

La plateforme de modélisation pyNuts-Riverstrahler

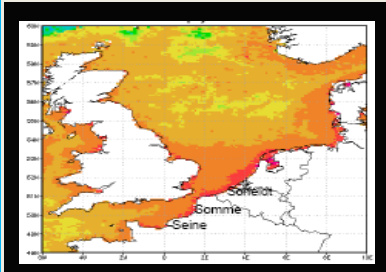
Première application continentale et perspectives

Thieu V., Silvestre M., Billen G., Garnier J., Passy P., Lassaletta L.



• Introduction

- constat *planétaire* des dysfonctionnements côtiers
 - eutrophisation et hypoxie des milieux



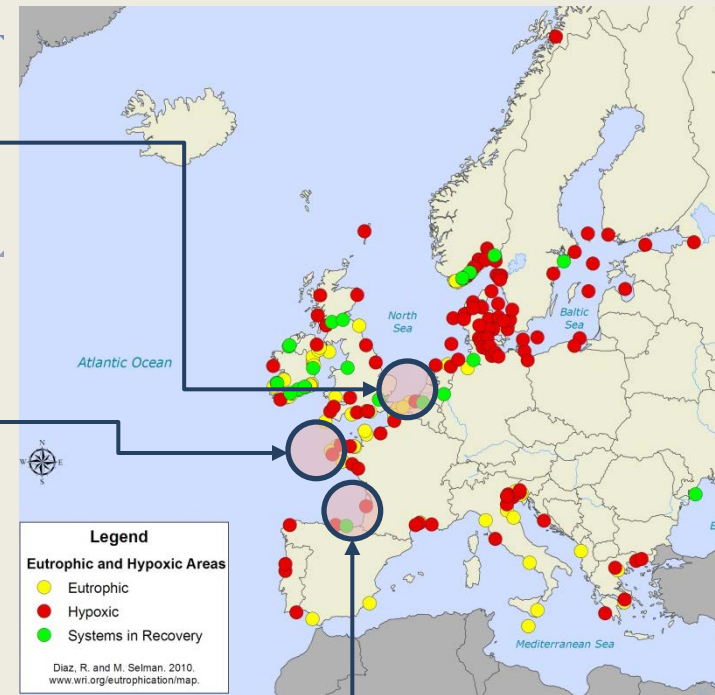
Phaeocystis bloom



Brittany, June 2014



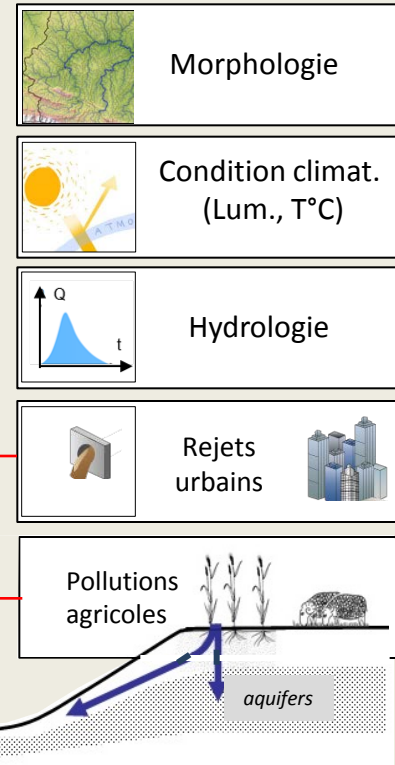
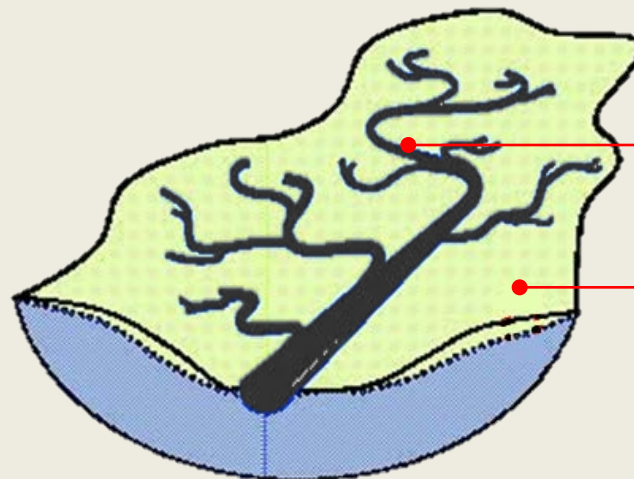
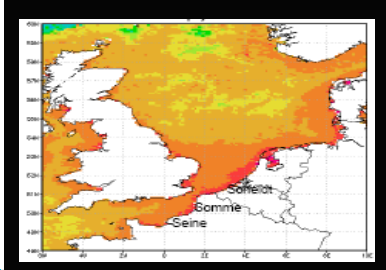
The Biscay Bay, 2014



