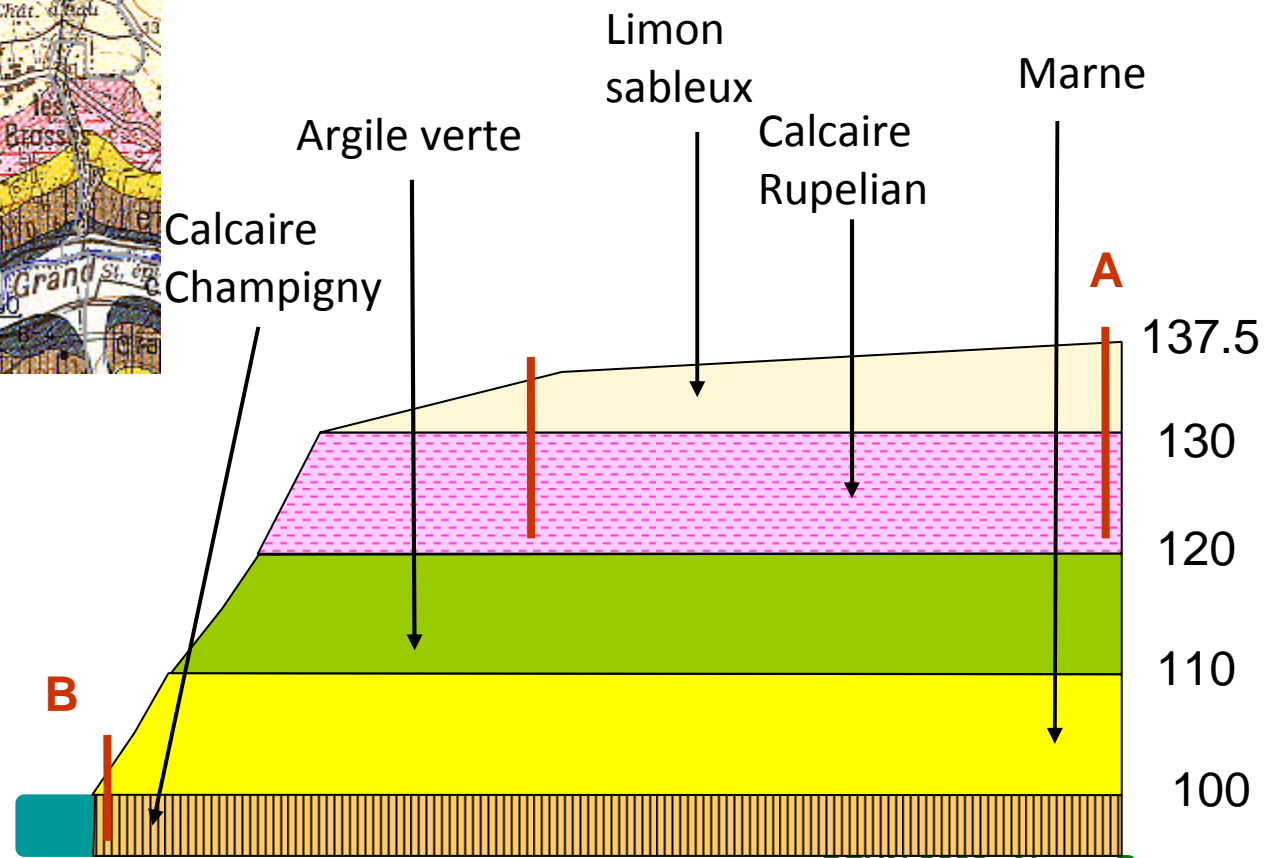
Section A-B 1.7 km



1 km

500 m

Hauteur d'eau (sonde piézométrique)
– Données horaires



Hauteur d'eau – Données ponctuelles, campagne sur une journée



41 puits
27 sources



Comment interpoler les données pour évaluer une distribution de la charge hydraulique ?

DEUX MÉTHODES TESTÉES :

- Krigeage - méthode géostatistique classique de spatialisation
- ANFIS - méthode généralement appliquée à la spatialisation des pluies

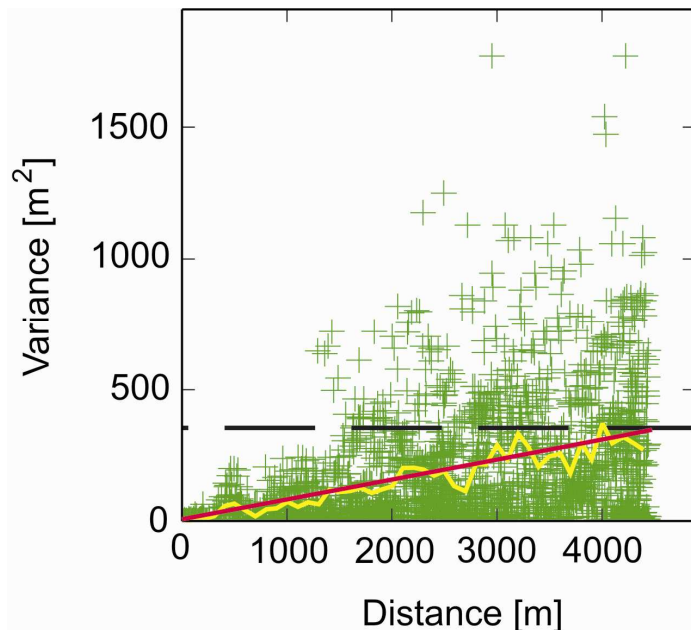
Méthode du Krigeage

Méthode statistique commune d'interpolation spatiale.

