

## **Les Eaux souterraines**

# **Une ressource vulnérable cruciale pour la santé humaine et les** **hydroécosystèmes**

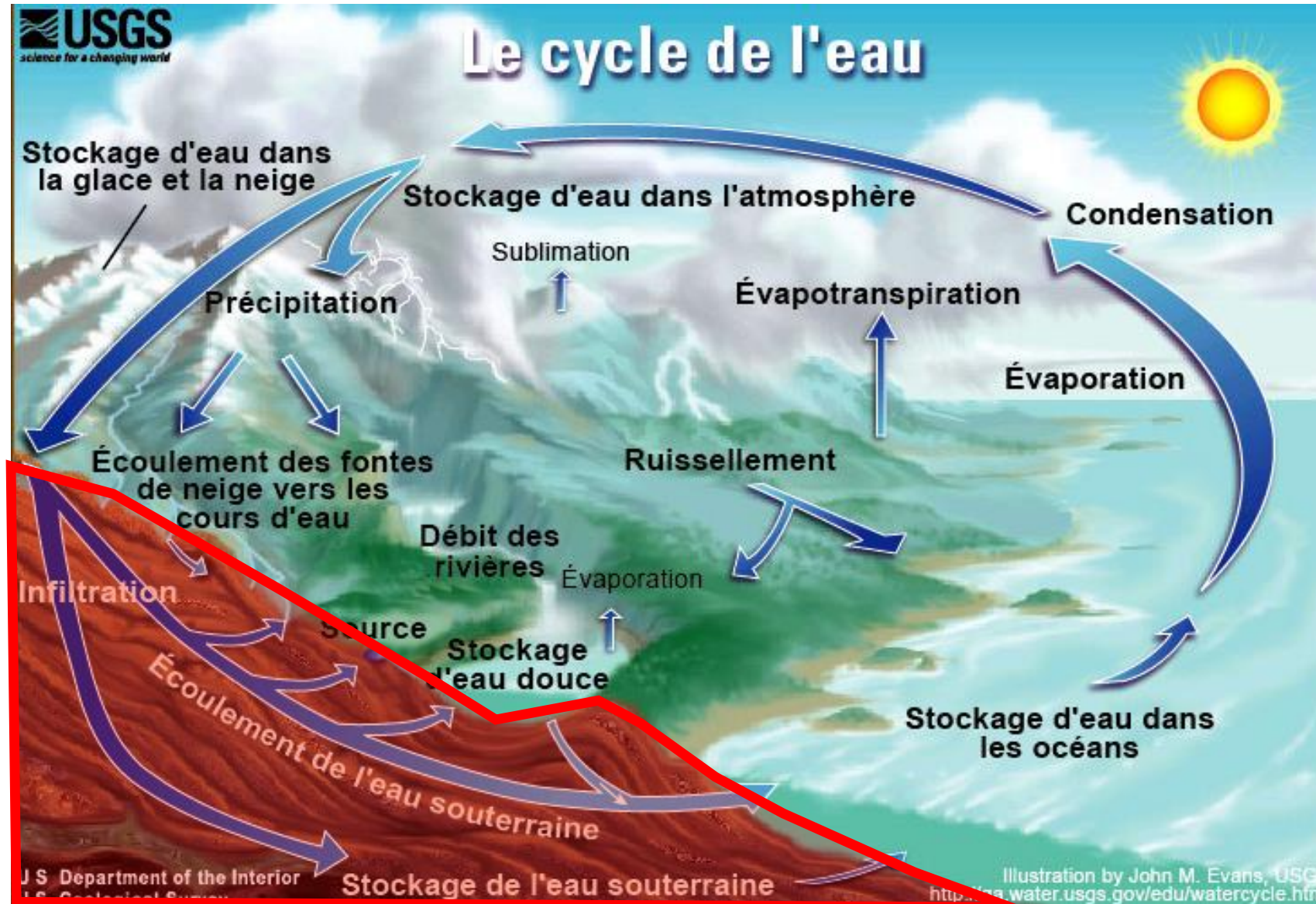
Jessy JAUNAT - [Jessy.jaunat@univ-reims.fr](mailto:Jessy.jaunat@univ-reims.fr)

**WINTER SCHOOL 2022**

Reims – le 25 mars 2022

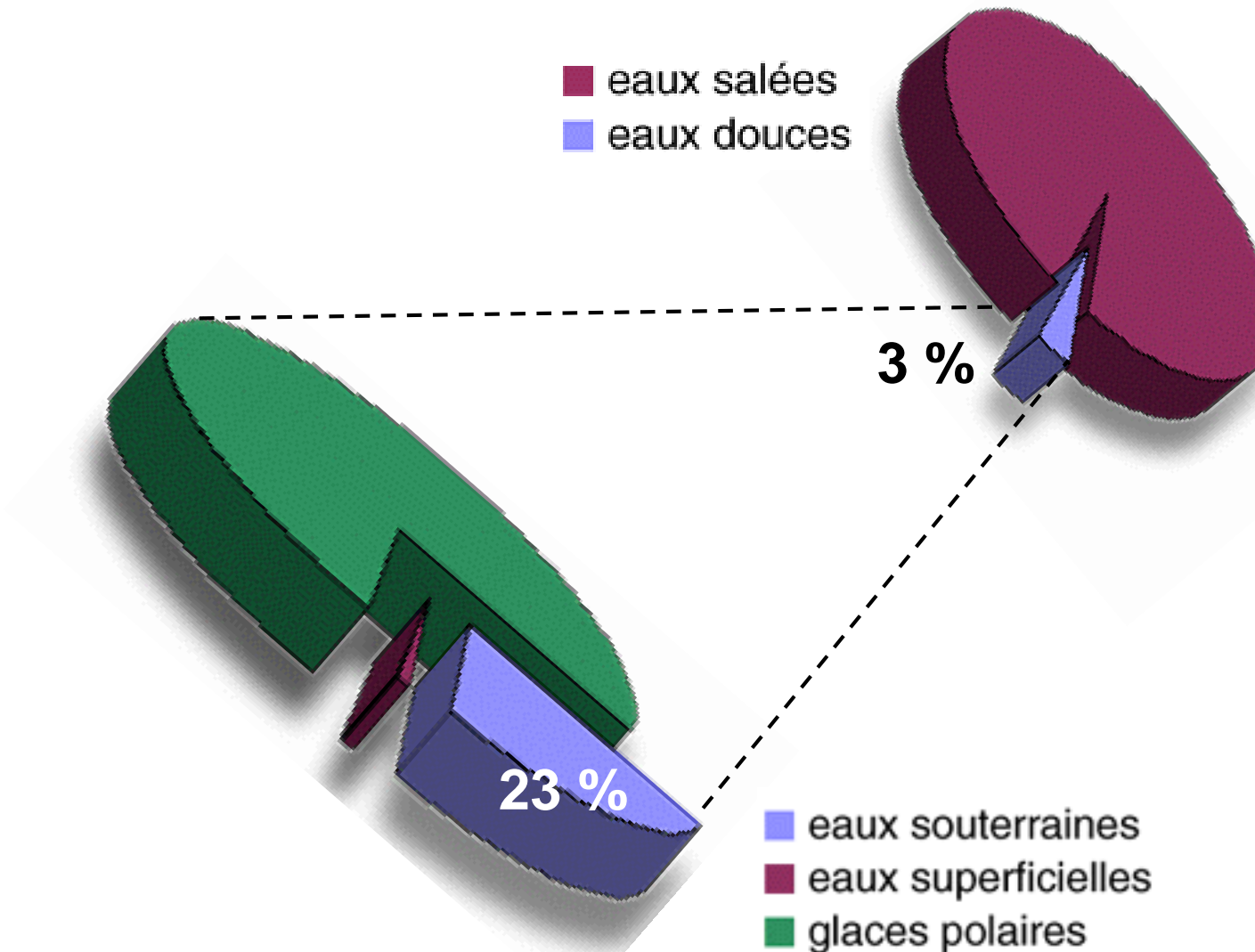


## Un compartiment du cycle de l'eau mal connu



Pas toujours pris en compte dans les études environnementales

## Un compartiment du cycle de l'eau mal connu



## Un compartiment du cycle de l'eau mal connu

- Majorité du volume d'eaux douces utilisables

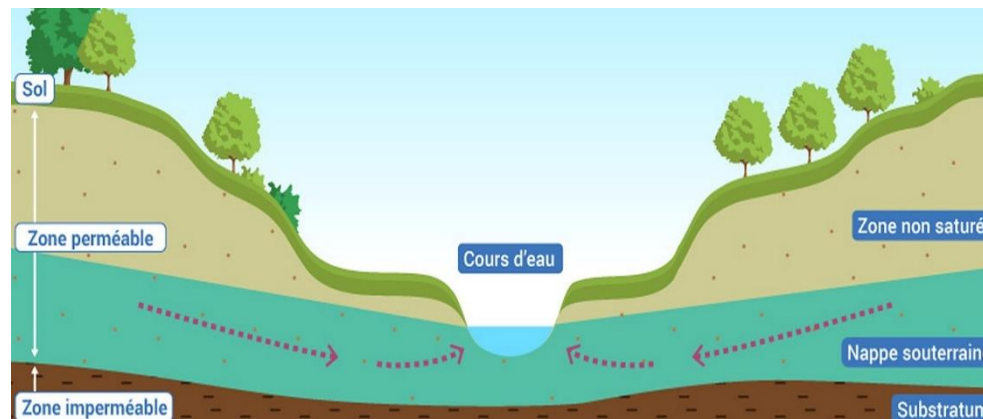
## Mais un rôle stratégique

- 60 % de l'alimentation en eau potable en France, 20 % des besoins pour l'irrigation (monde), 15 % des besoins industriels (monde) *Margat, 2003*

