

Les Eaux souterraines

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

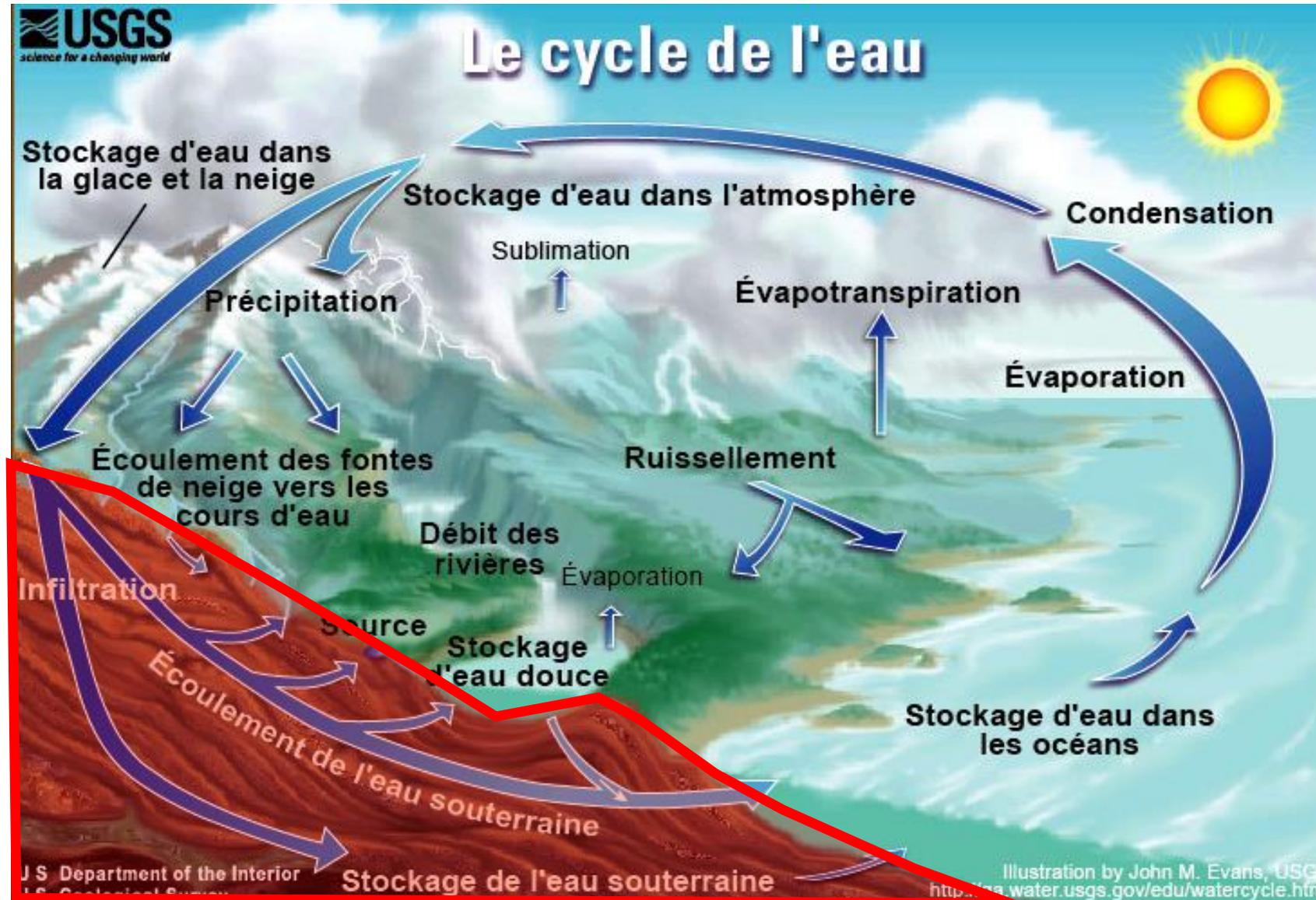
Jessy JAUNAT - Jessy.jaunat@univ-reims.fr