Meilleur prédicteur Elimine les "aberrations", les valeurs improbables, ou incohérentes, en se basant sur la valeur des données avoisinantes

i) Construction d'un variogramme :

Variance vs Distance qui montre l'augmentation de la variabilité des données observées avec l'augmentation de la distance entre chaque couple de points observés $Z(x_i)$ à la position x_i .



ii) Interprétation du variogramme :

Courbe rouge, déterminée *via* le principe des moindres carrés et qui donne le poids spatial (λ_i) de chaque $Z(x_i)$ pour 1 distance maxi et 1 variance mini

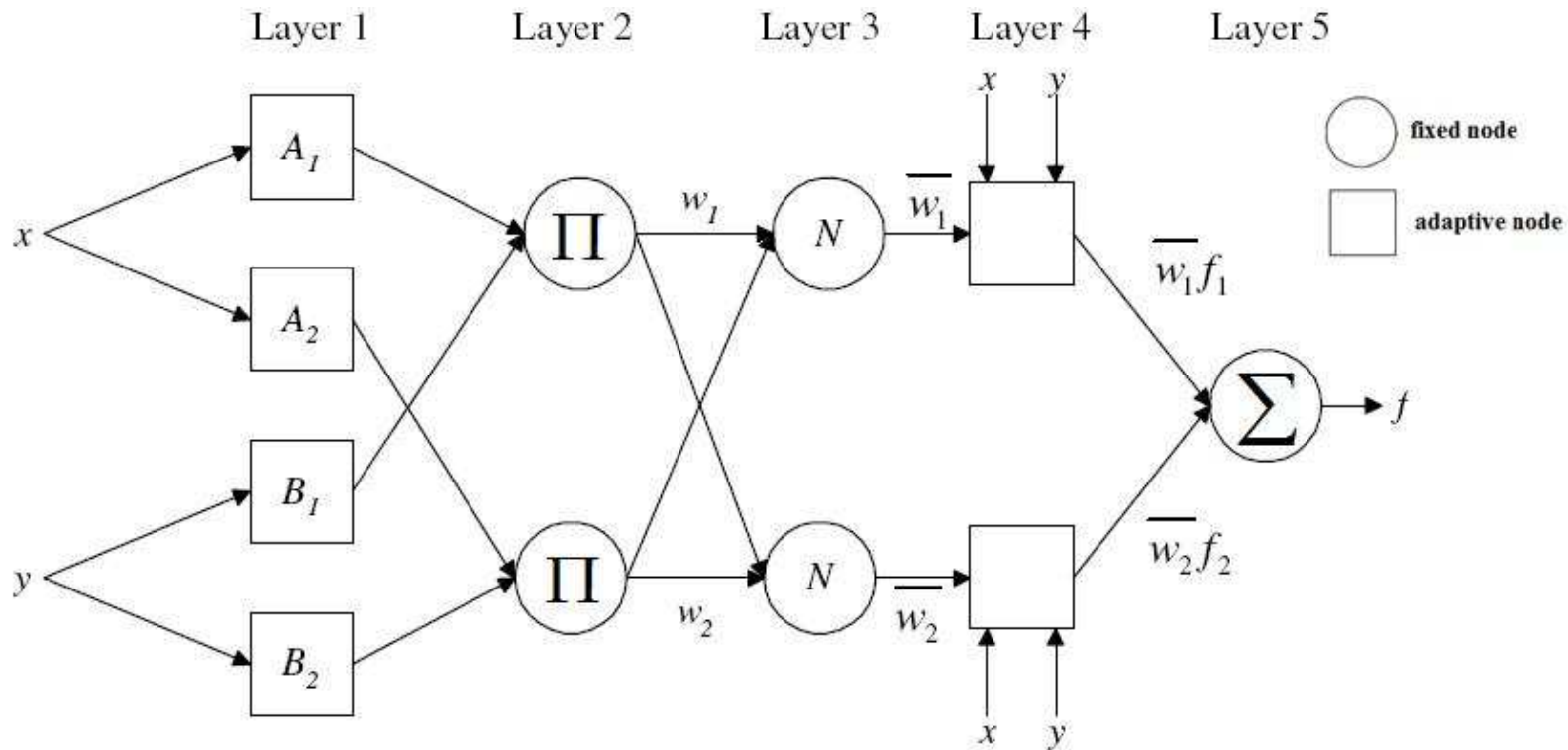
iii) Calcul de la valeur Krigée :

$$\text{Calcul la valeur krigée : } Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Méthodes ANFIS

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.