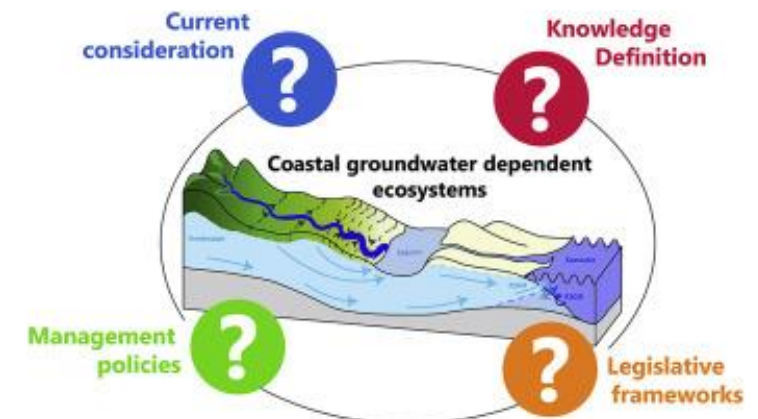
- Maintien de la biodiversité de nombreux hydro-écosystèmes



Illustration google image



Nappe convergente vue en coupe (OIEau – 2018)

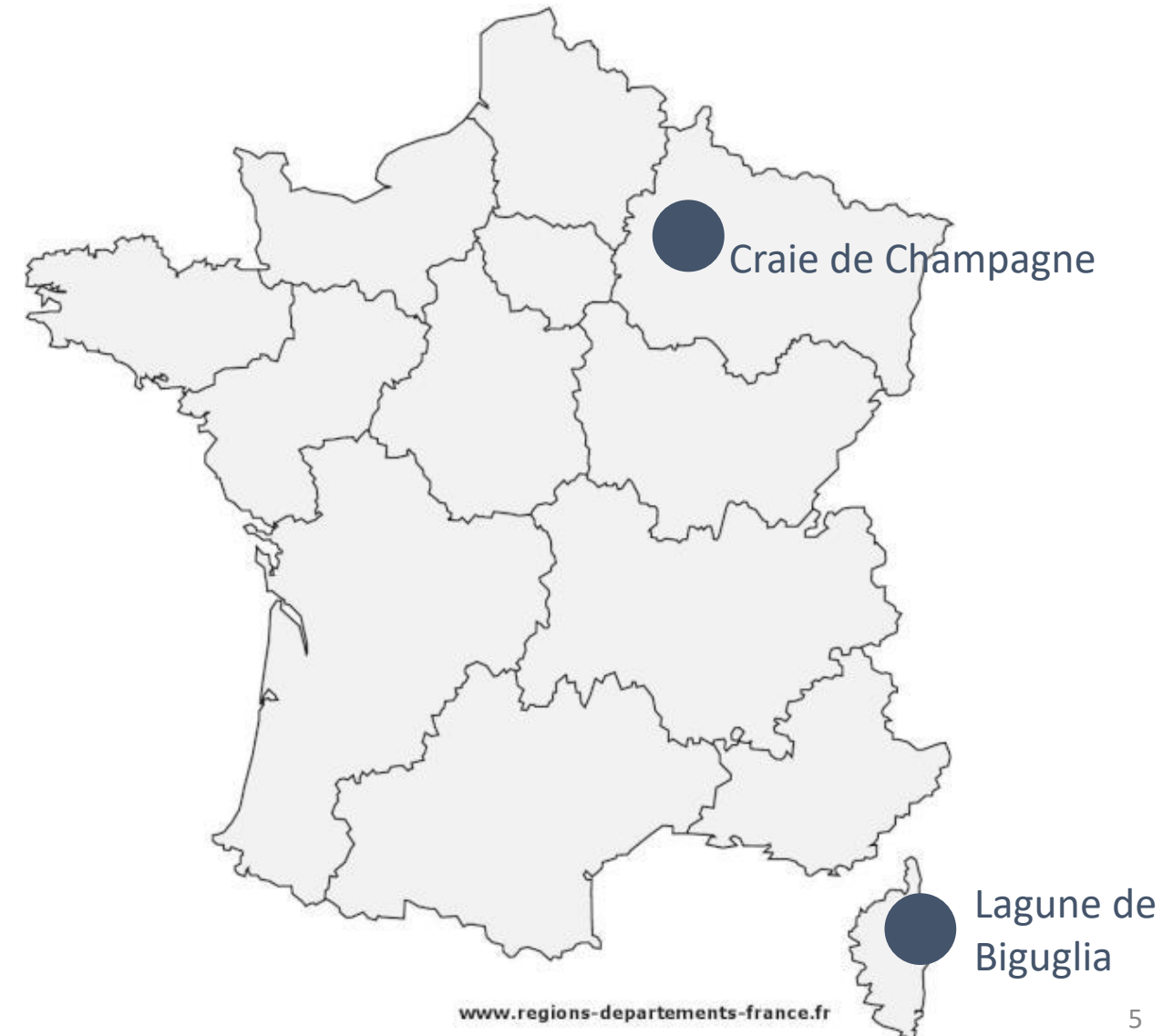


Erostate et al., 2020

## Carnet de voyage

### Illustration à partir de 2 exemples :

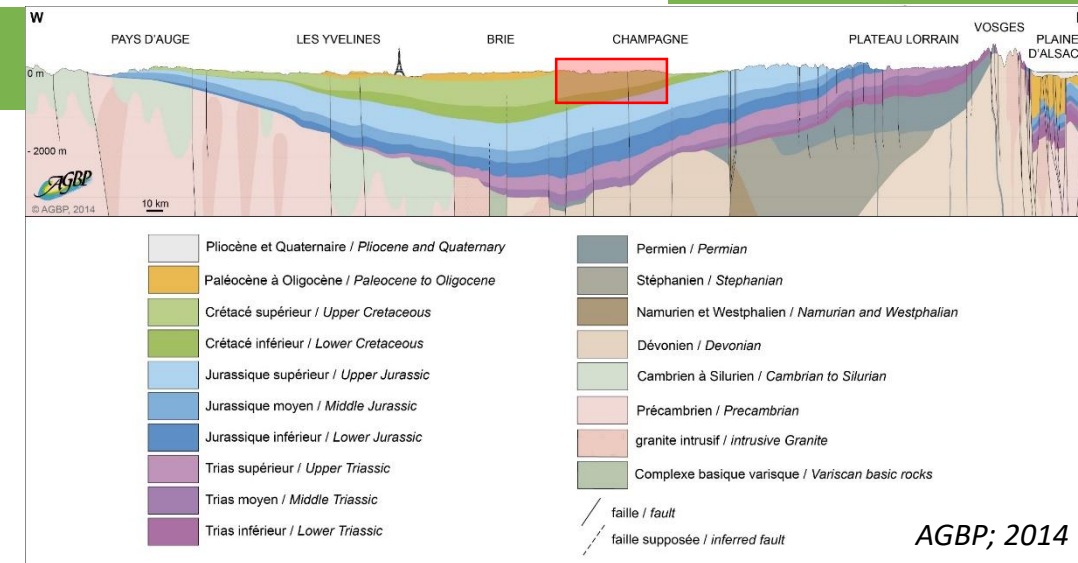
- Les **perchlorates** dans la nappe de la **craie** de Champagne ;
- Les **nitrates** hérités de l'aquifère **alluvial** de la lagune de Biguglia ;



## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Une ressource quasi-unique dans la Marne pour :

- L'alimentation en eau potable
- L'irrigation
- L'industrie



Usages	Eau potable	Agriculture	Industrie	Total
Volume (Mm3/an)	50	15	10	75
Proportion (%)	67	20	13	100
Evolution (10 ans)	Stable	Hausse	Stable	Hausse

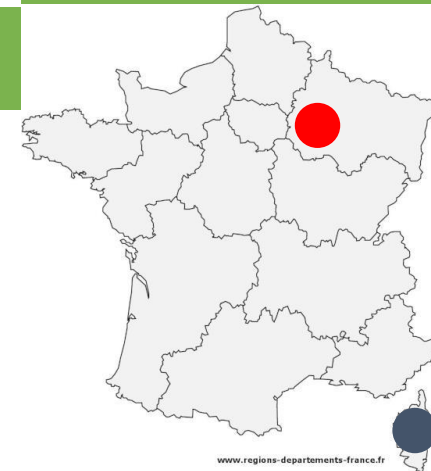
**Une ressource abondante**  
**Un accès aisé**  
**Une qualité convenable**

Volumes prélevés annuellement dans la nappe de la Craie dans le département de La Marne (adapté de AESN ; 2021)