WINTER SCHOOL 2022

Reims – le 25 mars 2022

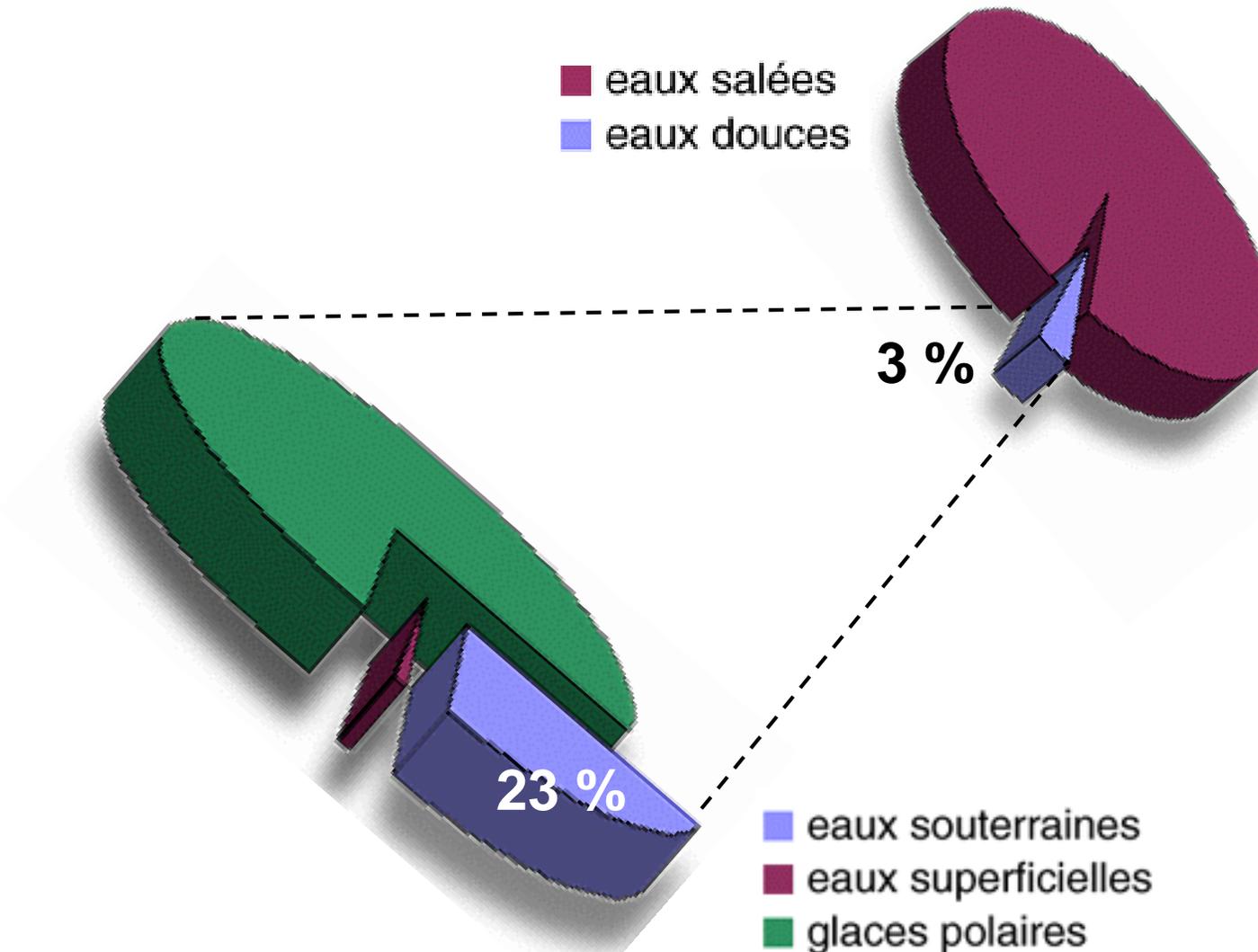


Un compartiment du cycle de l'eau mal connu



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

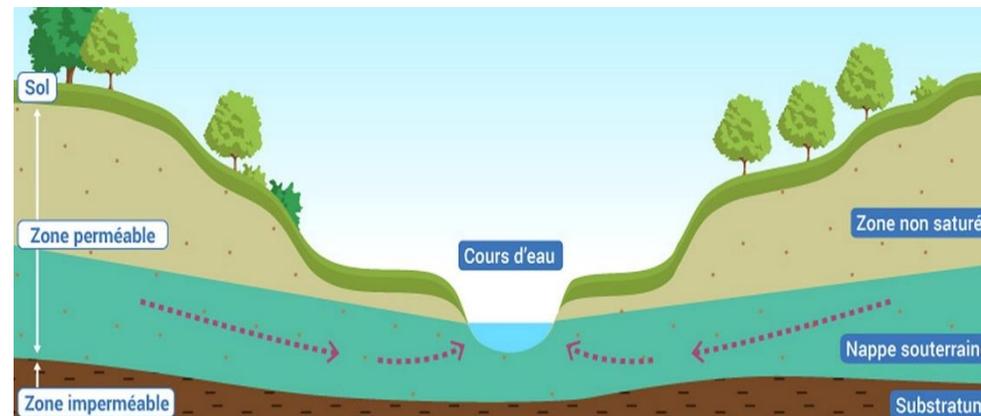
Mais un rôle stratégique

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

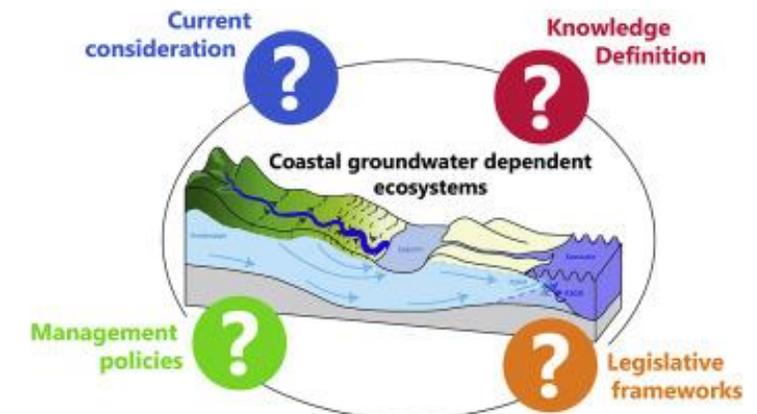
- Maintien de la **biodiversité** de nombreux **hydro-ecosystèmes**



Illustration google image



Nappe convergente vue en coupe (OIEau – 2018)

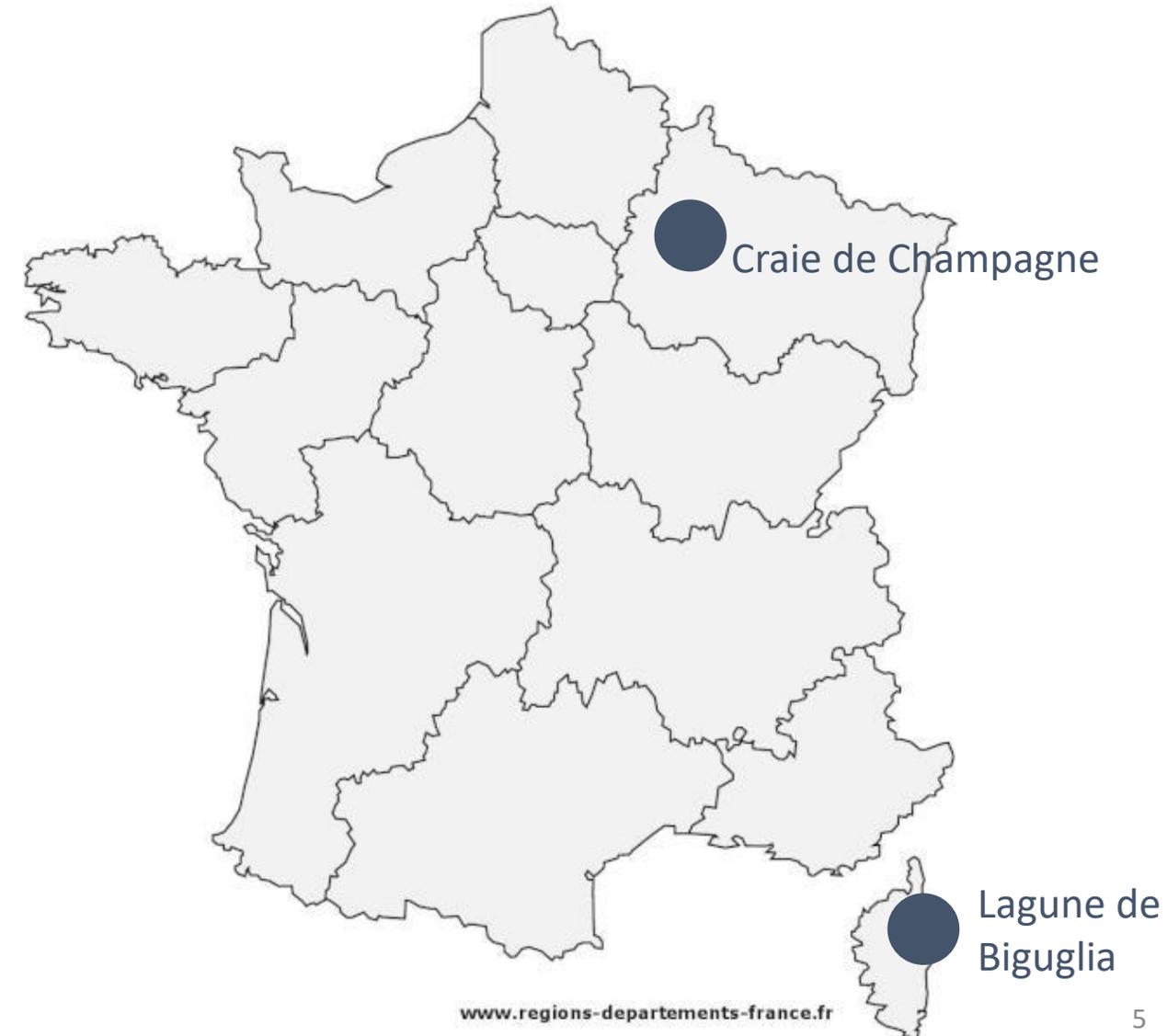


Erostate et al., 2020

Carnet de voyage

Illustration à partir de 2 exemples :

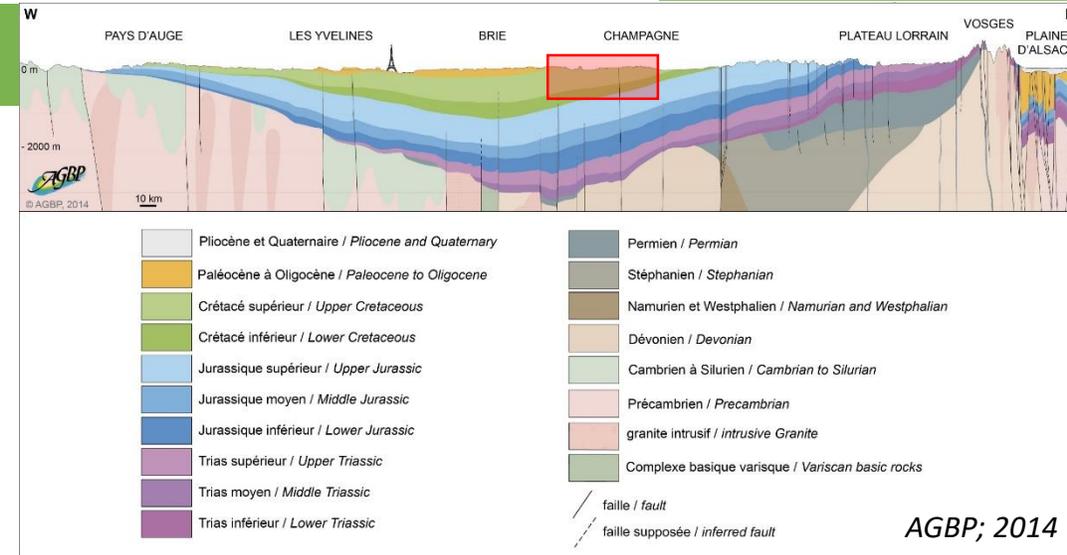
- Les **perchlorates** dans la nappe de la **craie** de Champagne ;
- Les **nitrates** hérités de l'aquifère **alluvial** de la lagune de Biguglia ;



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

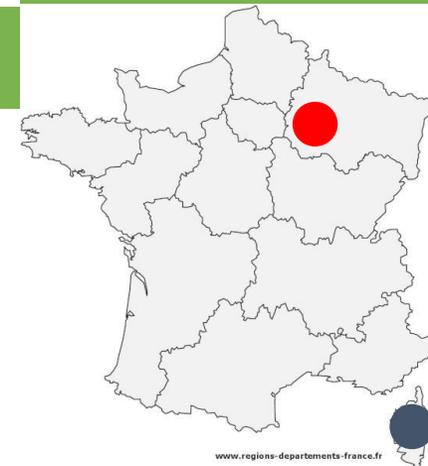
Une ressource abondante
Un accès aisé
Une qualité convenable