Jang, 1992

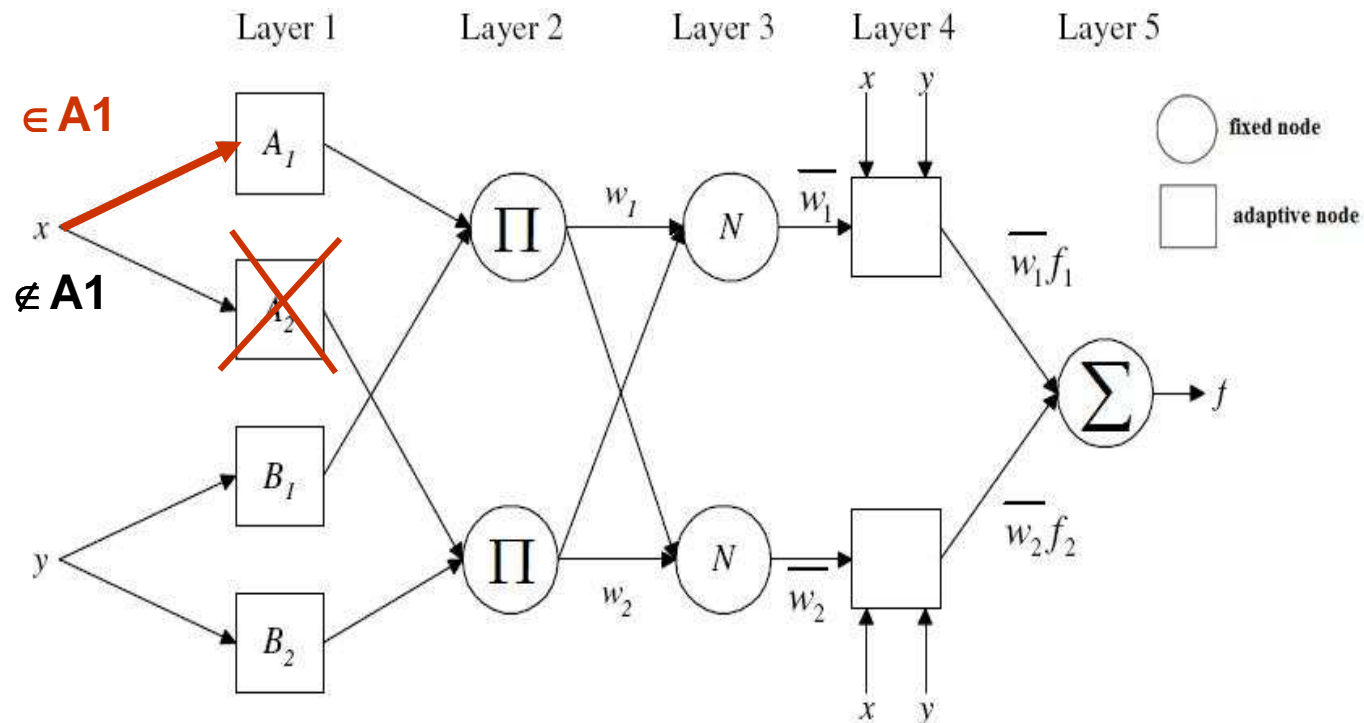
Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

En bref :

- **ANFIS est basée sur la théorie des ensembles**
(système essai-erreur : appartient, $\in A_1$ – appartient pas, $\notin A_1$)



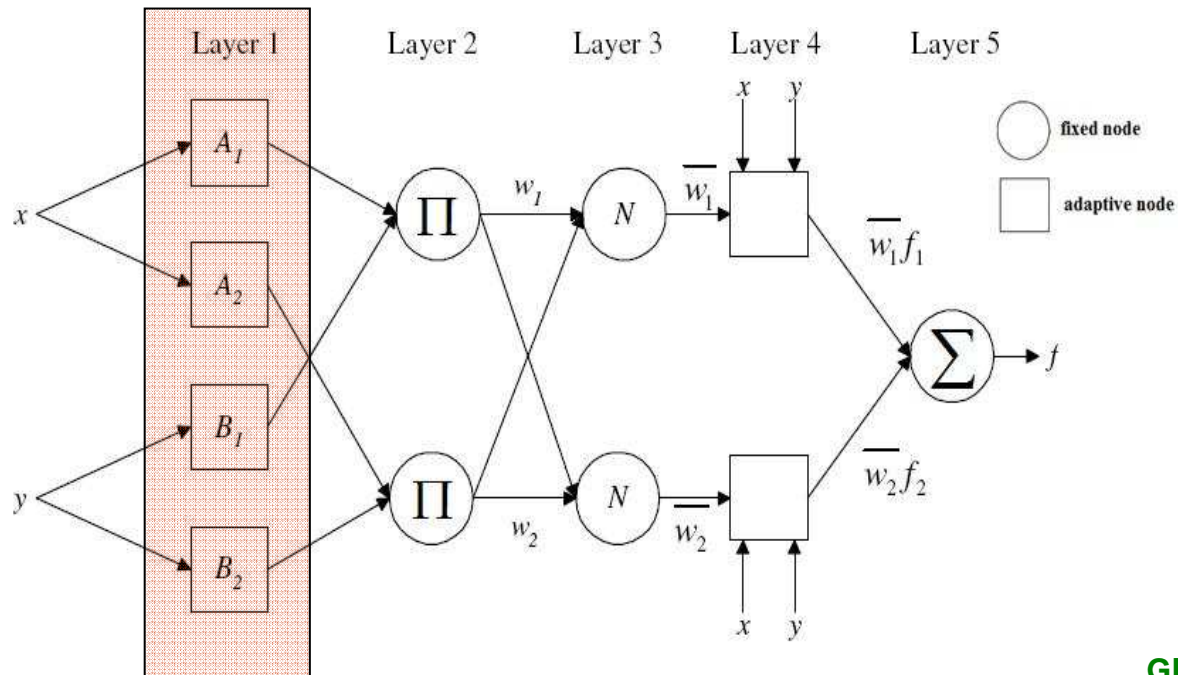
Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

En bref :

- ANFIS est basée sur la théorie des ensembles (système essai-erreur : appartient, $\in A$ – appartient pas, $\notin A$)
- **Une couche = une fonction d'appartenance (A)**



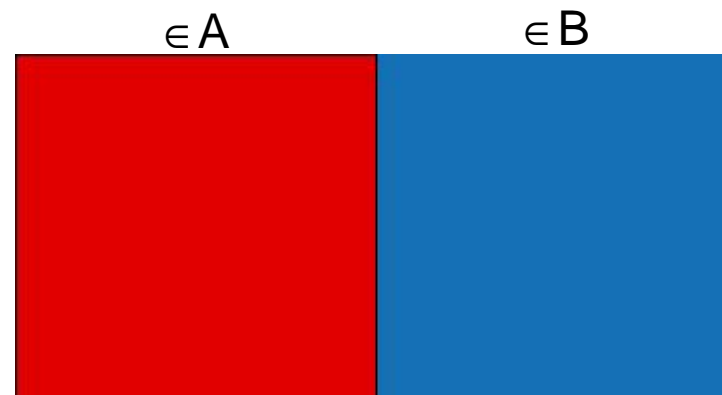
Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

En bref :

- ANFIS est basée sur la théorie des ensembles (système essai-erreur : appartient, $\in A$ – appartient pas, $\notin A$)
- Une couche = une fonction d'appartenance (A)
- **Nombre de fonction d'appartenance pour chaque point estimé**
($\in A$, $\in B$,...)



Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

En bref :

- ANFIS est basée sur la théorie des ensembles (système essai-erreur : appartient, $\in A$ – appartient pas, $\notin A$)
- Une couche = une fonction d'appartenance (A)
- Nombre de fonction d'appartenance pour chaque point estimé ($\in A$, $\in B$,...)
- **Comme plusieurs fonctions d'appartenance pour un même point la frontière d'appartenance est floue ($A \cap B$)**

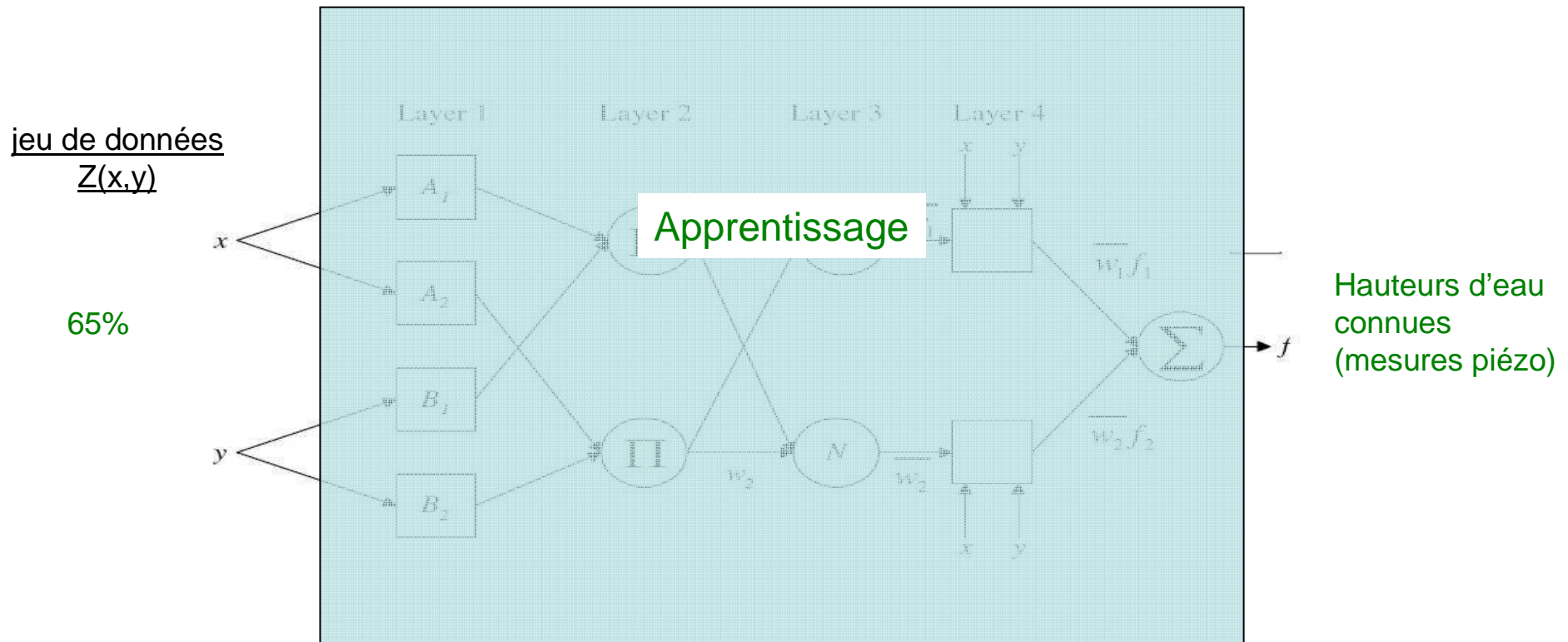


Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

Au niveau des données :