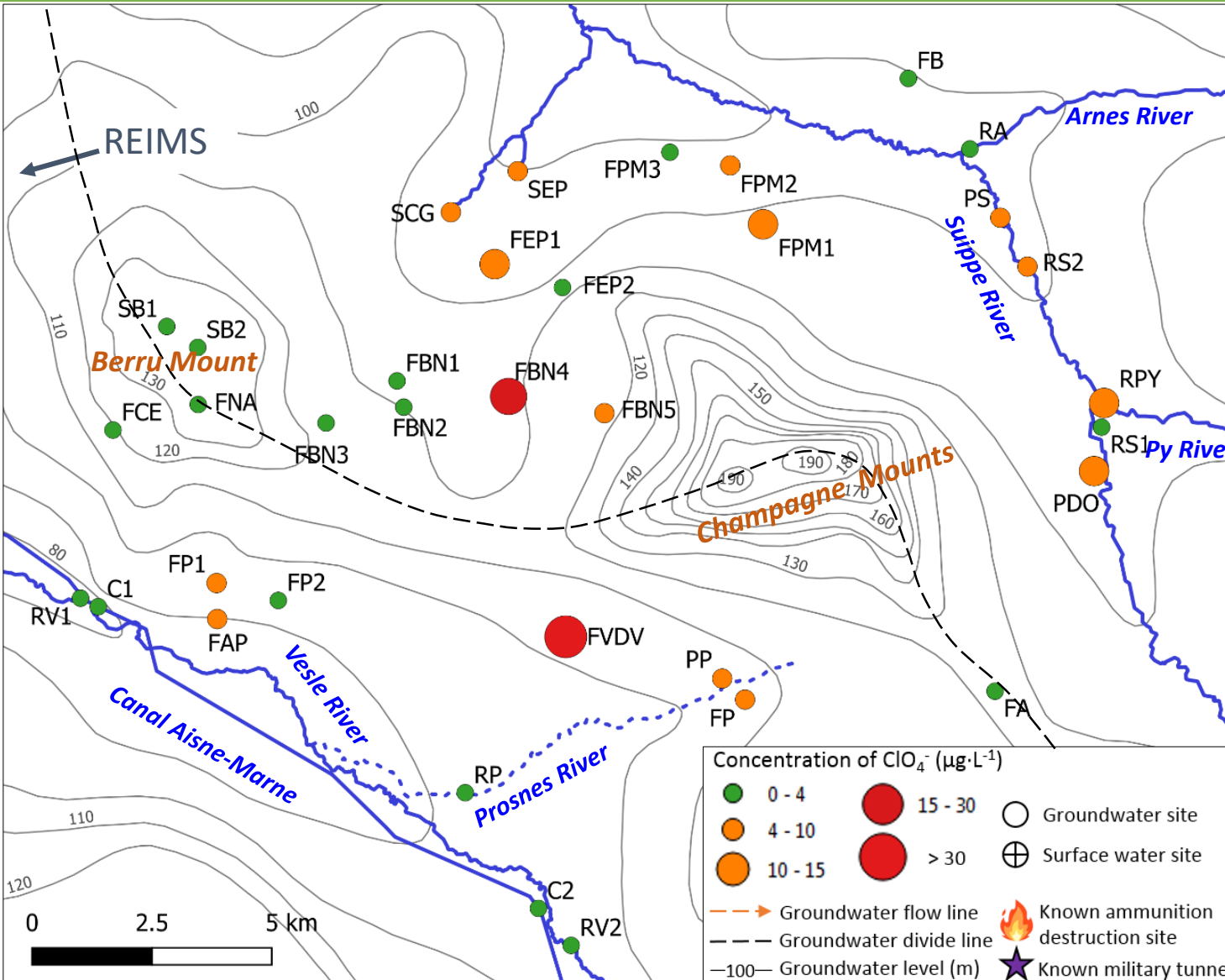
## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

### Les perchlorates : $\text{ClO}_4^-$

- Perturbateur endocrinien - dose admissible débattue
- Recommandations pour l'AEP :  $5 \mu\text{g/L}$  (ANSES, 2018)
- Utilisés dans l'industrie militaire depuis la première guerre mondiale

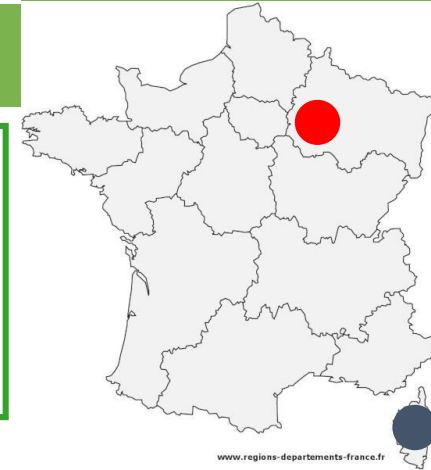


## Exemple de la nappe de la craie de Champagne



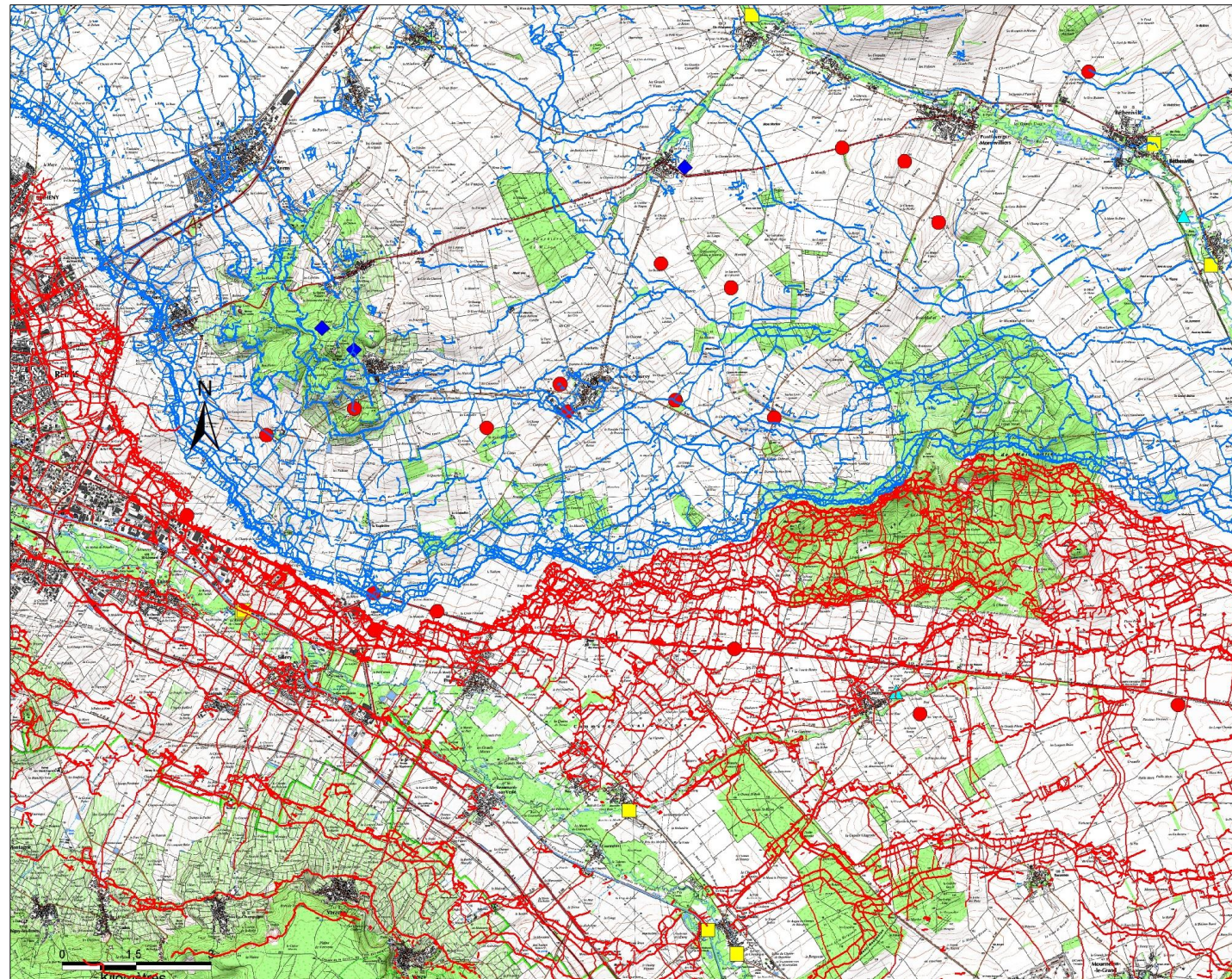
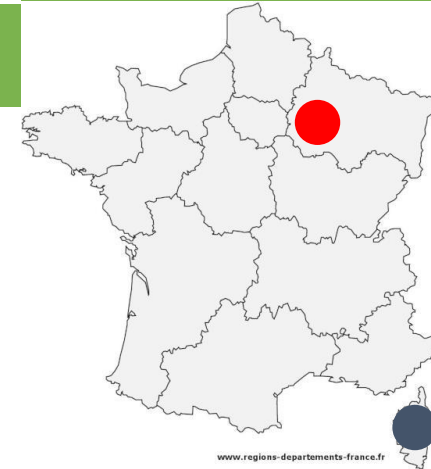
$< 4 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$   
=> aval du Mont de Berru, Vesle, Canal

$4 - 15 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$   
=> fond géochimique - munitions enfouies





## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

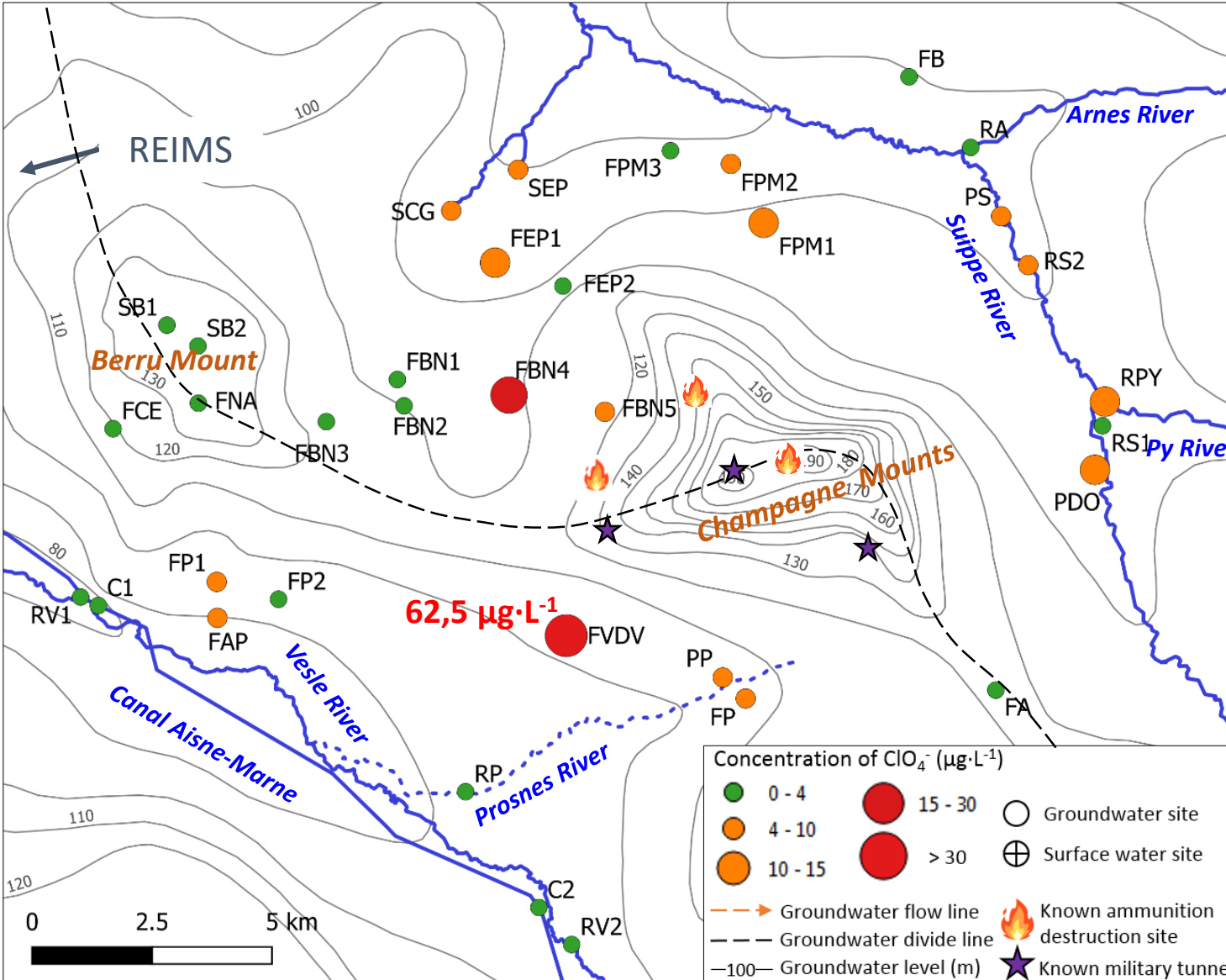
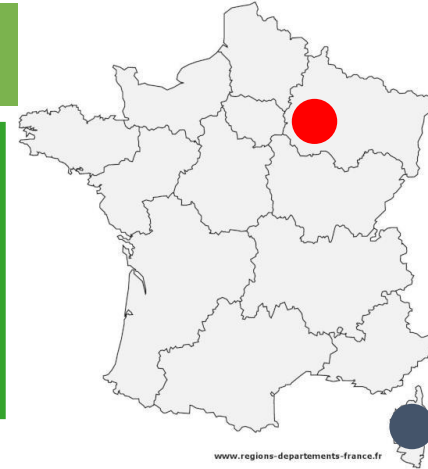


Tranchées allemandes

Tranchées françaises

*Cartographie du réseau de tranchées à l'Est de Reims entre 1914 et 1918 (Taborelli ; 2018)*

Exemple de la nappe de la craie de Champagne



< 4 µg·L<sup>-1</sup>  
=> aval du Mont de Berru, Vesle, Canal

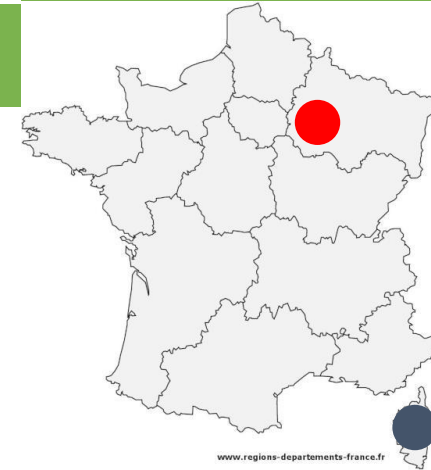
4 - 15 µg·L<sup>-1</sup>  
=> fond géochimique - munitions enfouies

> 15 µg·L<sup>-1</sup>  
=> sources ponctuelles proches

## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Une **contamination** prégnante **100 ans après** !

- Diffusion **post-Première Guerre Mondiale**
- **Temps de séjours ?**

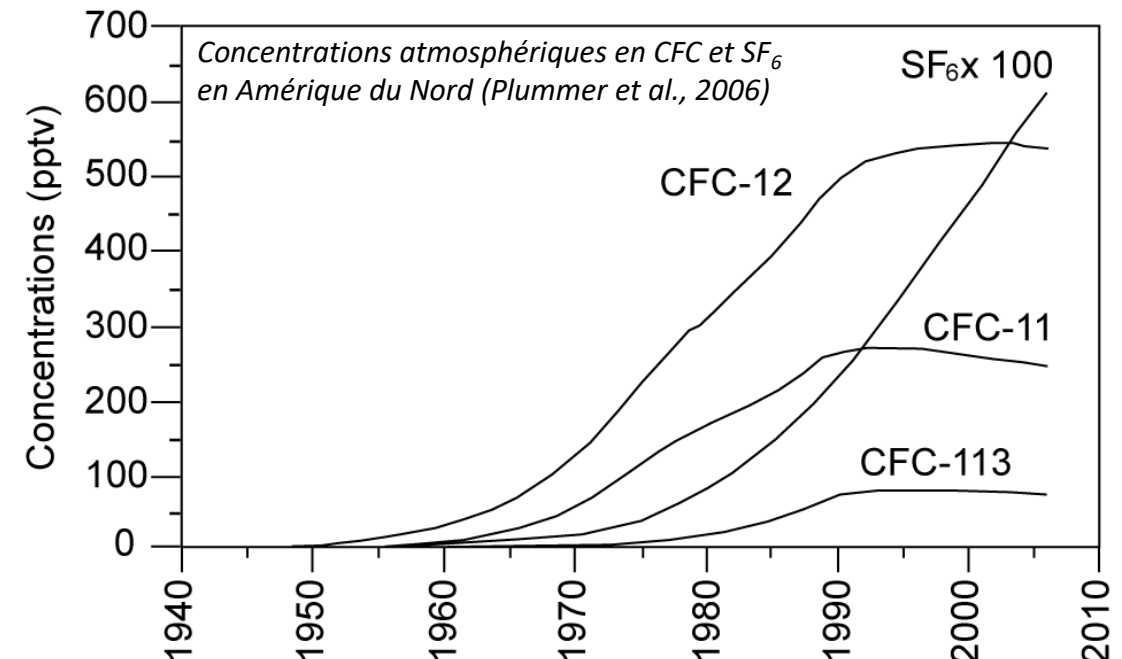
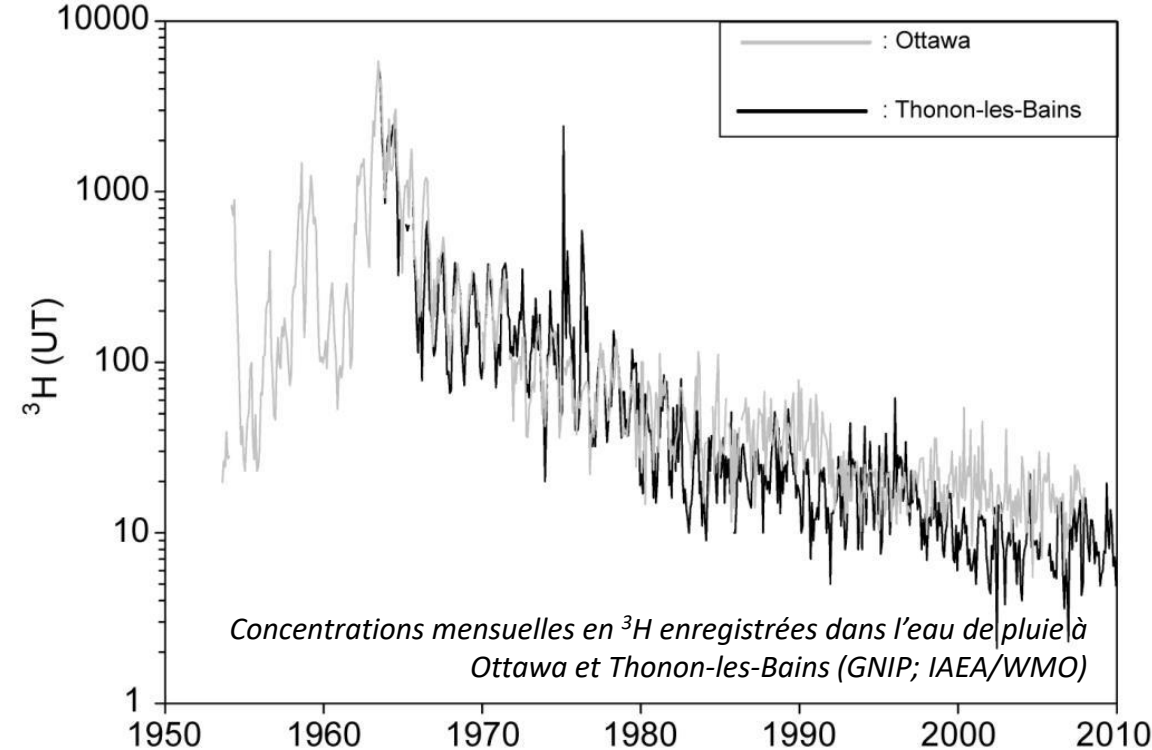


## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Une **contamination** prégnante **100 ans après** !