Diaz and Selman 2010

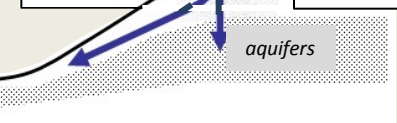
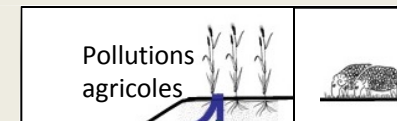
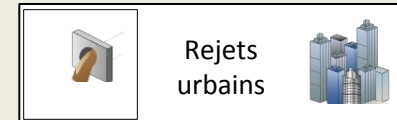
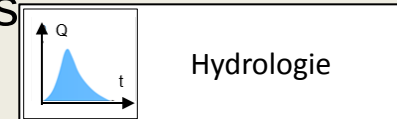
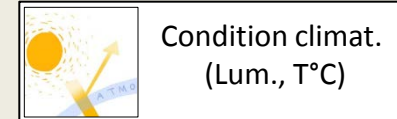
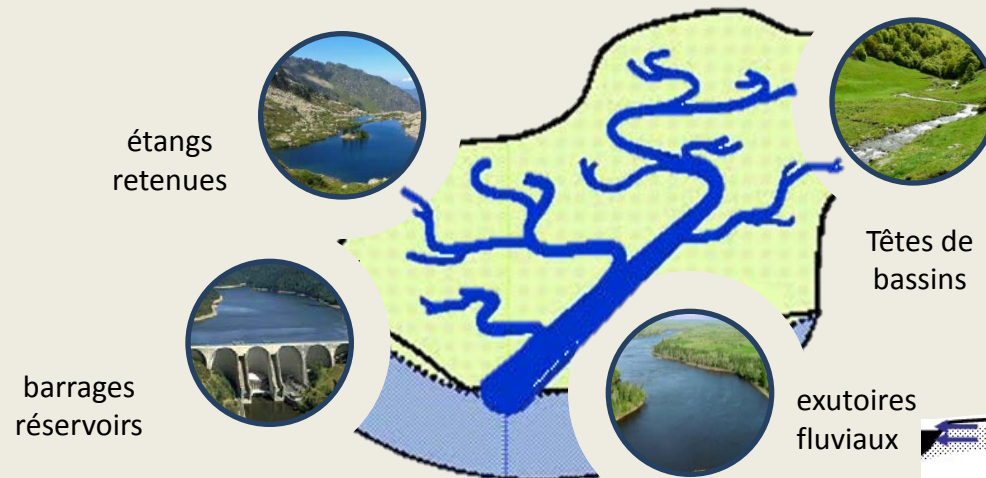
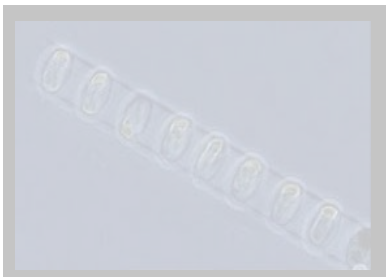
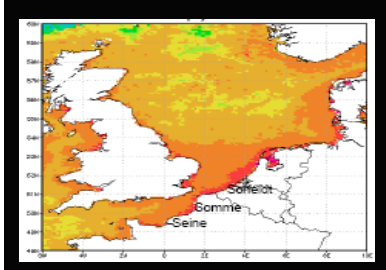
• Introduction

- constat *planétaire* des dysfonctionnements côtiers
 - eutrophisation et hypoxie des milieux
- contribution de bassins *pluri-régionaux*
 - impacts des activités humaines