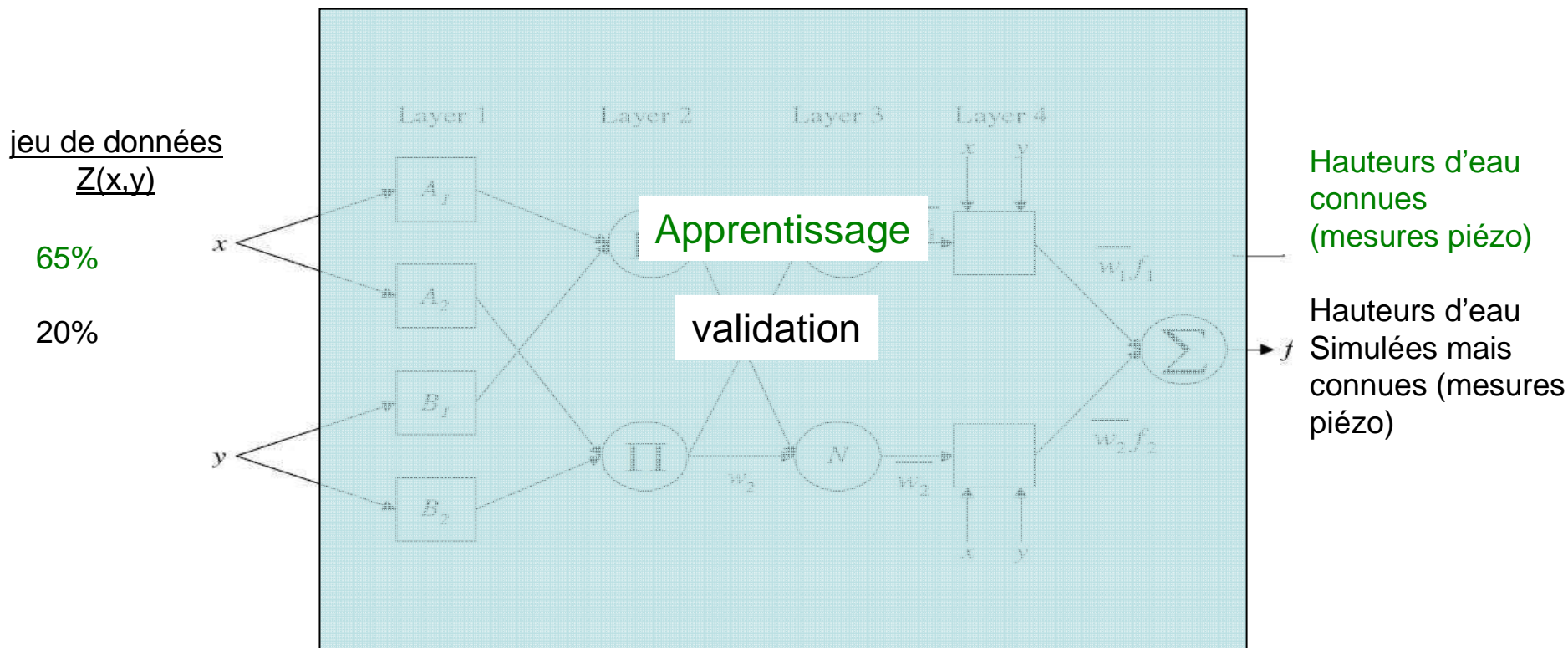


Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

Au niveau des données :

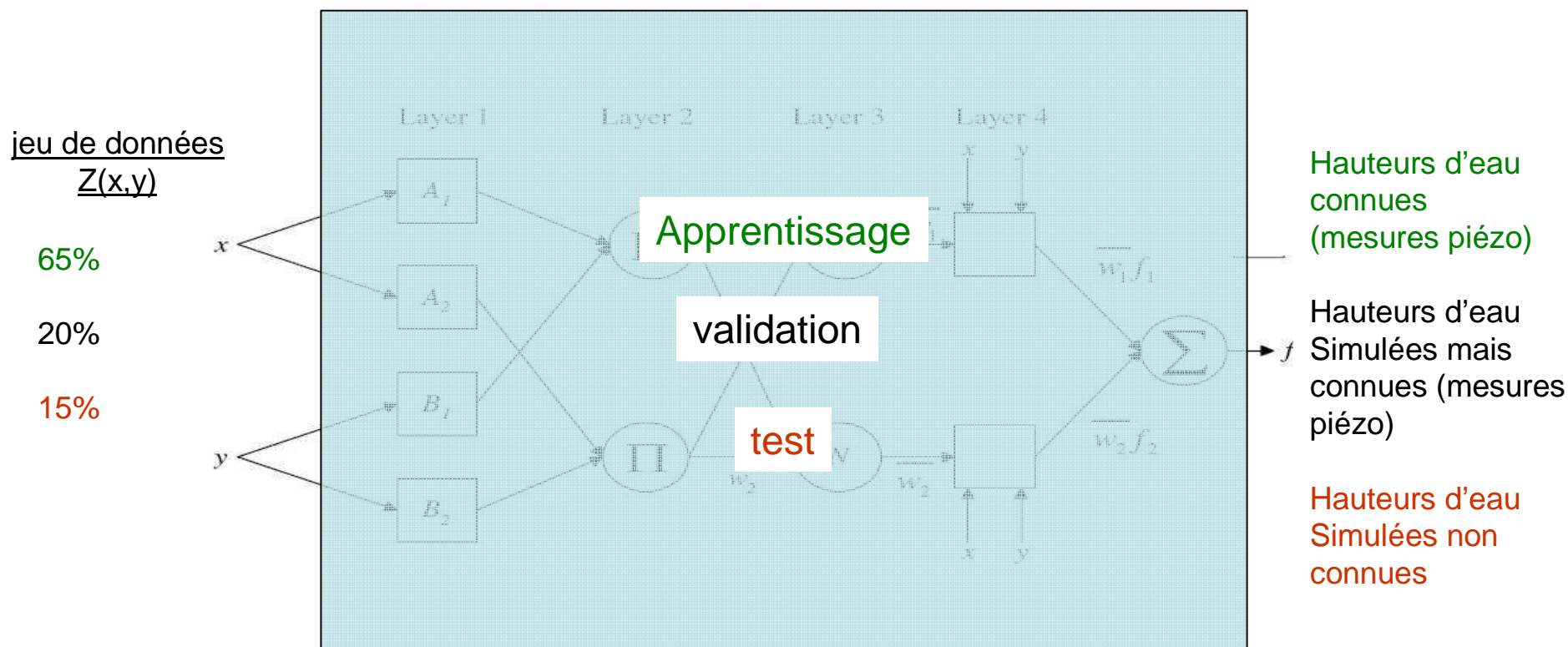


Méthodes d'Interpolation des données ponctuelles

ANFIS (système adaptatif d'inférence floue à base neuronale)