- Diffusion **post-Première Guerre Mondiale**
- Temps de séjours

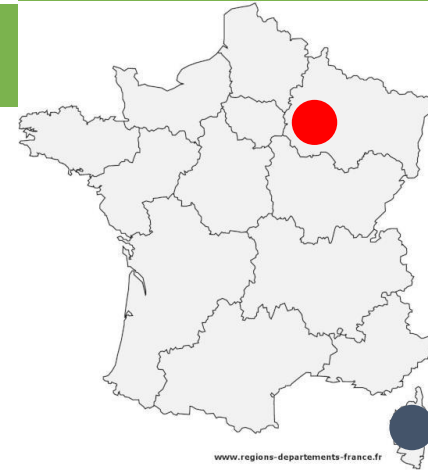
### Datation par les CFC-SF<sub>6</sub> et le <sup>3</sup>H



## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Une **contamination** prégnante **100 ans après** !

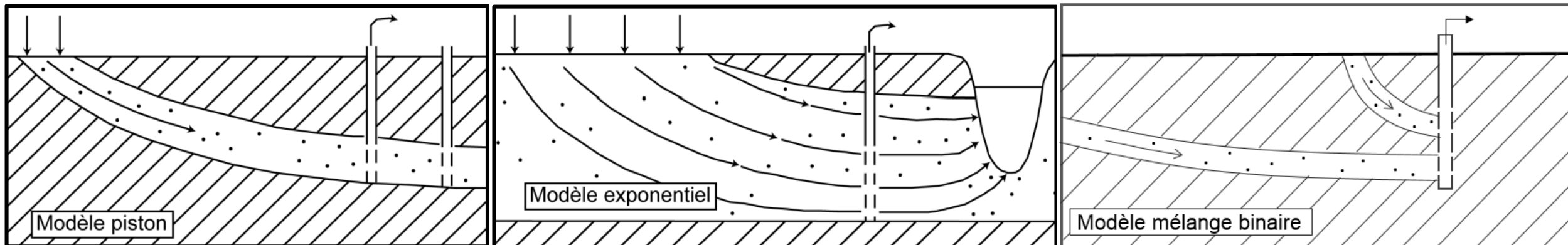
- Diffusion **post-Première Guerre Mondiale**
- Temps de séjours



## Datation par les CFC-SF<sub>6</sub> et le <sup>3</sup>H

- Des modalités de transferts variées

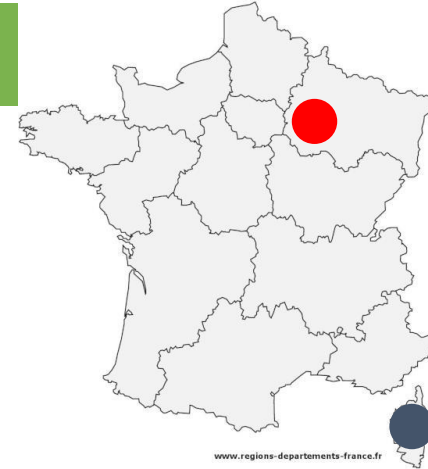
*Maloszewski and Zuber (1982)*



## Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Une **contamination** prégnante **100 ans après** !

- Diffusion **post-Première Guerre Mondiale**
- Temps de séjours



### Datation par les CFC-SF<sub>6</sub> et le <sup>3</sup>H

- Des modalités de transferts variées
- Des temps de résidence parfois longs

*Cao et al., 2020-b*

**30 à 40 ans**

**Modèle piston**

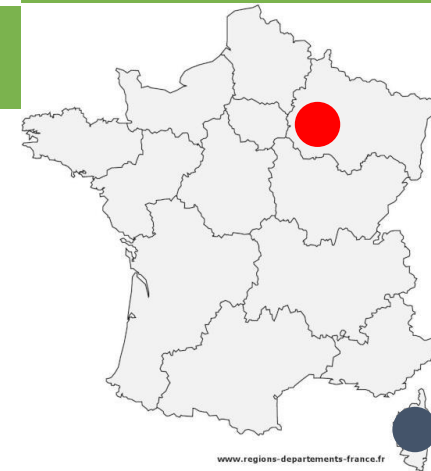
**17 à 40 ans**

**Modèle exponentiel**

**25% - 80% d'eau  
récente (0 – 10 ans) +  
eau 30 - 50 ans**

**Modèle mélange binaire**

## Exemple de la nappe de la craie de Champagne



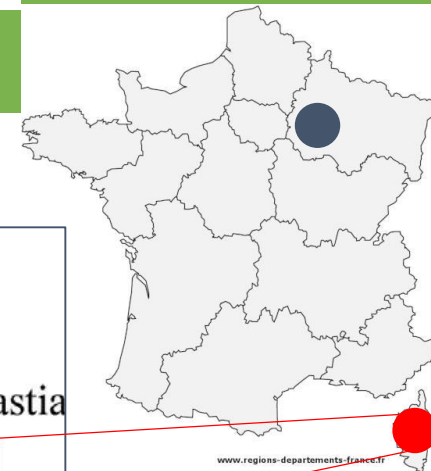
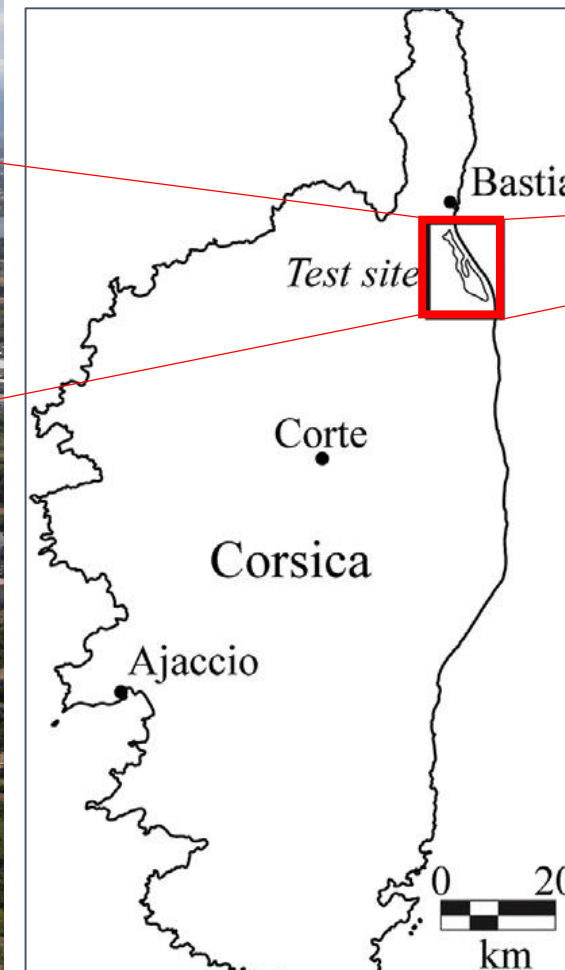
Une **nappe stratégique** pour l'alimentation en eau potable