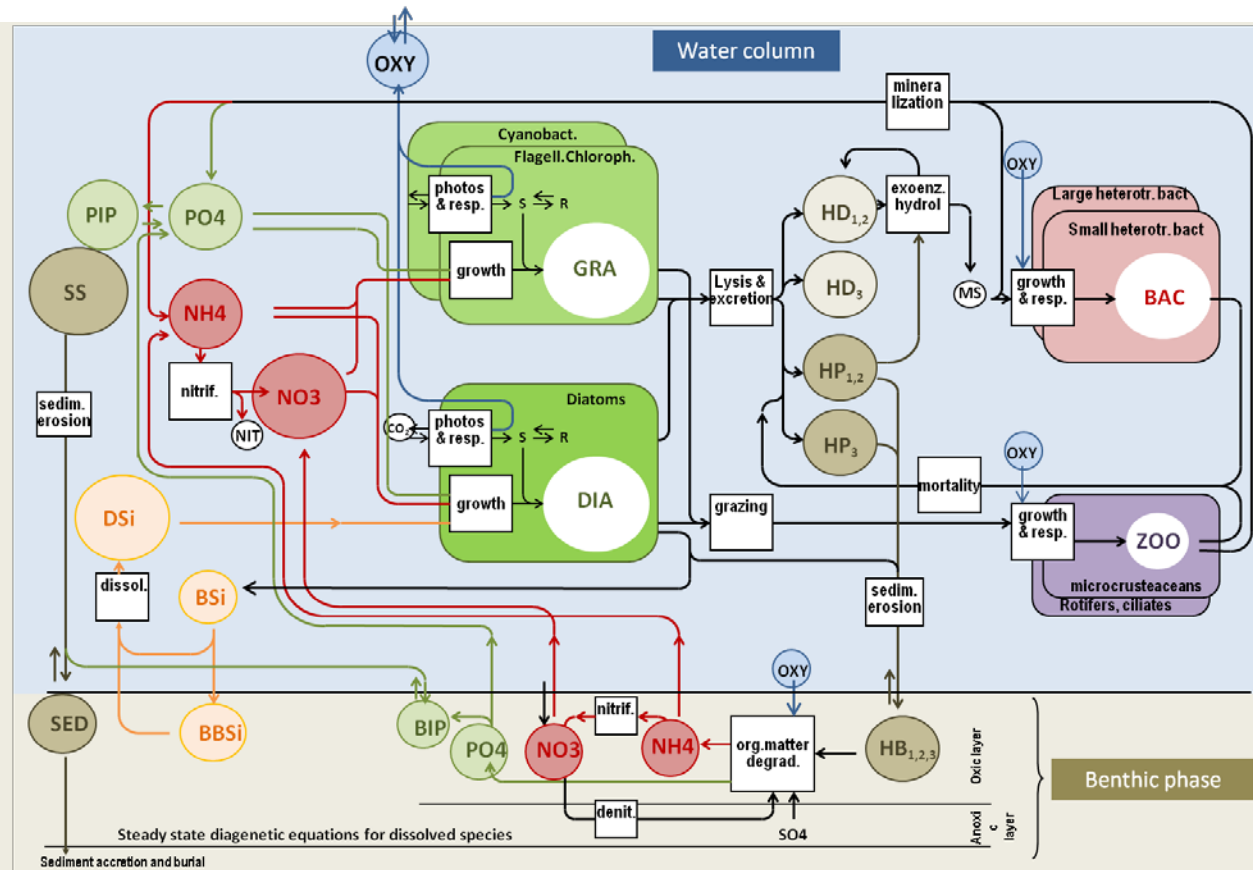
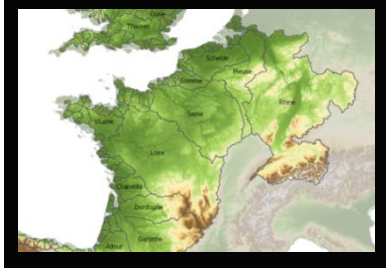
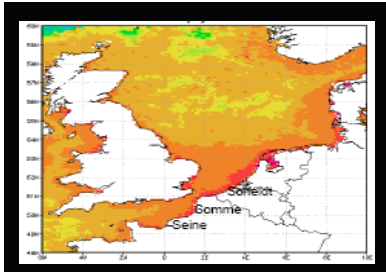


• Introduction

- constat *planétaire* des dysfonctionnements côtiers
 - eutrophisation et hypoxie des milieux
- contribution de bassins *pluri-régionaux*
 - impacts des activités humaines
- rôle vecteur-filtre des *hydrosystèmes*
 - continuum d'écosystèmes aquatiques