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

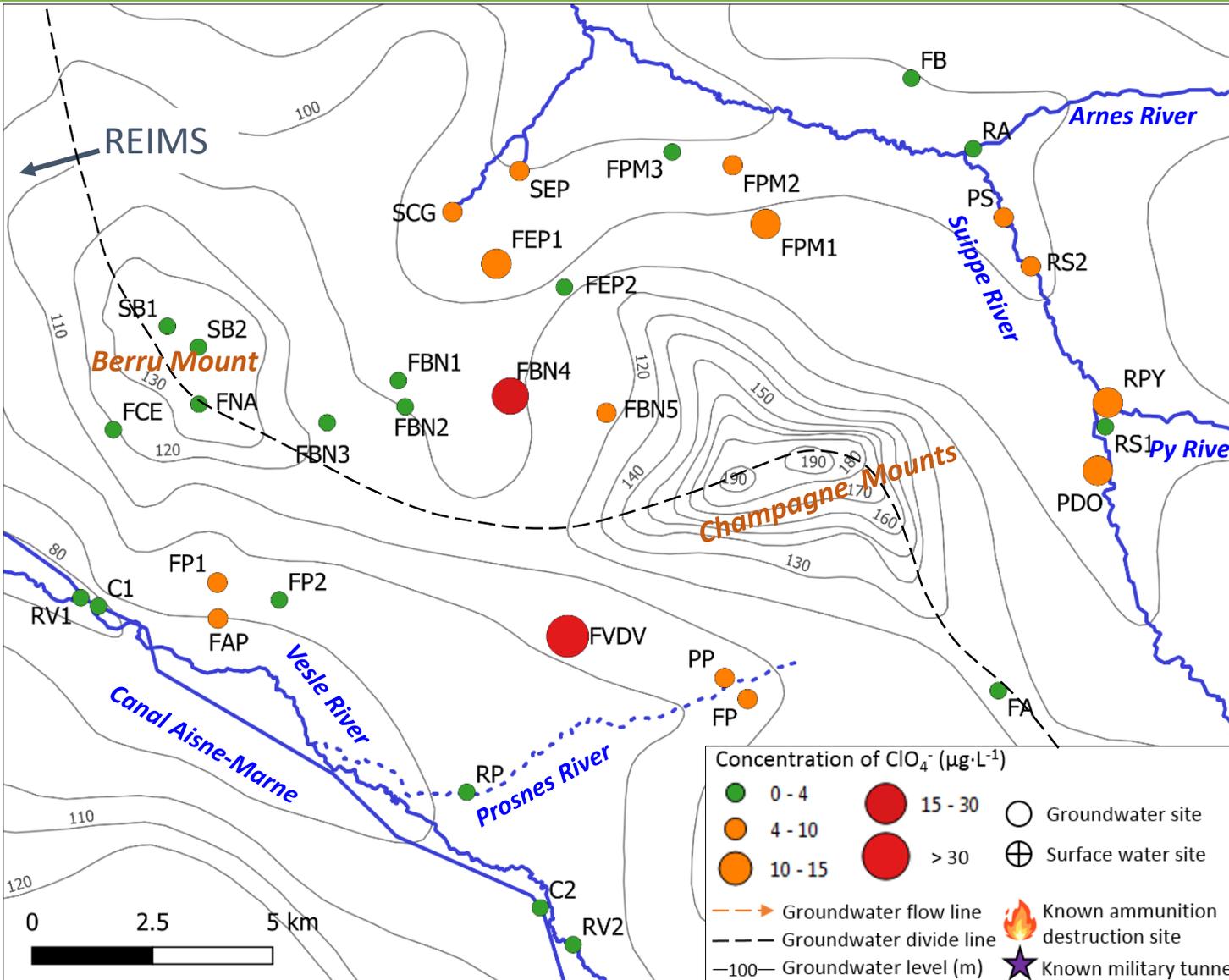
Exemple de la nappe de la craie de Champagne

Les perchlorates : 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

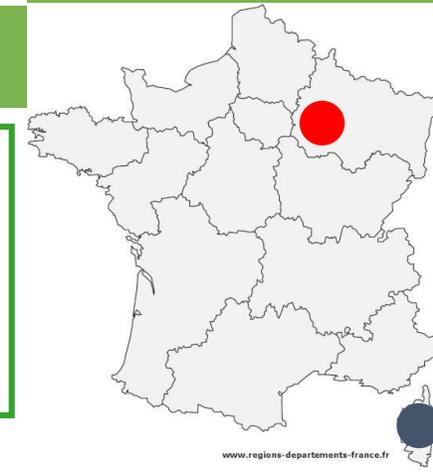


Exemple de la nappe de la craie de Champagne

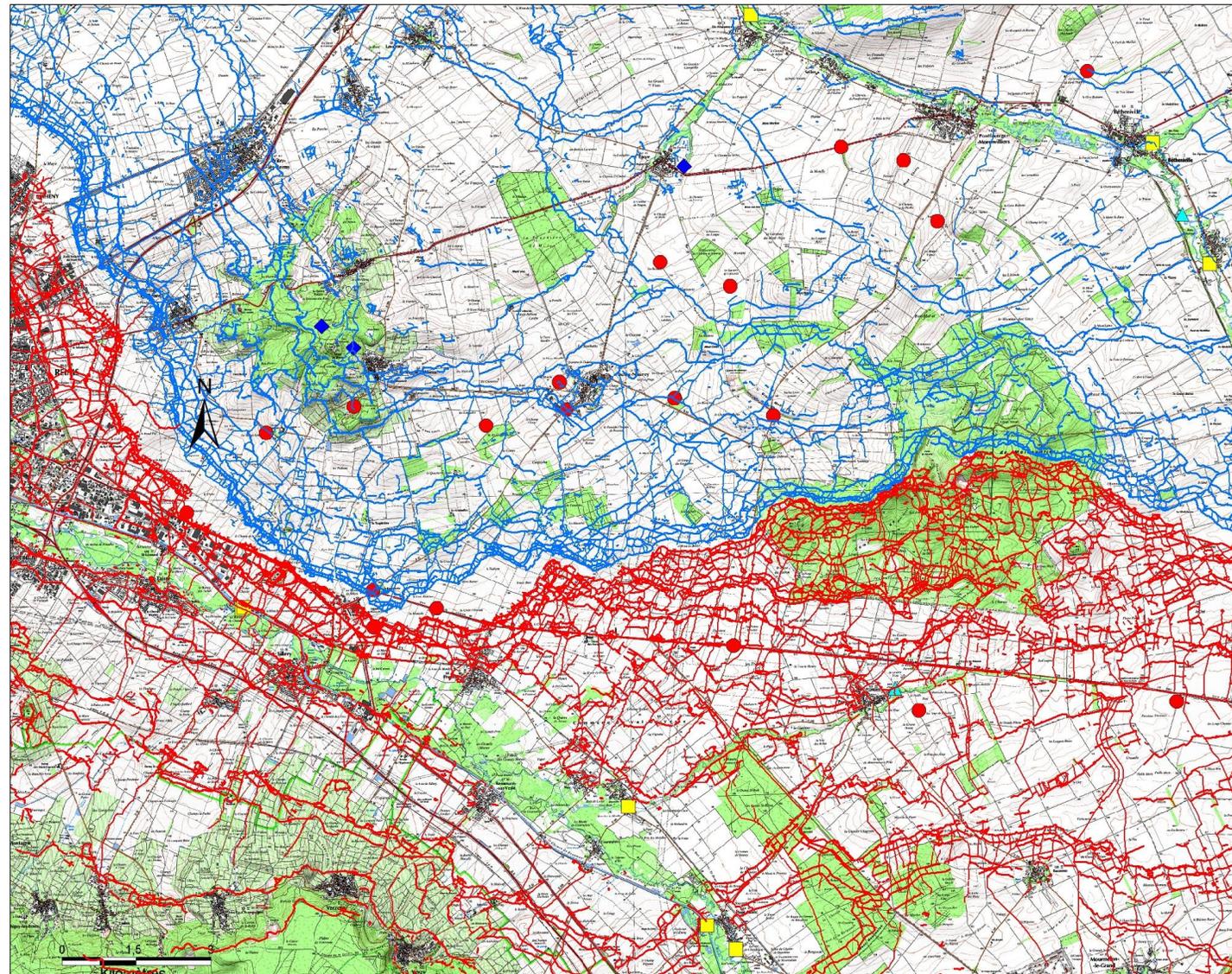
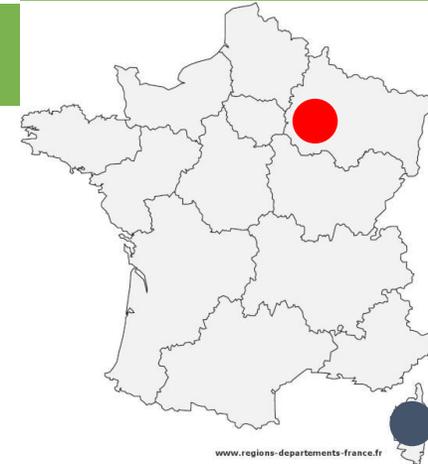


$< 4 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
=> aval du Mont de Berru, Vesle, Canal