Des sources de **contamination durables**

Une forte **inertie de la nappe**

Une **ressource** impactée à **longs termes**

## Exemple de l'aquifère de Biguglia



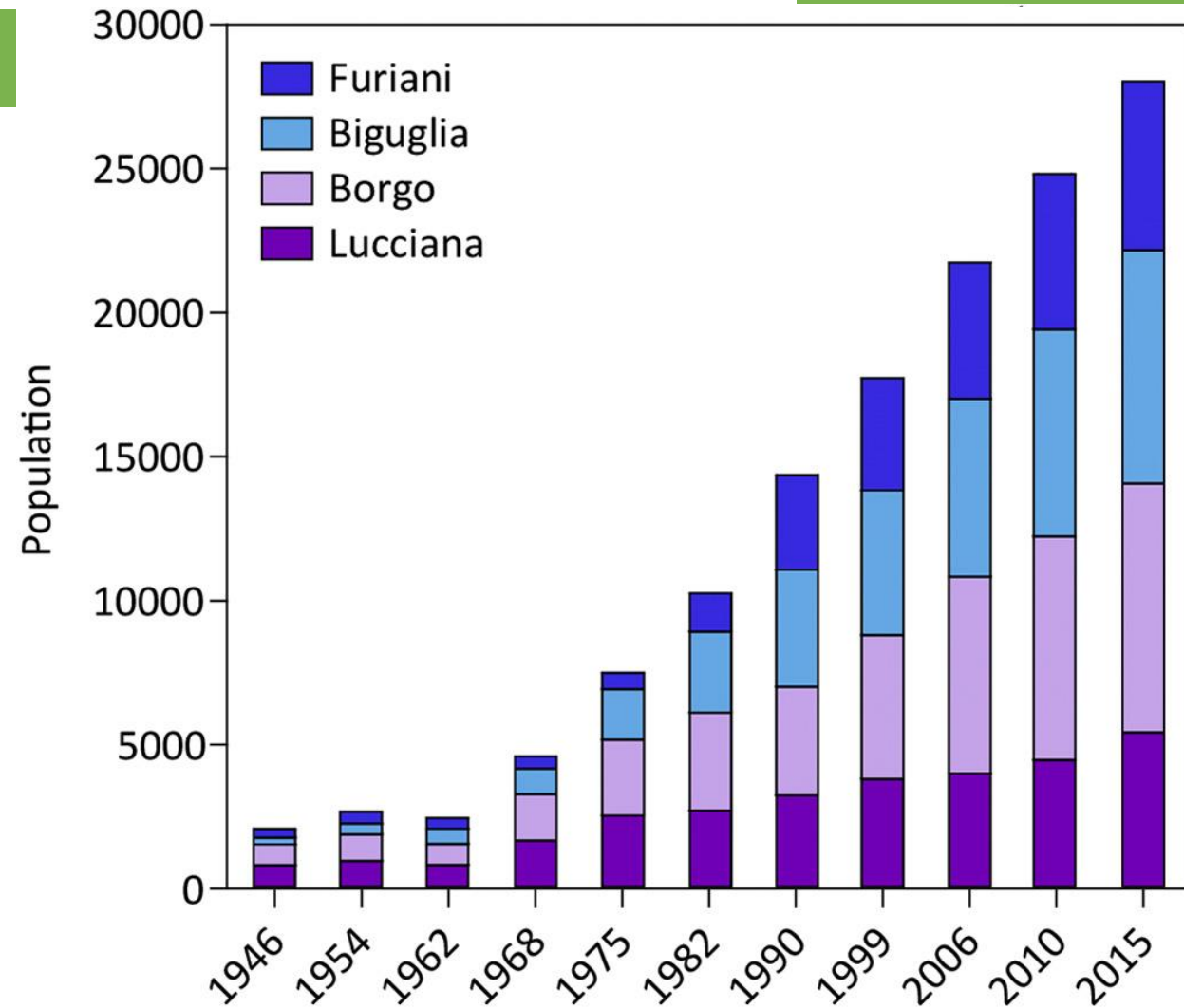
Vue de la lagune de Biguglia depuis le vol AirFrance Bastia – Paris (photographie : Jaunat, 2015) Enjoy !



## Exemple de l'aquifère de Biguglia

L'étang de Biguglia : Site RAMSAR depuis 1991 (biodiversité exceptionnelle)

- Plus grande **zone humide** de Corse
- Réseau de **drainage artificiel** (19<sup>ème</sup>)
- **Exploitation intensive** de l'eau souterraine pour l'irrigation et l'AEP
- **Urbanisation croissante et anarchique** depuis 1940



*Evolution de la population des 4 principales communes du bassin versant (Jaunat et al., 2019)*

### Exemple de l'aquifère de Biguglia

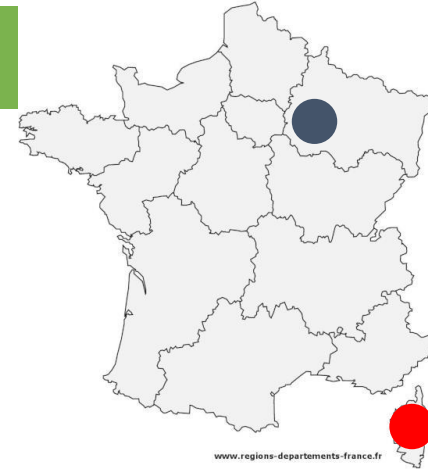
**L'étang de Biguglia : Site RAMSAR** depuis  
1991 (biodiversité exceptionnelle)

- Plus grande **zone humide** de Corse

- Réseau de **drainage artificiel** (19<sup>ème</sup>)

- **Exploitation intensive** de l'eau souterraine  
pour l'irrigation et l'AEP

- **Urbanisation croissante** depuis 1940



**Assèchement de la zone humide**

**Dégradation de la qualité de l'eau**

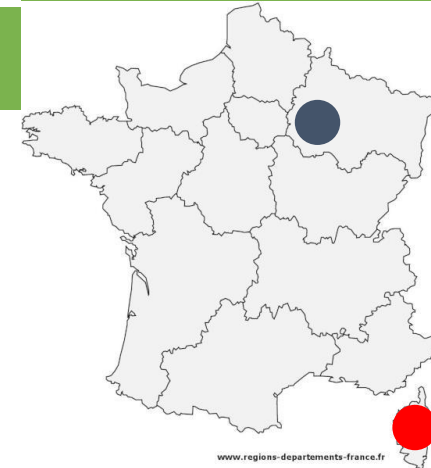
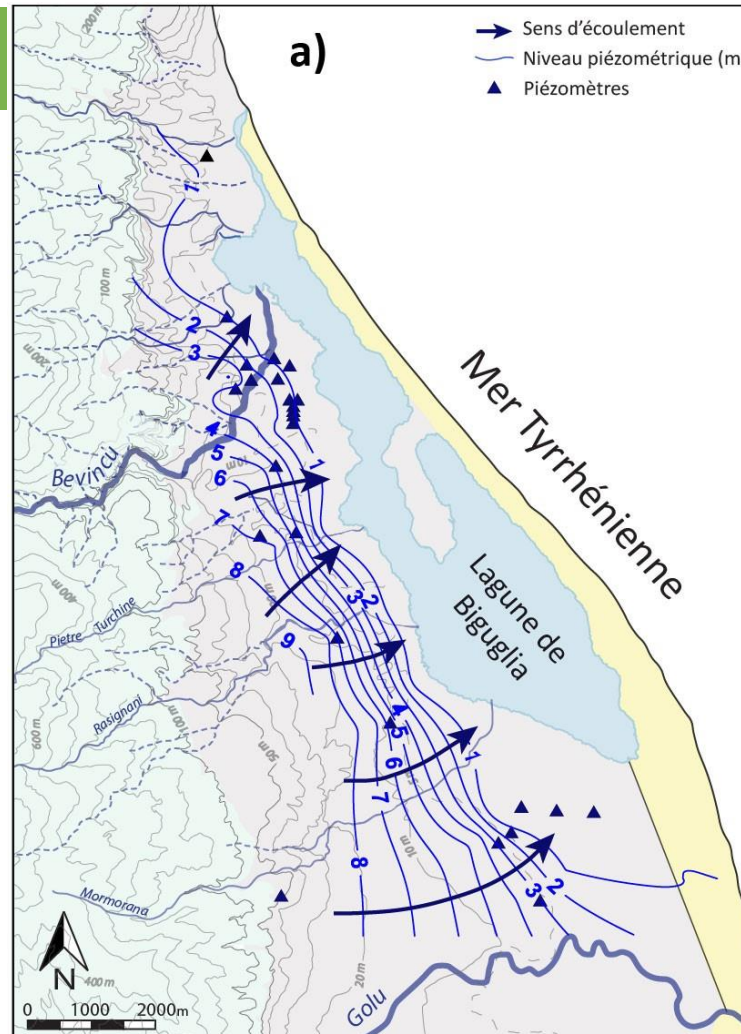