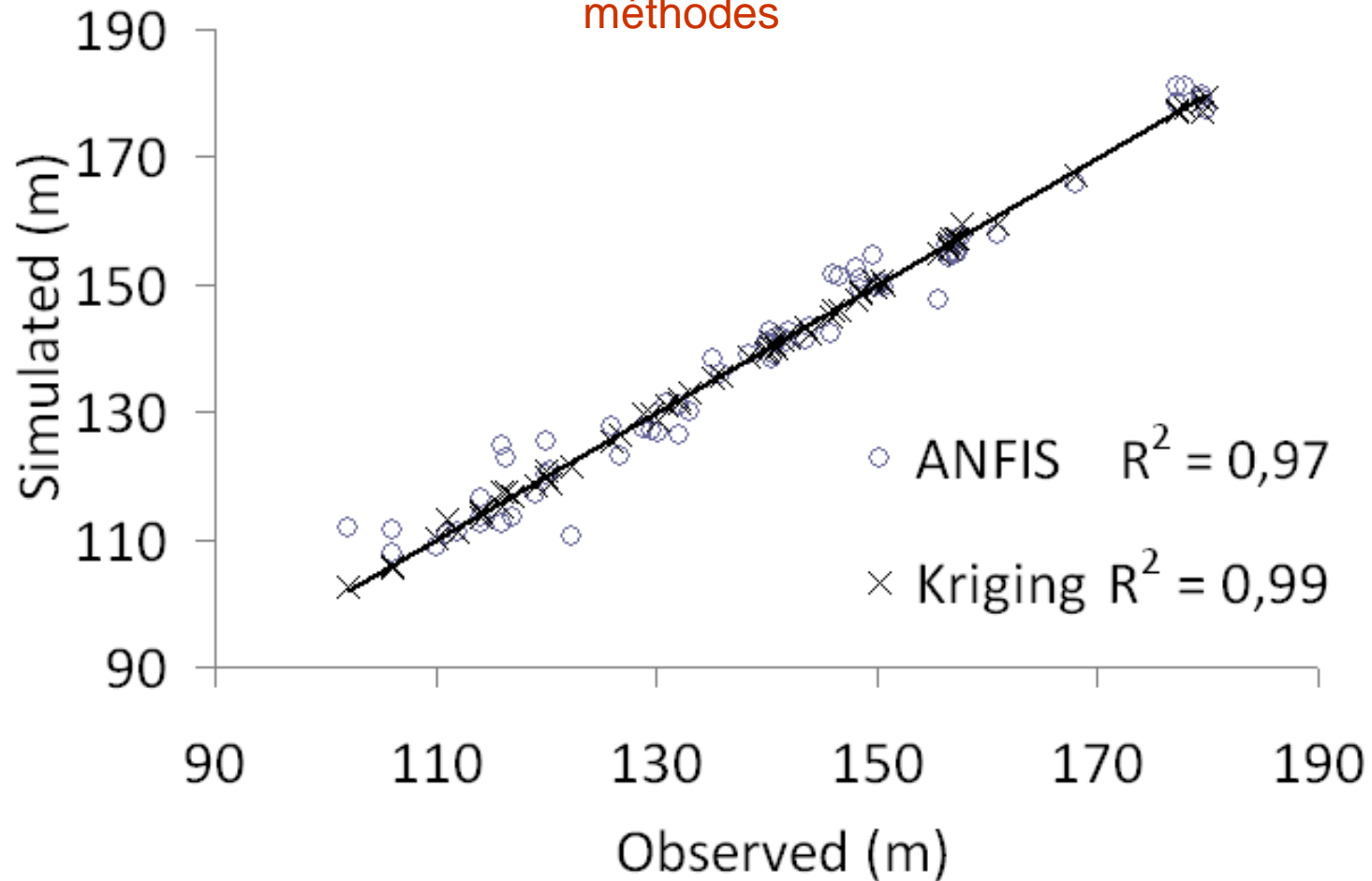
L'architecture des systèmes d'ANFIS se compose de cinq couches. Chaque couche est constituée de différents nœuds décrits par une fonction nodale fixe ou adaptative.

Au niveau des données :