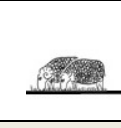
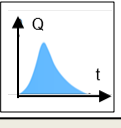
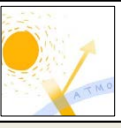


• Introduction



• échelle des *processus microscopiques*

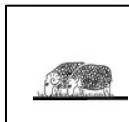
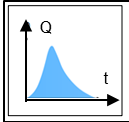
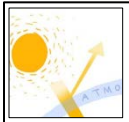
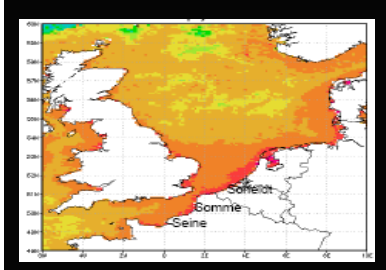
- modèle biogéochimique RIVE (Billen et al. 1994)
- unicité des processus à travers l'ensemble du continuum aquatique



• Introduction

- dysfonctionnements côtiers
- bassins pluri-régionaux
- hydrosystèmes
- processus (μ)

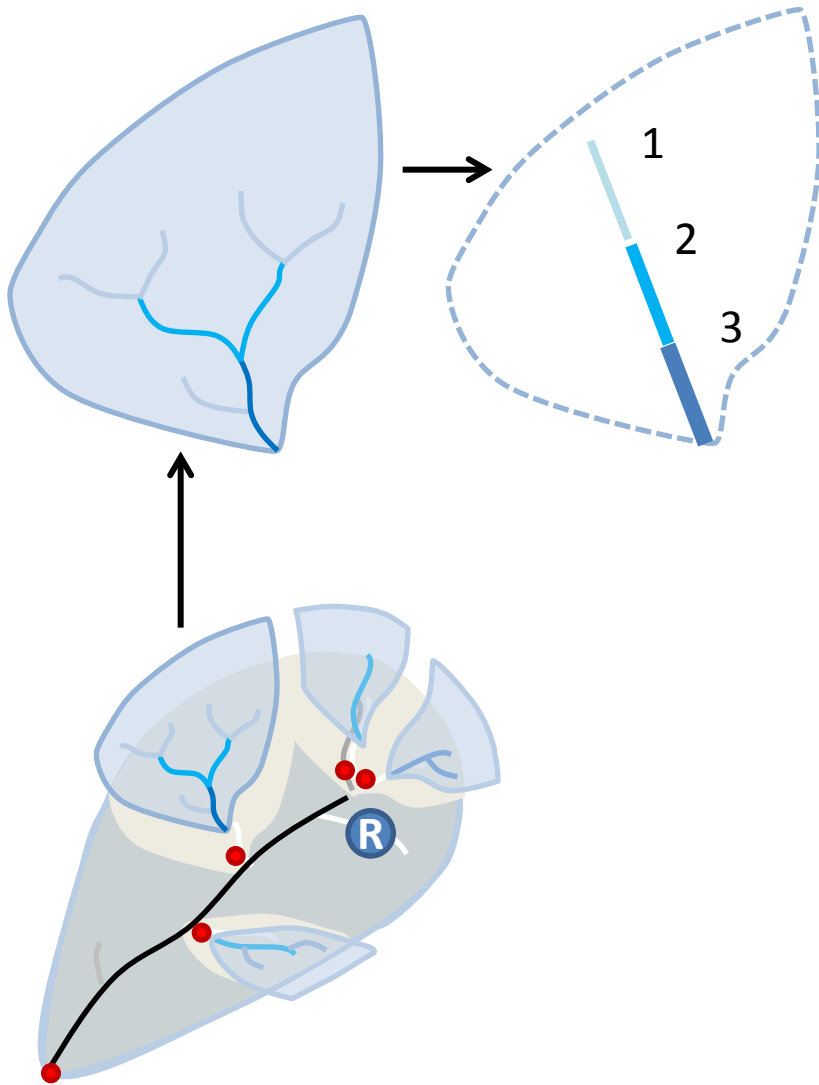
Intégration – changement d'échelle
Modèle et données



- Comment étendre l'approche générique RIVE au grands fleuves d'Europe ?
 - [1] Définir des unités de calcul modulables compatibles avec une modélisation continentale
 - [2] Concevoir un atlas pan-européen des émissions terrestre d'eau, de particules et de biogènes
 - [3] Recenser à grandes échelles les observations disponibles en rivière