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



Exemple de la nappe de la craie de Champagne

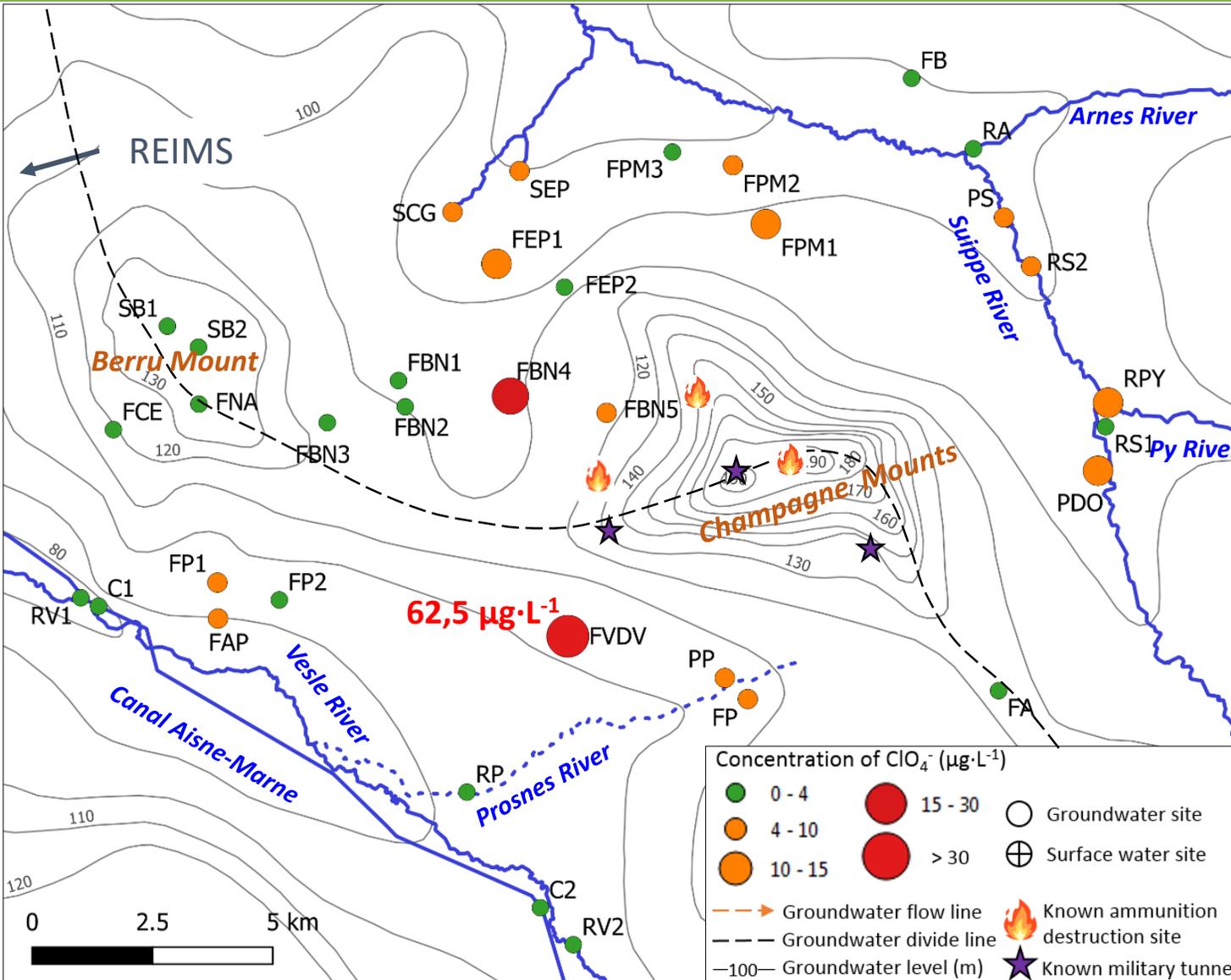
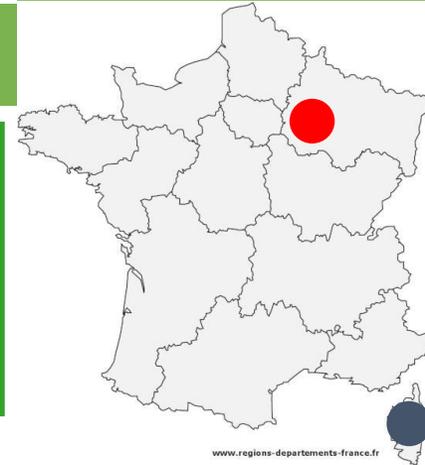


Tranchées allemandes

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



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

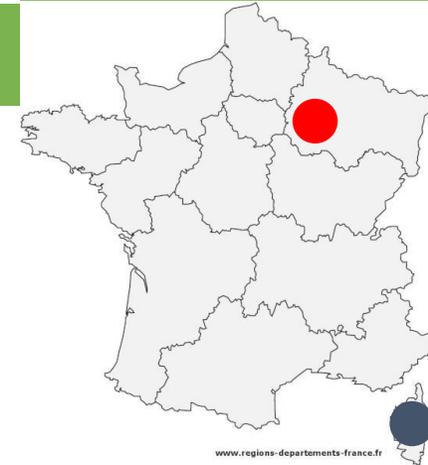
$4 - 15 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
=> fond géochimique - munitions enfouies

$> 15 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
=> 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 ?**

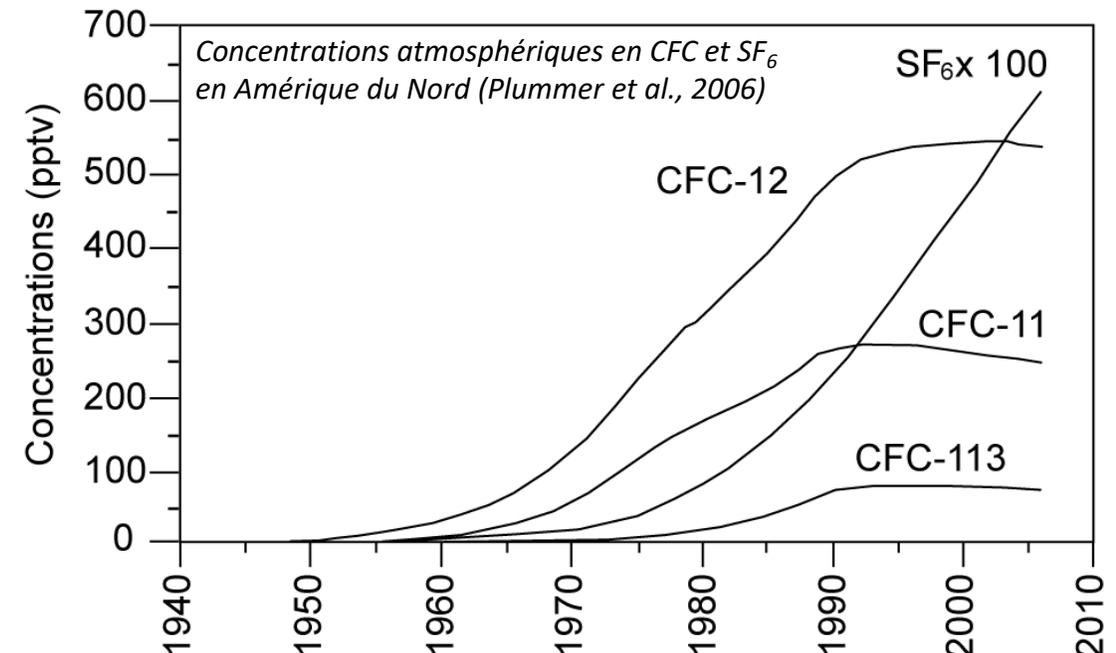
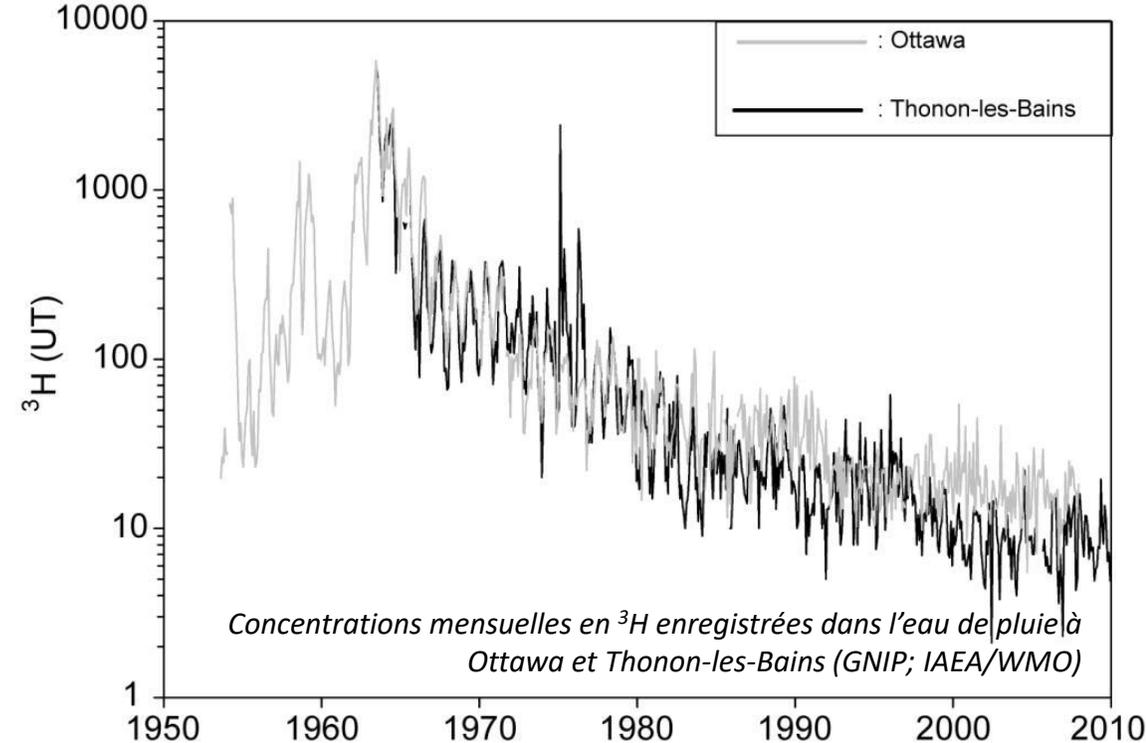