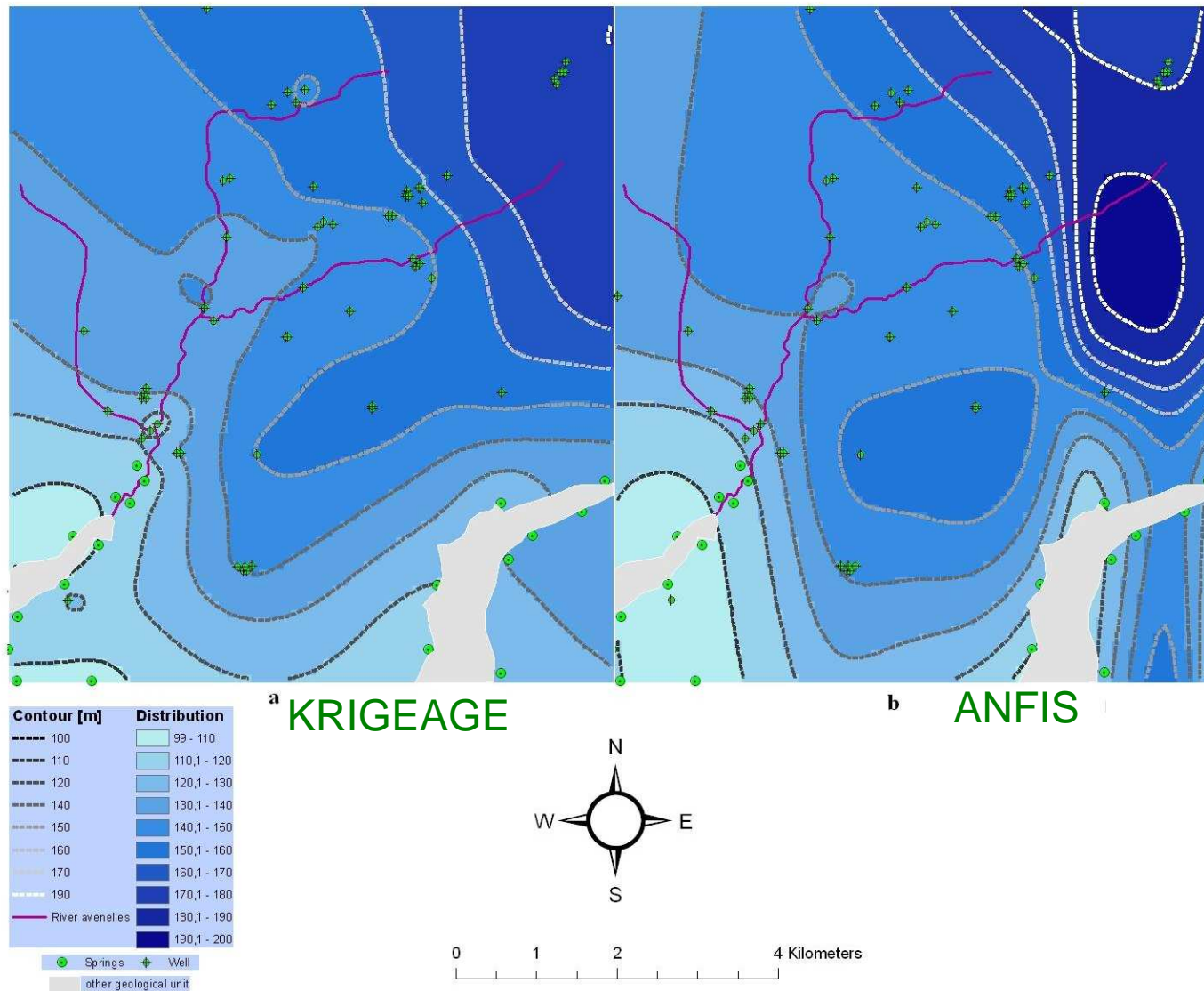
Résultats – Comparaison des méthodes

Evaluations satisfaisantes pour les deux méthodes



Résultats– Comparaison des méthodes

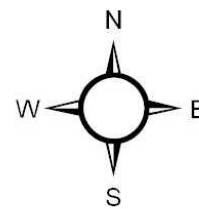
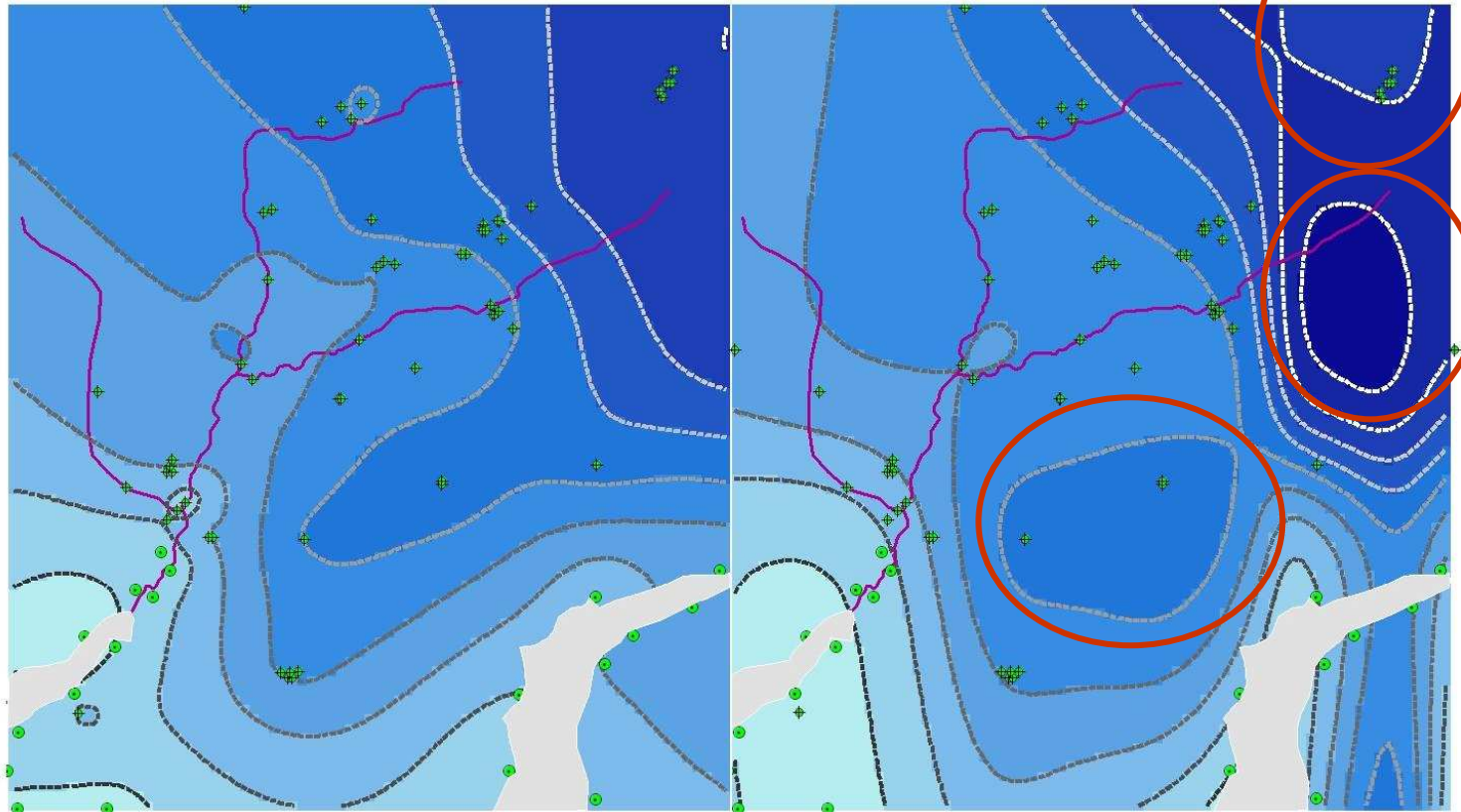
Représentations différentes du phénomène