**Impacts sur la biodiversité**

## Exemple de l'aquifère de Biguglia

### Alimentation de la zone humide ?

- Cartographie des écoulements d'eau souterraine

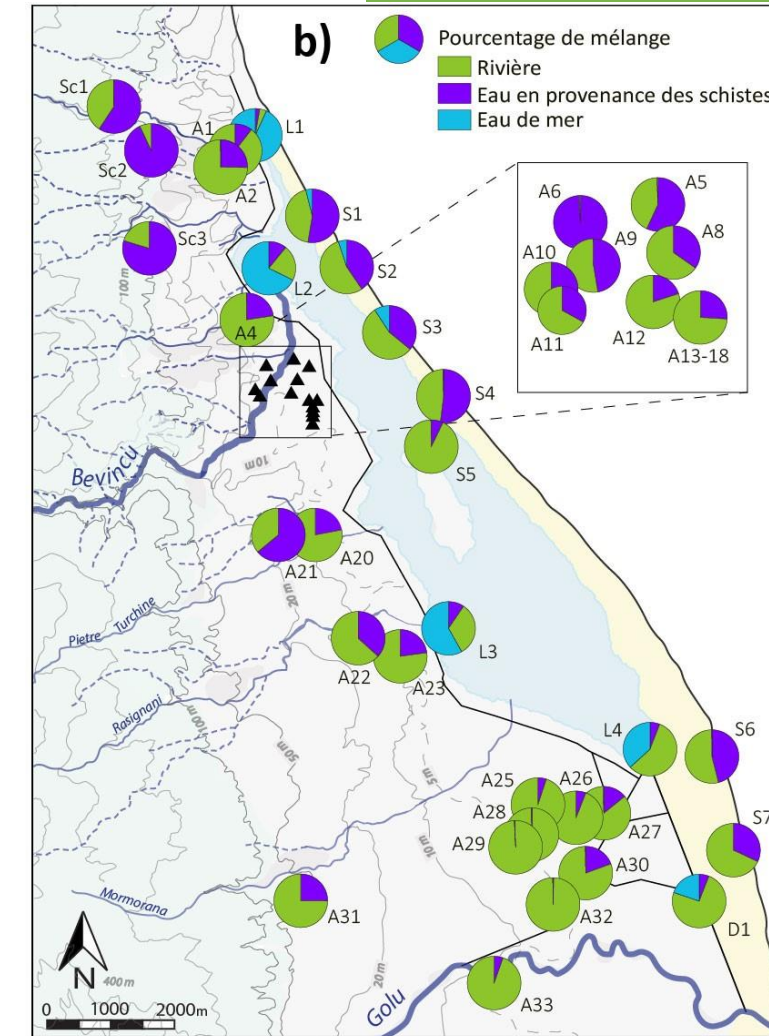
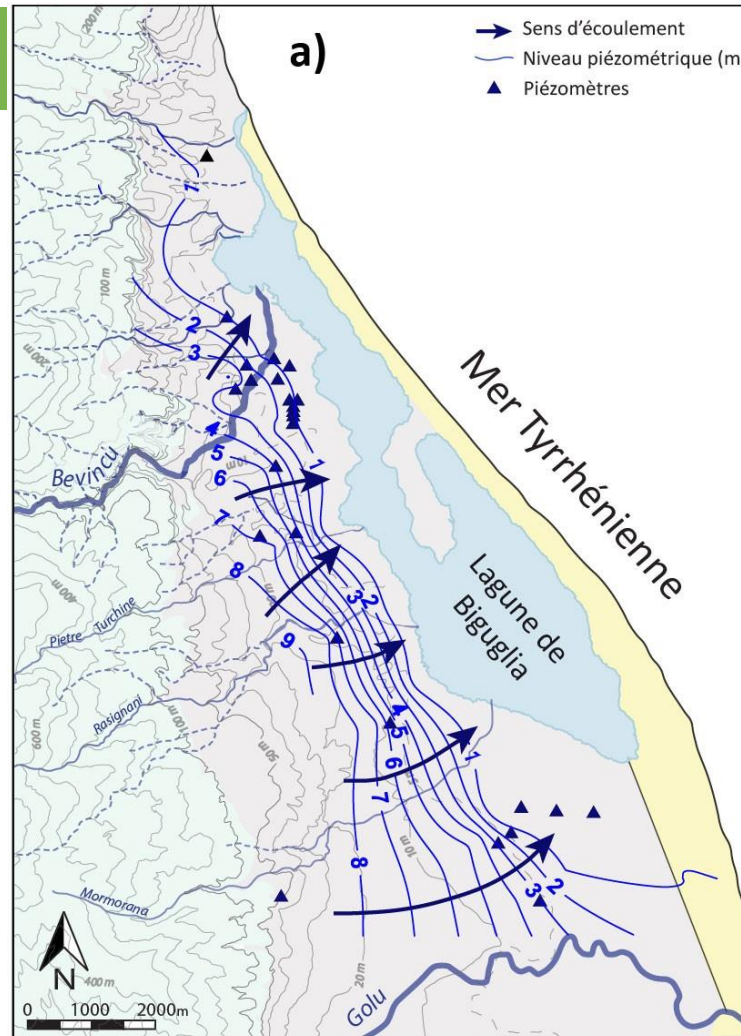


*Piézométrie et écoulements de l'aquifère de Biguglia (Erostate et al. 2018)*

## Exemple de l'aquifère de Biguglia

### Alimentation de la zone humide ?

- Cartographie des écoulements d'eau souterraine
- Traçage de l'origine de l'eau par les isotopes stables :  $^{18}\text{O}$  et  $^2\text{H}$

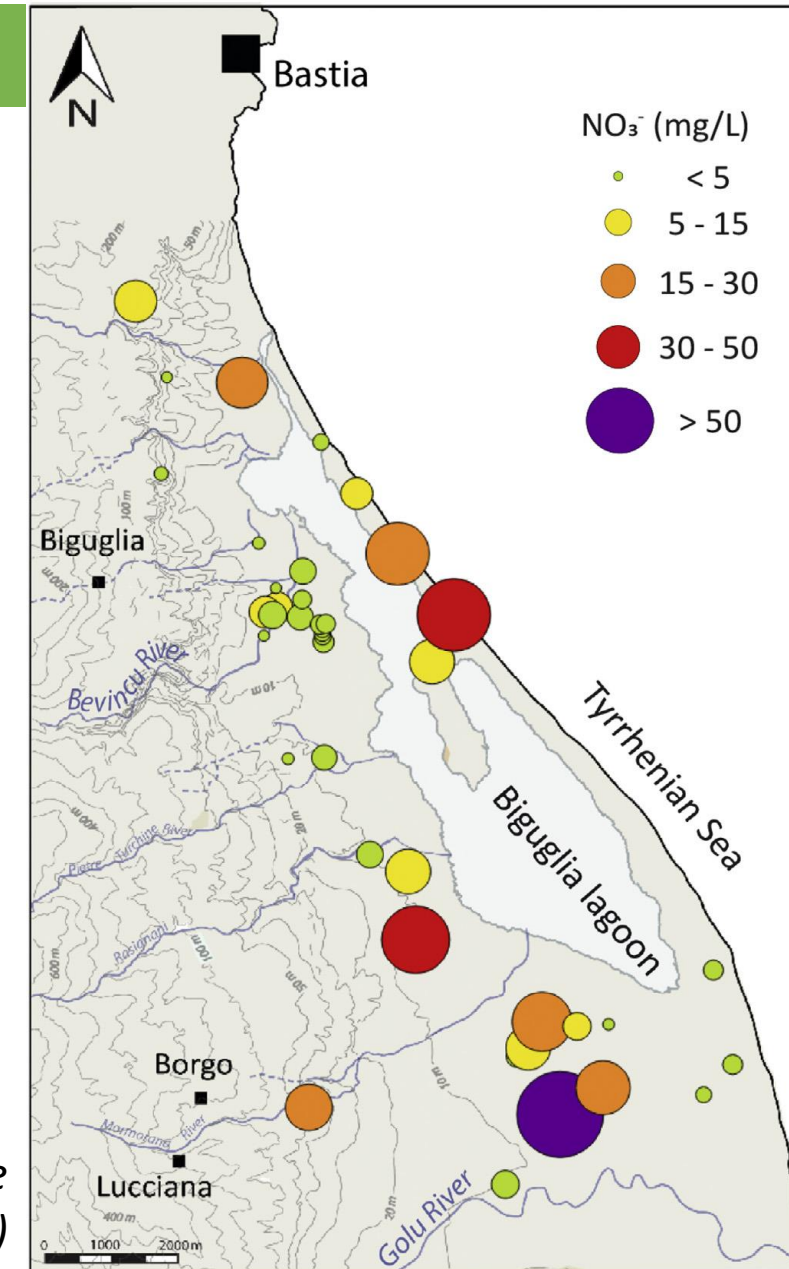


*Piézométrie et écoulements de l'aquifère de Biguglia et b) contributions des différentes masses d'eau dans les eaux souterraines et les eaux lagunaires (Erostate et al. 2018 et 2019)*

## Exemple de l'aquifère de Biguglia

### Impact des activités anthropiques sur la qualité de l'eau ?

- Des concentrations en nitrates jusqu'à plus de 50 mg/L



*Concentrations en  $\text{NO}_3^-$  des 38 points du réseau de mesure prélevés en septembre 2016 (Jaunat et al. 2019)*

## Exemple de l'aquifère de Biguglia

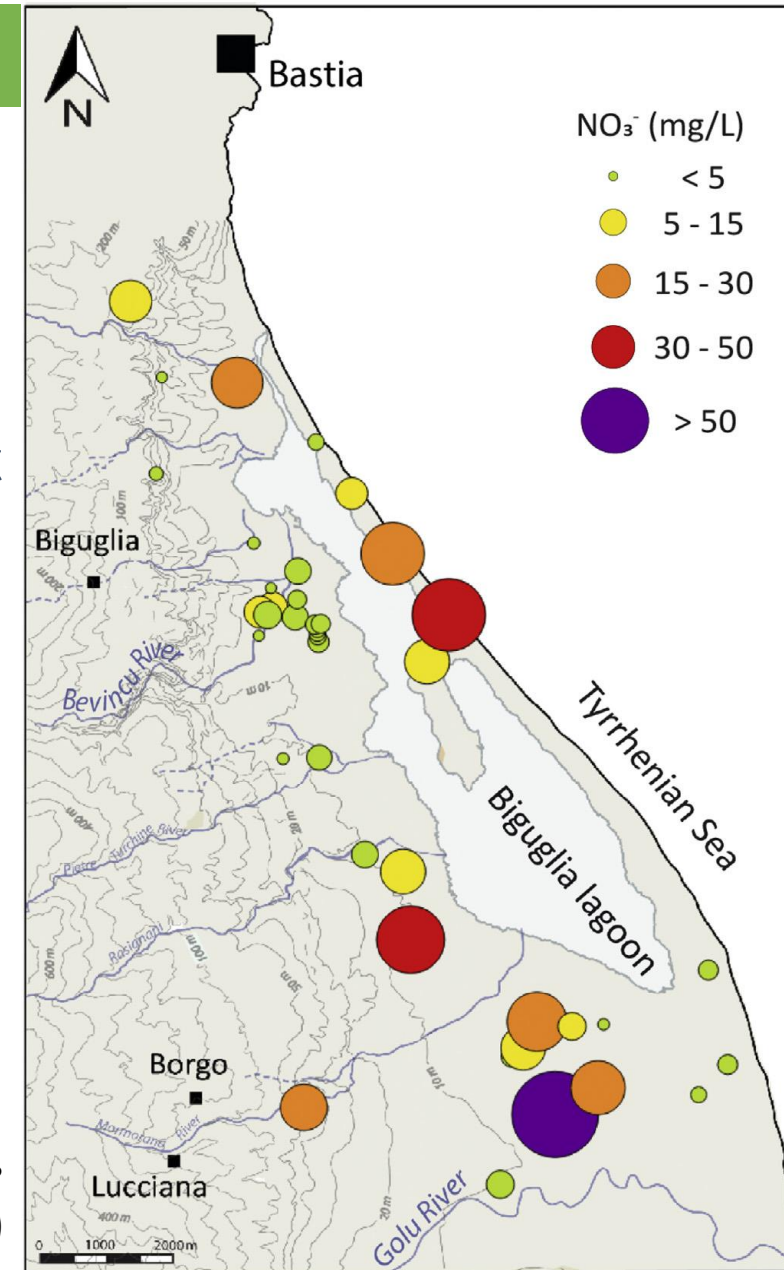
### Impact des activités anthropiques sur la qualité de l'eau ?