Exemple de la nappe de la craie de Champagne

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

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

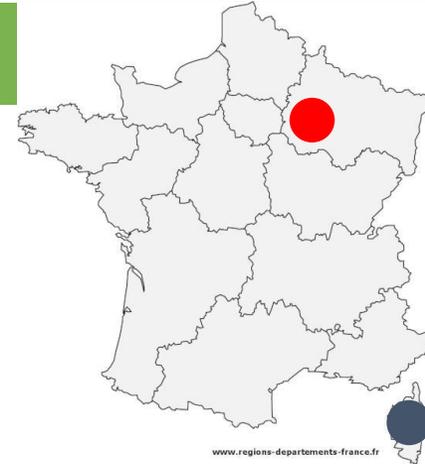
Datation par les CFC-SF₆ et le ³H



Exemple de la nappe de la craie de Champagne

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

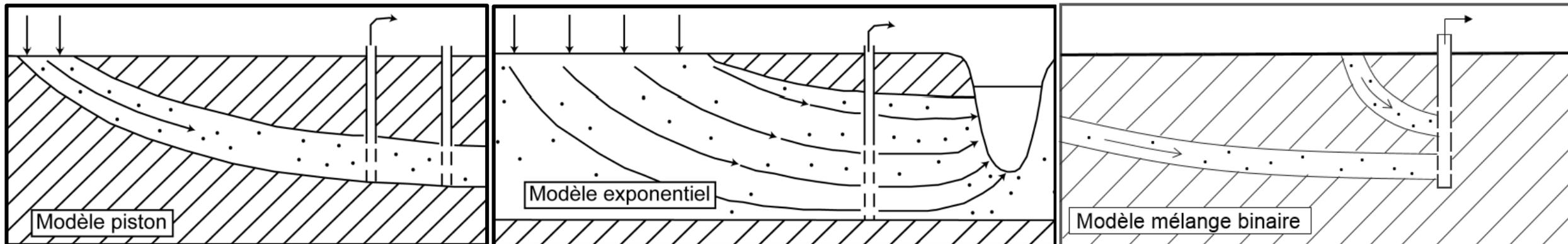
- Diffusion **post-Première Guerre Mondiale**
- Temps de séjours



Datation par les CFC-SF₆ et le ³H

- Des modalités de transferts variées

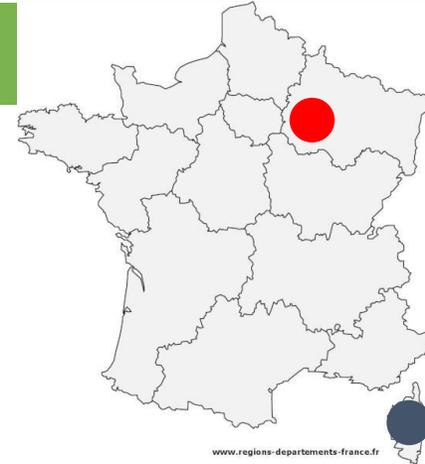
Maloszewski and Zuber (1982)



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-SF₆ et le ³H

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

Cao et al., 2020-b

30 à 40 ans

Modèle piston

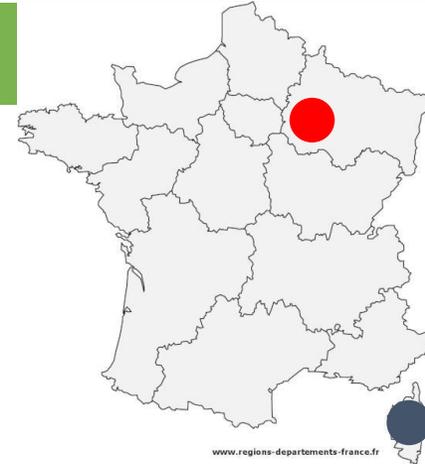
17 à 40 ans

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



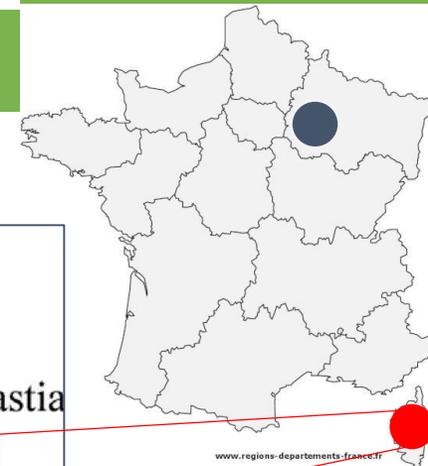
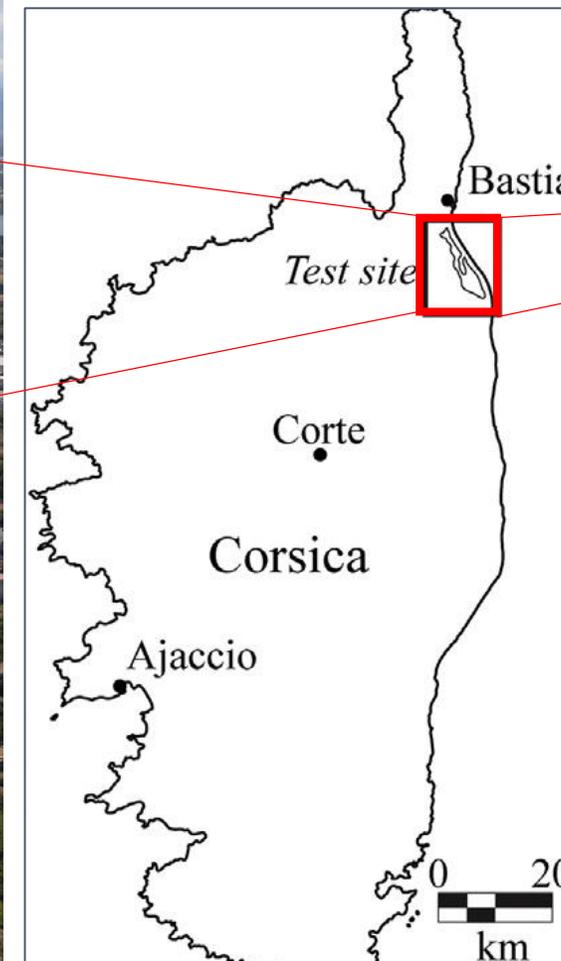
Une **nappe stratégique** pour l'alimentation en eau potable