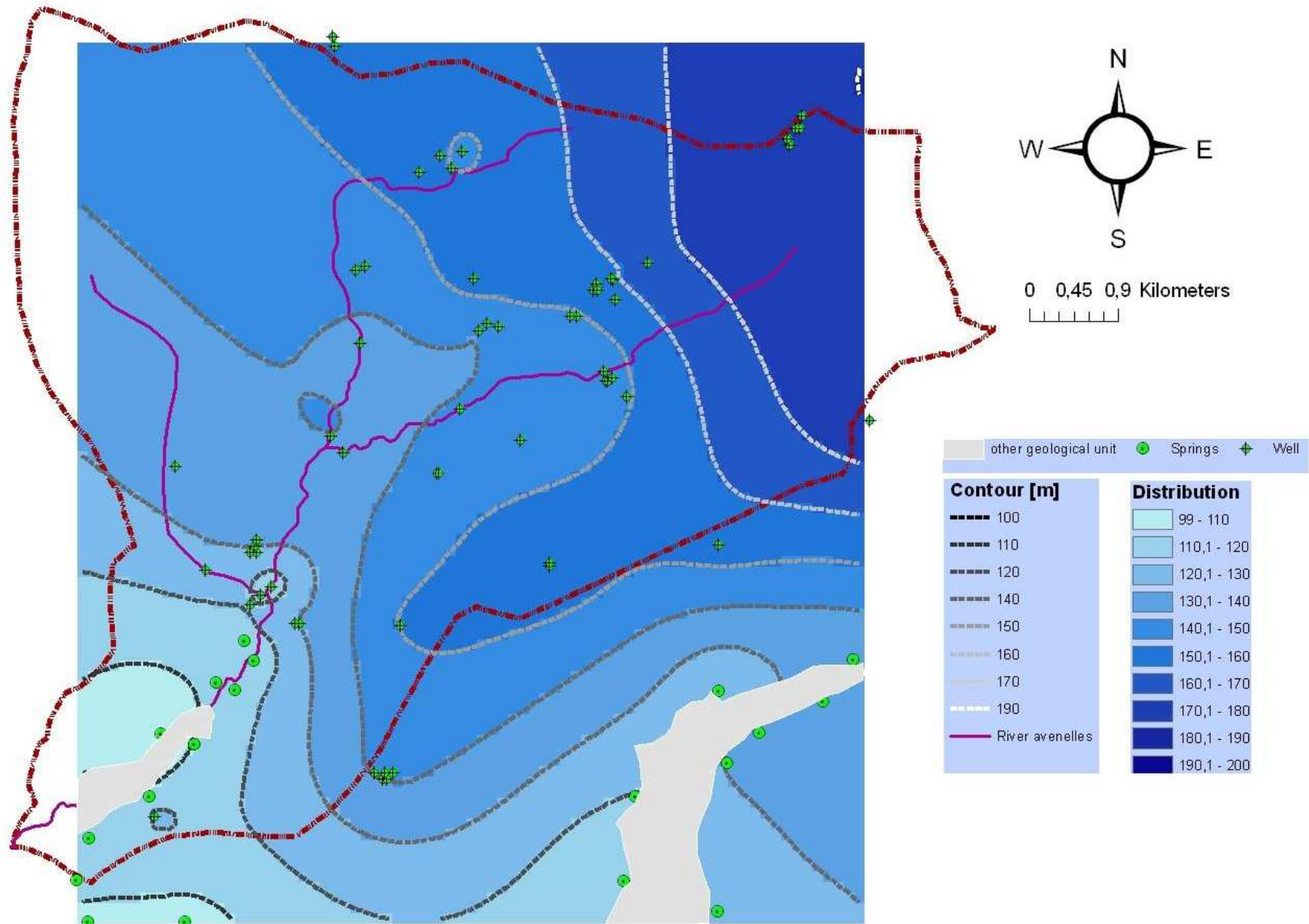
Résultats – Comparaison des méthodes

KRIGEAGE

ANFIS



Résultats – Meilleure méthode le KRIGEAGE



Perspectives



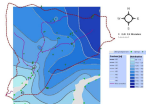
Plus de données continues
Implantations de nouveaux piézomètres



Plus de données ponctuelles
Nouvelles campagnes de mesures



Meilleure connaissance du terrain :
Campagne géophysique (conductivité et résistivité électrique)



Méthode d'interpolation : perspective de développement de la méthode ANFIS avec intégration du MNT du BV pour interpolation ANFIS (x, y, z)