- Des concentrations en nitrates jusqu'à plus de 50 mg/L

### Combinaison des isotopes de l'azote ( $^{15}\text{N}$ ) + Datation des eaux souterraines ( $^3\text{H}$ et CFC)

- Des eaux de moins de 10 ans à plus de 60 ans
- Eaux récentes :  $\text{NO}_3 \Rightarrow$  eaux usées
- Eaux anciennes :  $\text{NO}_3 \Rightarrow$  fertilisants

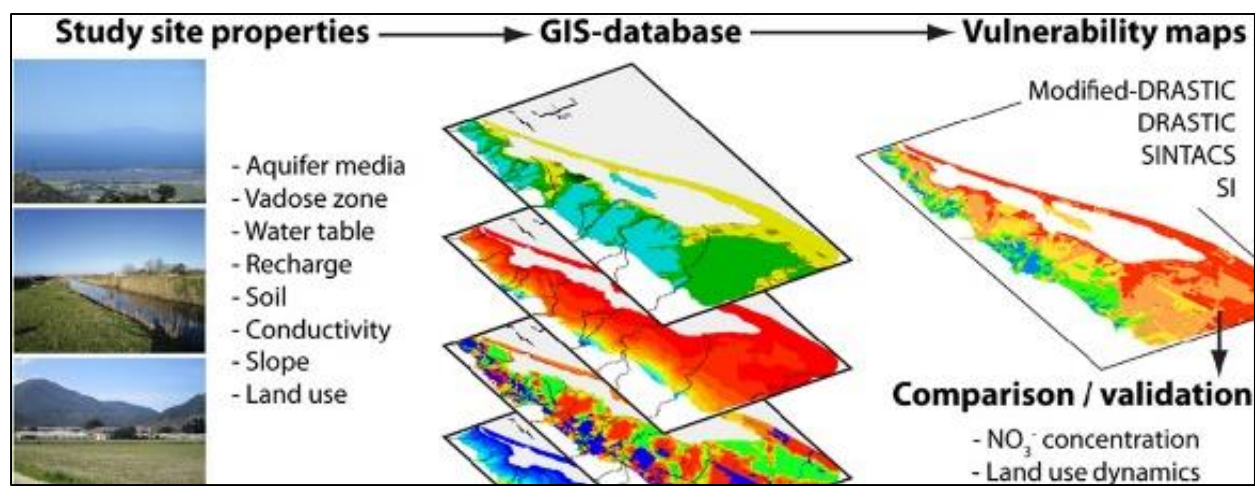
*Concentrations en  $\text{NO}_3$  des 38 points du réseau de mesure prélevés en septembre 2016 (Jaunat et al. 2019)*



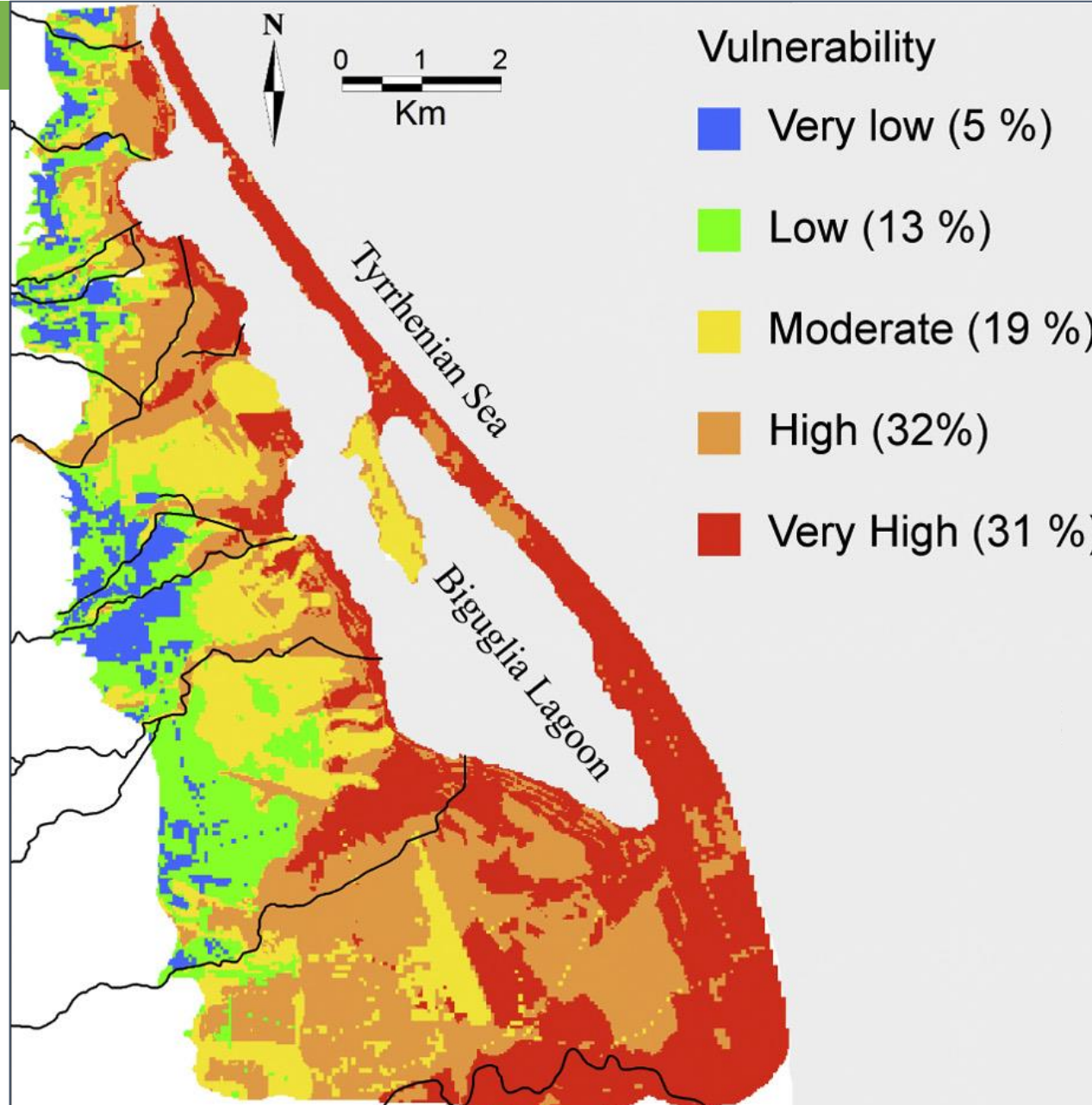
Exemple de l'aquifère de Biguglia

Gestion de l'occupation du sol

- Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines



Vulnérabilité des eaux souterraines du bassin versant de Biguglia par la méthode DRASTIC (Jaunat et al. 2019)



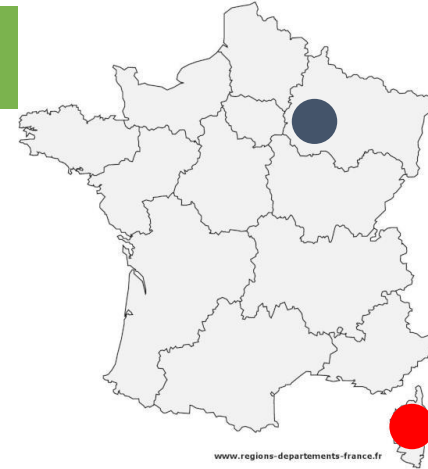
## Exemple de l'aquifère de Biguglia

Un **écosystème** dépendant des **eaux souterraines**

Une **qualité de l'eau dégradée**

Une **vulnérabilité forte** aux activités anthropiques

Une gestion de **l'occupation du sol** à adapter (trop tard ?)





## Pour conclure

Des milieux d'importance **stratégique** pour :

- l'alimentation en eau potable => la **santé humaine**
- les **écosystèmes** dépendant des eaux souterraines

Des milieux particulièrement **vulnérables**

- **qualité**
- **quantité**



Changement climatique + démographique  
=> diminution de la **recharge** des aquifères  
=> augmentation de la demande

## Les Eaux souterraines

Une ressource vulnérable cruciale pour la santé humaine et la résilience des hydroécosystèmes

# Merci pour votre attention

### Pour aller plus loin

Erostate et al., Science of the total Environment, 2019

Jaunat et al., Science of the total Environment, 2019

Cao et al., Journal of Hazardous Materials, 2020-a

Cao et al., Journal of Hydrology, 2020-b

Erostate et al., Journal of Hydrology, 2020

*A venir : Ani et al. ; Barel et al. ; Louis et al. ;-)*

Jessy JAUNAT

Jessy.jaunat@univ-reims.fr