Des sources de **contamination durables**

Une forte **inertie de la nappe**

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

Exemple de l'aquifère de Biguglia



www.regions-departements-france.fr

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

Exemple de l'aquifère de Biguglia

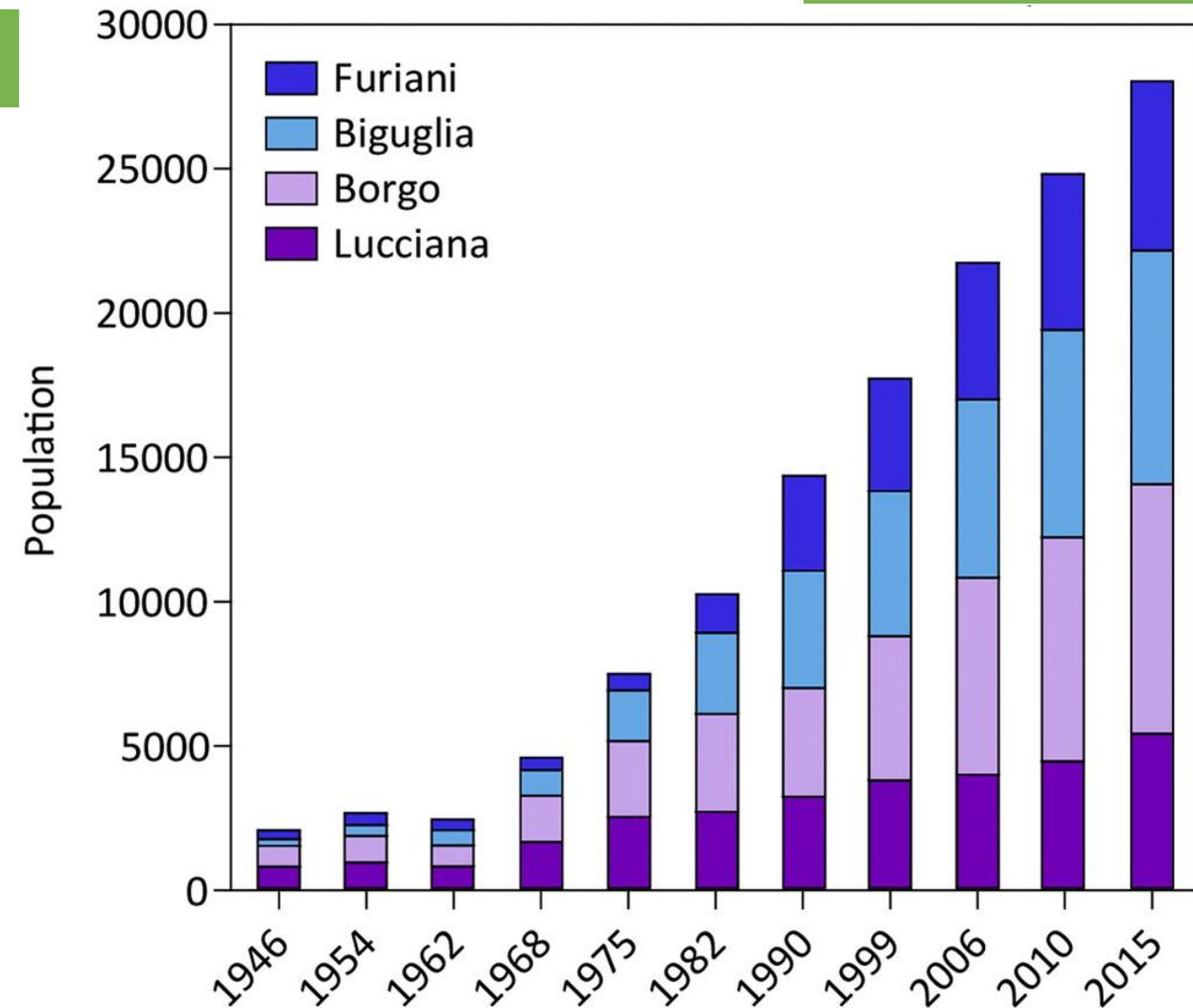
L'étang de Biguglia : Site RAMSAR depuis 1991 (biodiversité exceptionnelle)

- Plus grande **zone humide** de Corse

- Réseau de **drainage artificiel** (19^{ème})

- **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

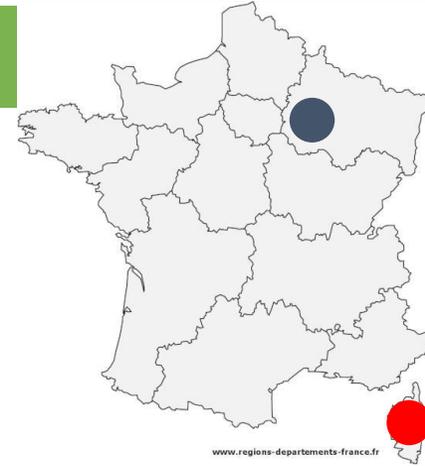
L'étang de Biguglia : Site RAMSAR depuis 1991 (biodiversité exceptionnelle)

- Plus grande **zone humide** de Corse

- Réseau de **drainage artificiel** (19^{ème})

- **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

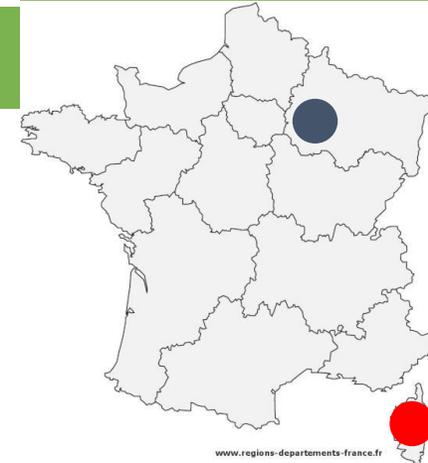
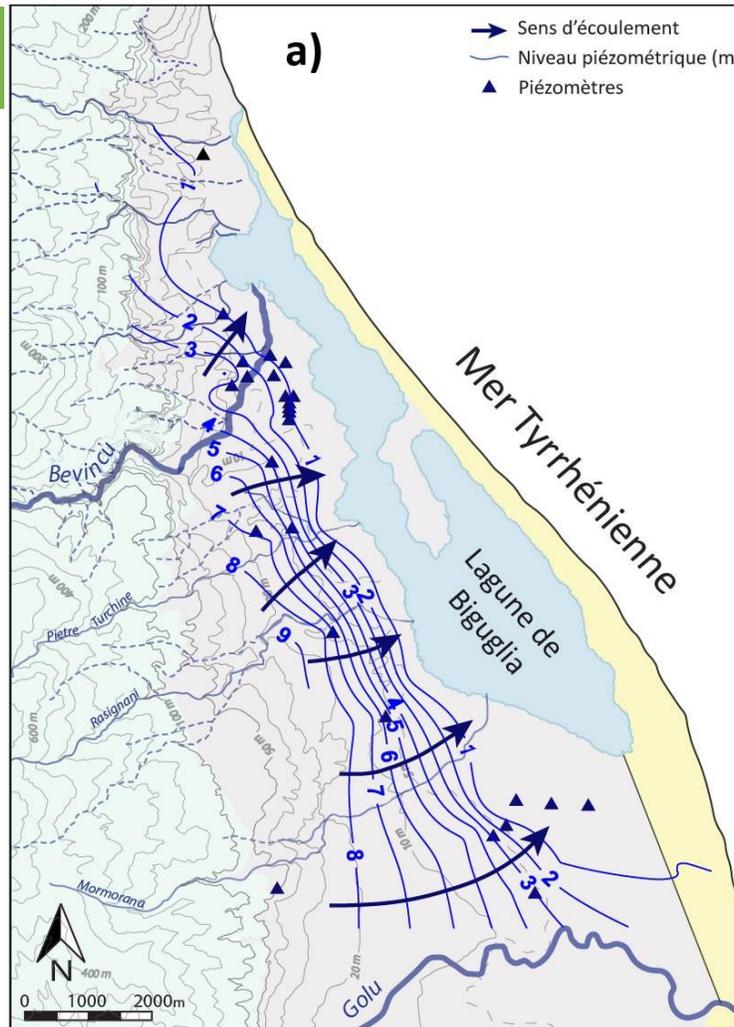


Impacts sur la biodiversité

Exemple de l'aquifère de Biguglia

Alimentation de la zone humide ?

- Cartographie des écoulements d'eau souterraine

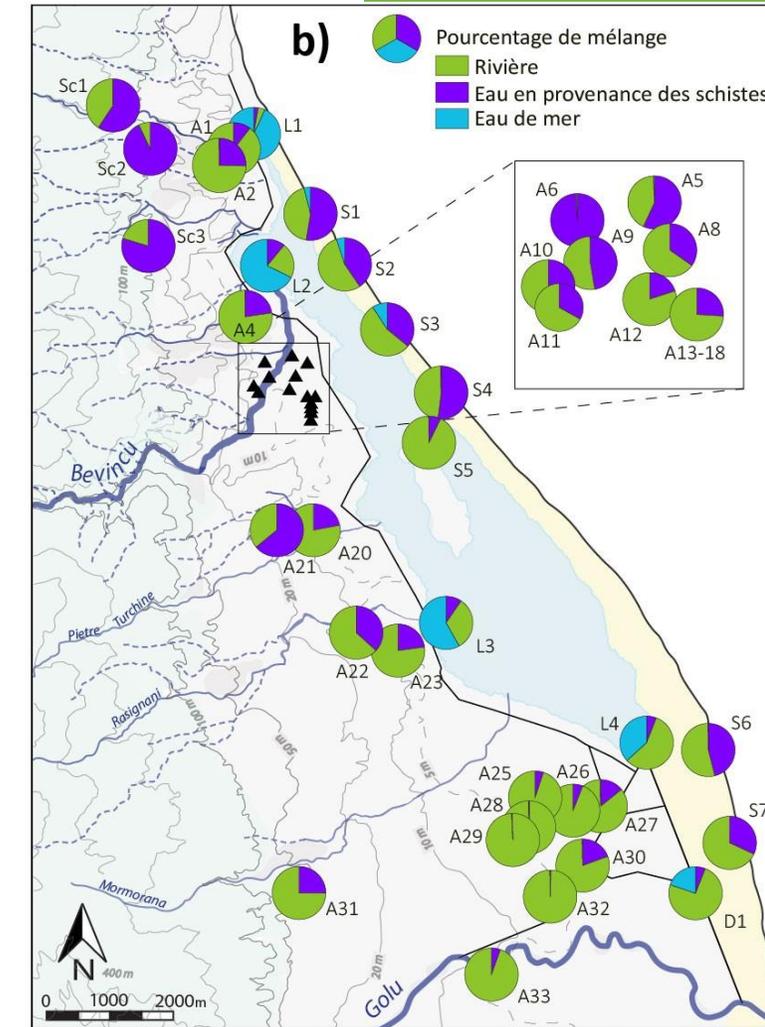
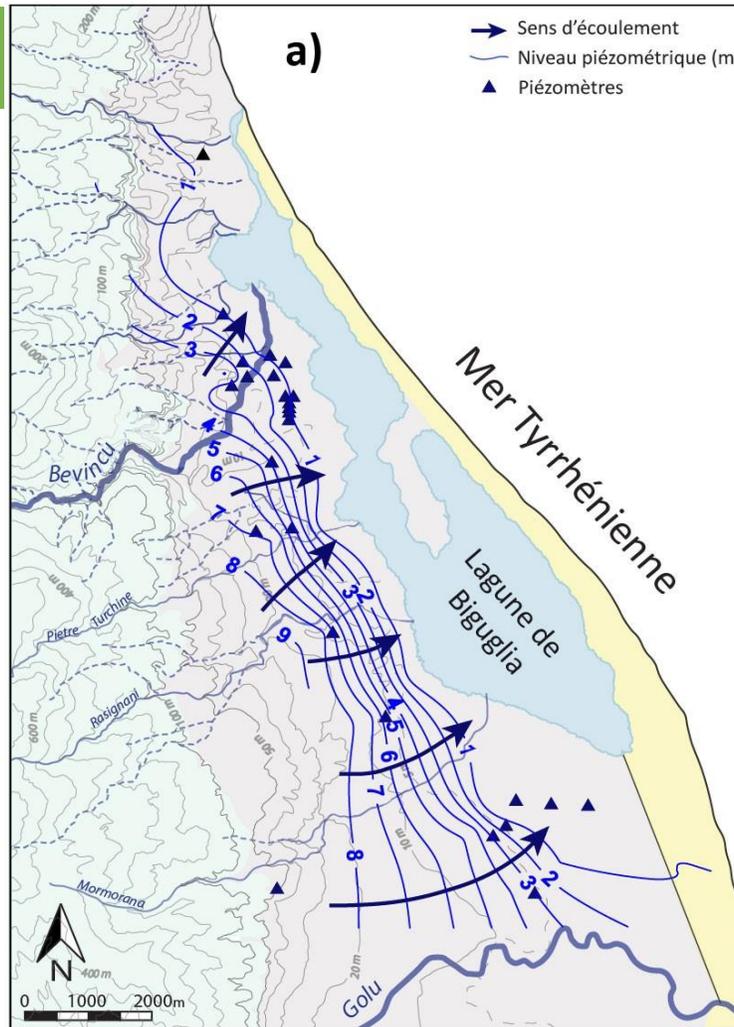


Piézométrie et écoulements de l'aquifère de Biguglia (Erostate et al. 2018)

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}O et ^2H

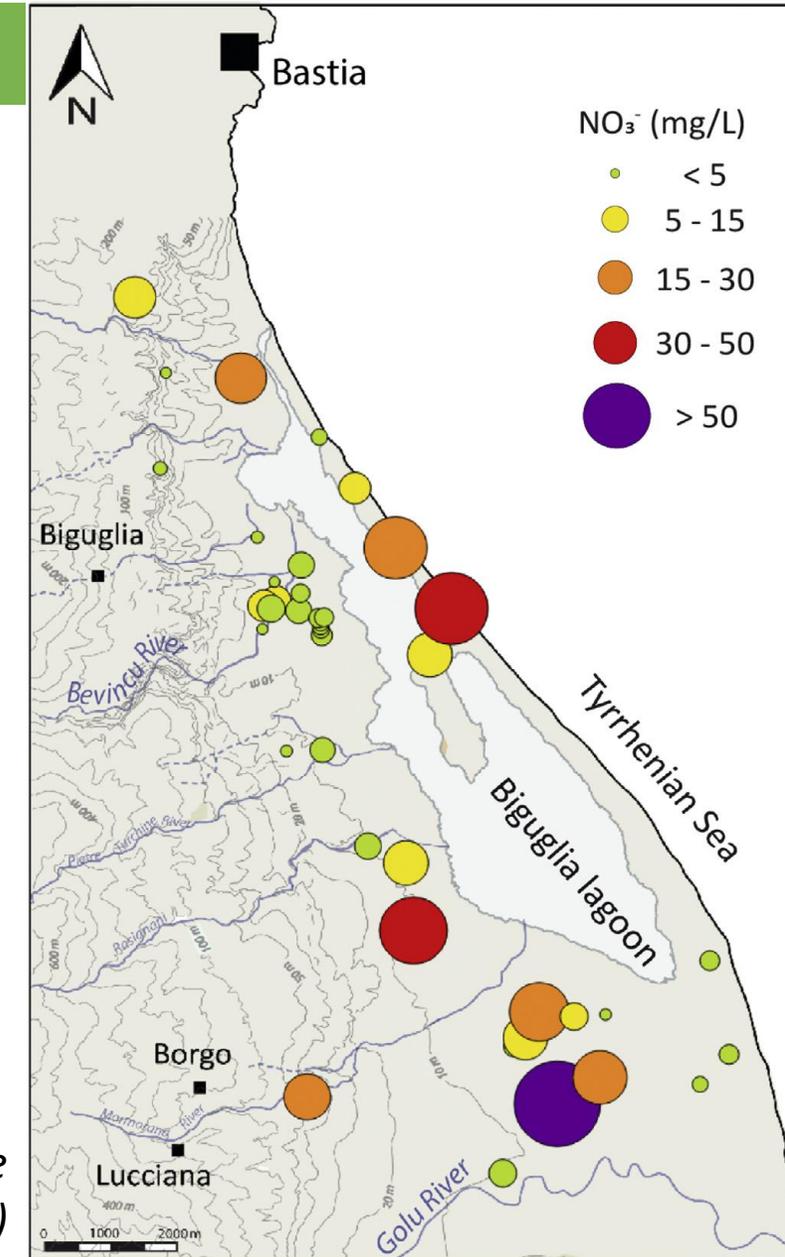


Piézométrie et écoulements de l'aquifère de Biguglia et b) contributions des différentes masses d'eau dans les eaux souterraines et les eaux lagunaires (Erostate et al. 2018 et 2019)

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 NO_3^- des 38 points du réseau de mesure prélevés en septembre 2016 (Jaunat et al. 2019)

Exemple de l'aquifère de Biguglia

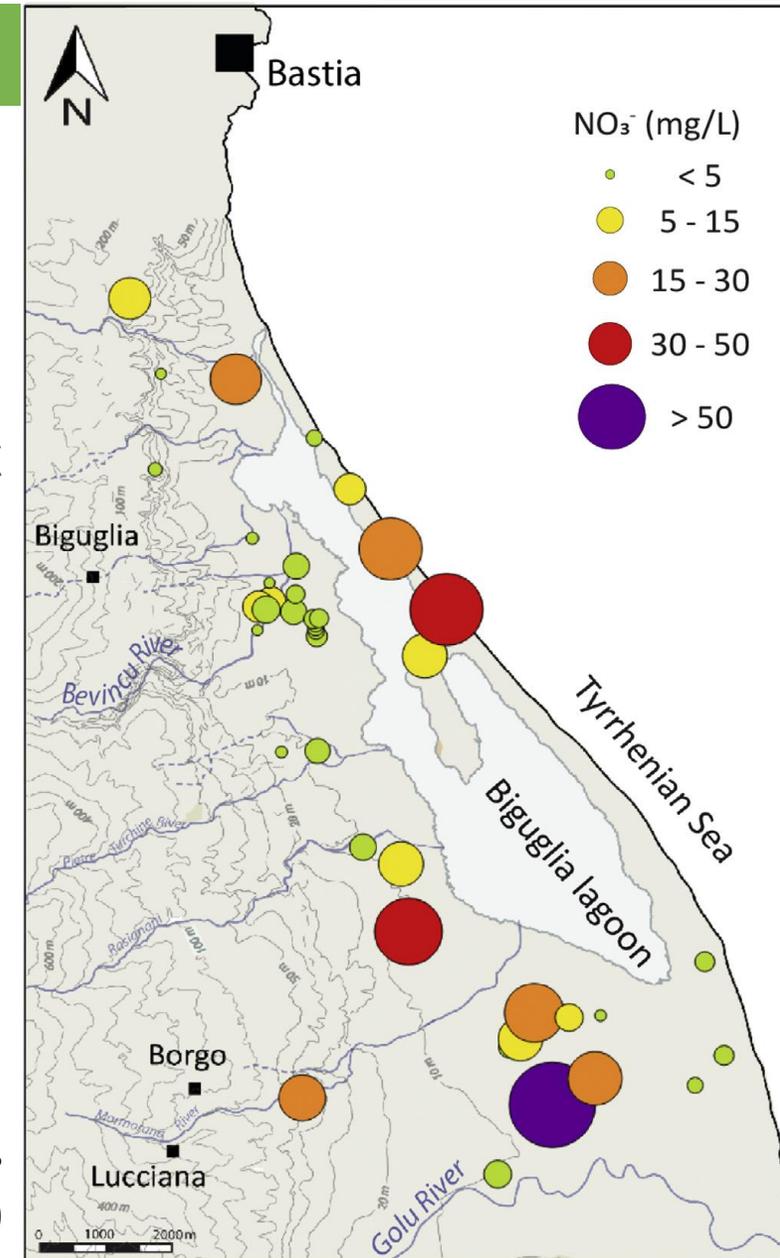
Impact des activités anthropiques sur la qualité de l'eau ?

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

Combinaison des isotopes de l'azote (^{15}N) + Datation des eaux souterraines (^3H 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

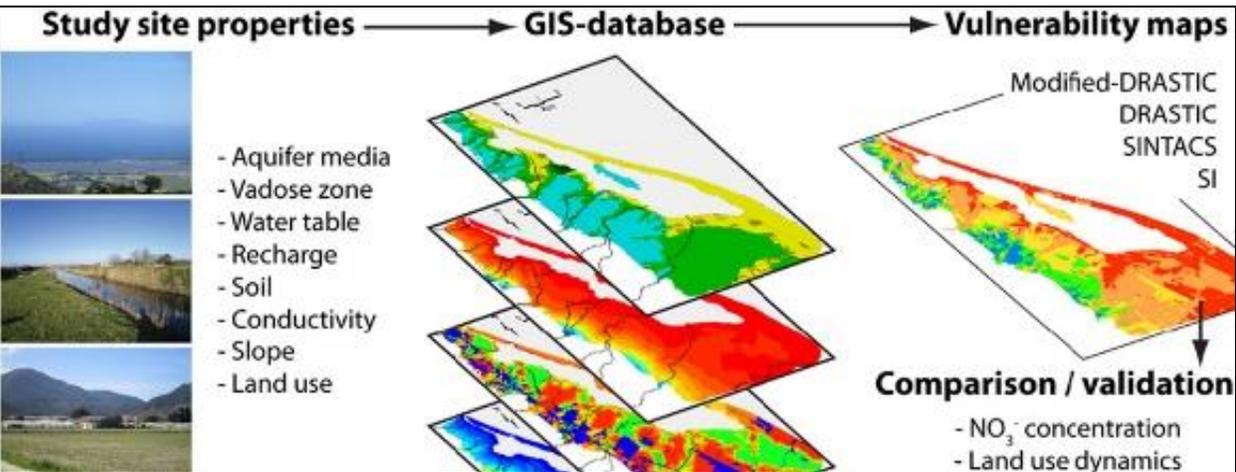
Concentrations en NO_3 des 38 points du réseau de mesure prélevés en septembre 2016 (Jaunat et al. 2019)



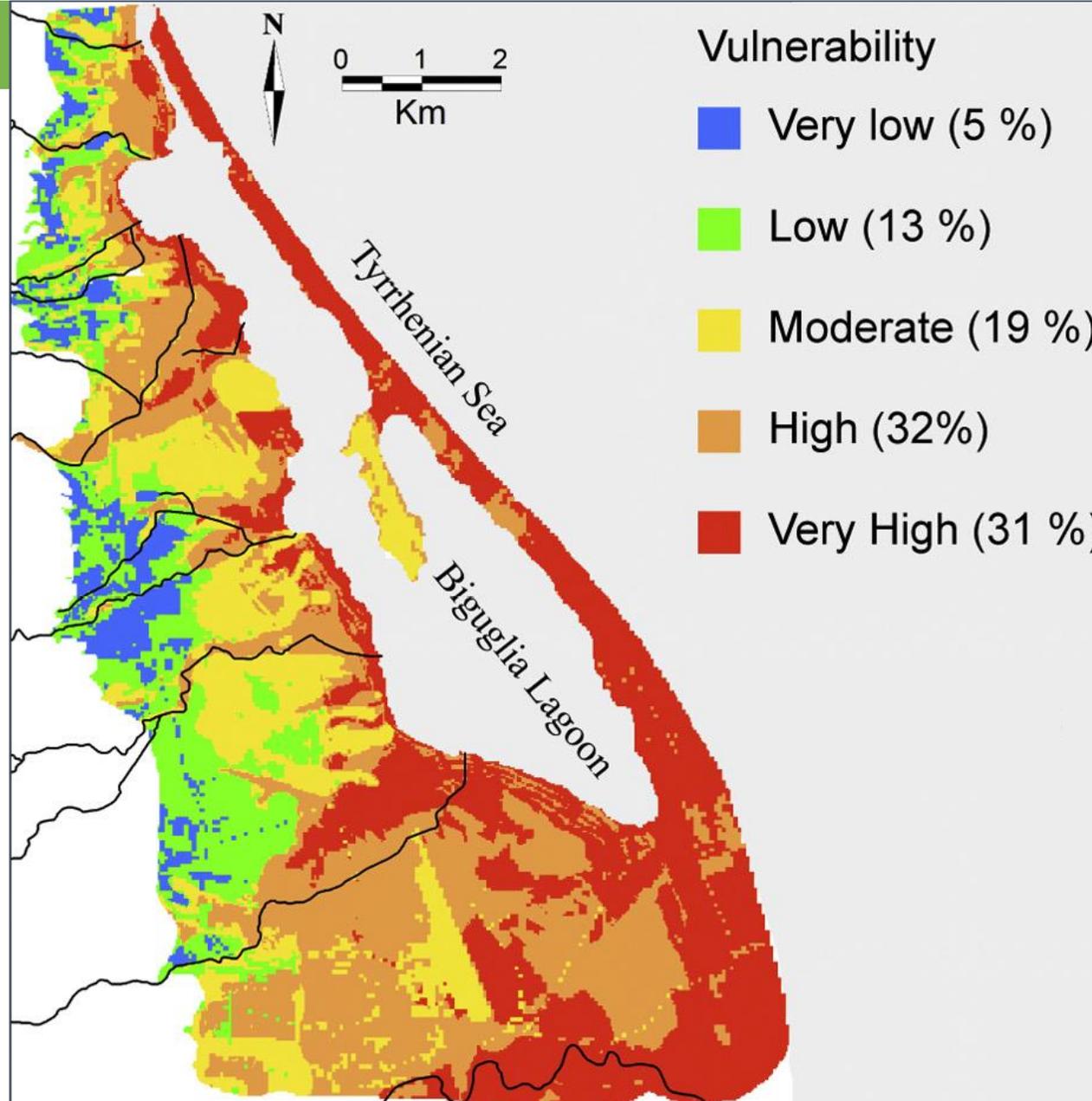
Exemple de l'aquifère de Biguglia

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)



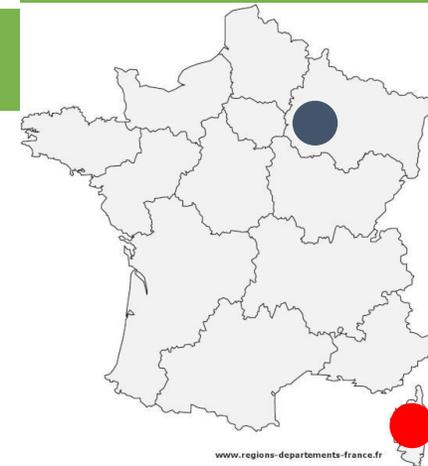
Exemple de l'aquifère de Biguglia

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