- Comment étendre l'approche générique RIVE au grands fleuves d'Europe ?
 - [1] Définir des unités de calcul modulables compatibles avec une modélisation continentale
 - [2] Concevoir un atlas pan-européen des émissions terrestre d'eau, de particules et de biogènes
 - [3] Recenser à grandes échelles les observations disponibles en rivière

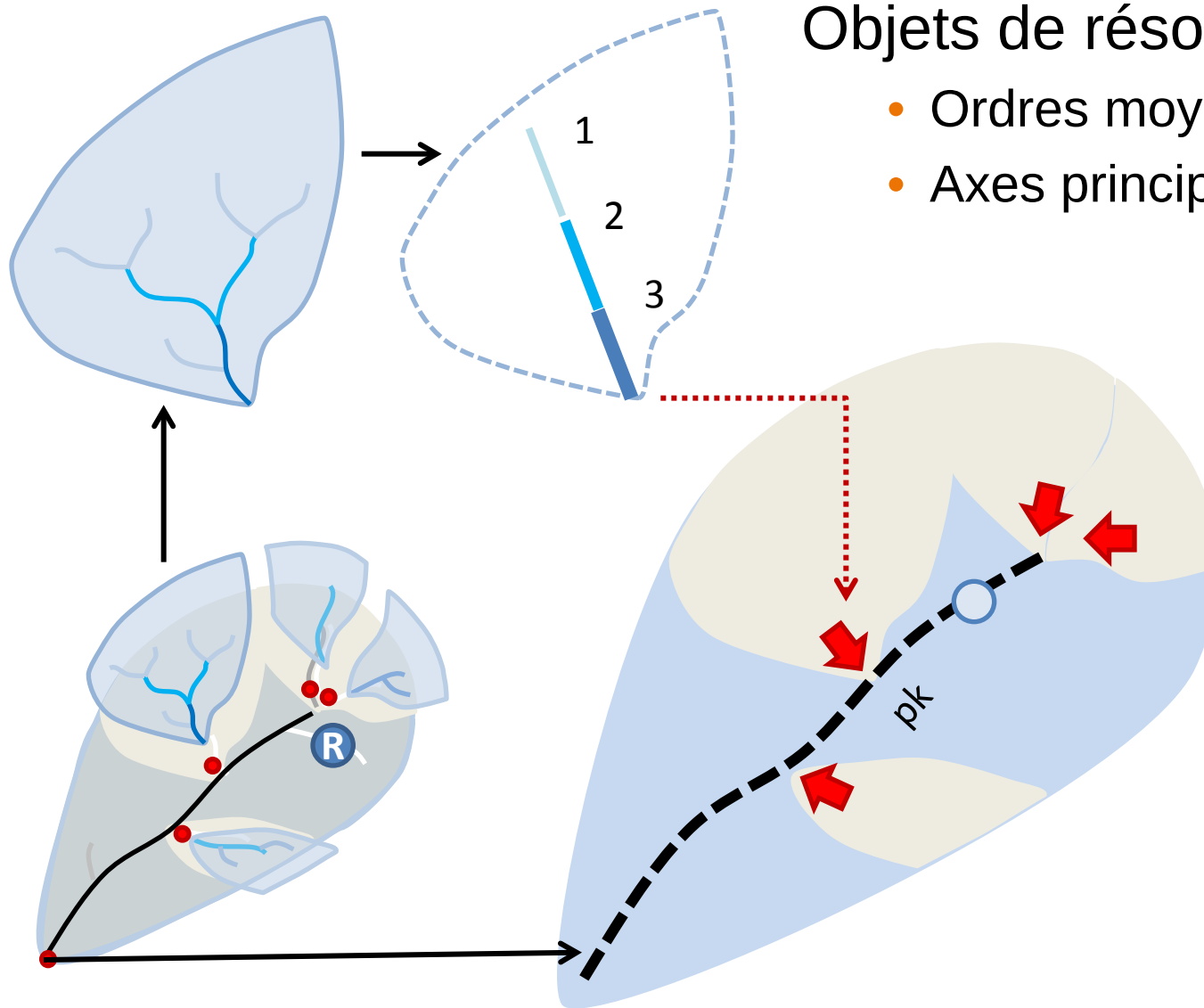
- Unités de calcul - simulation



Objets de résolutions variable :

- Ordres moyens (strahler)

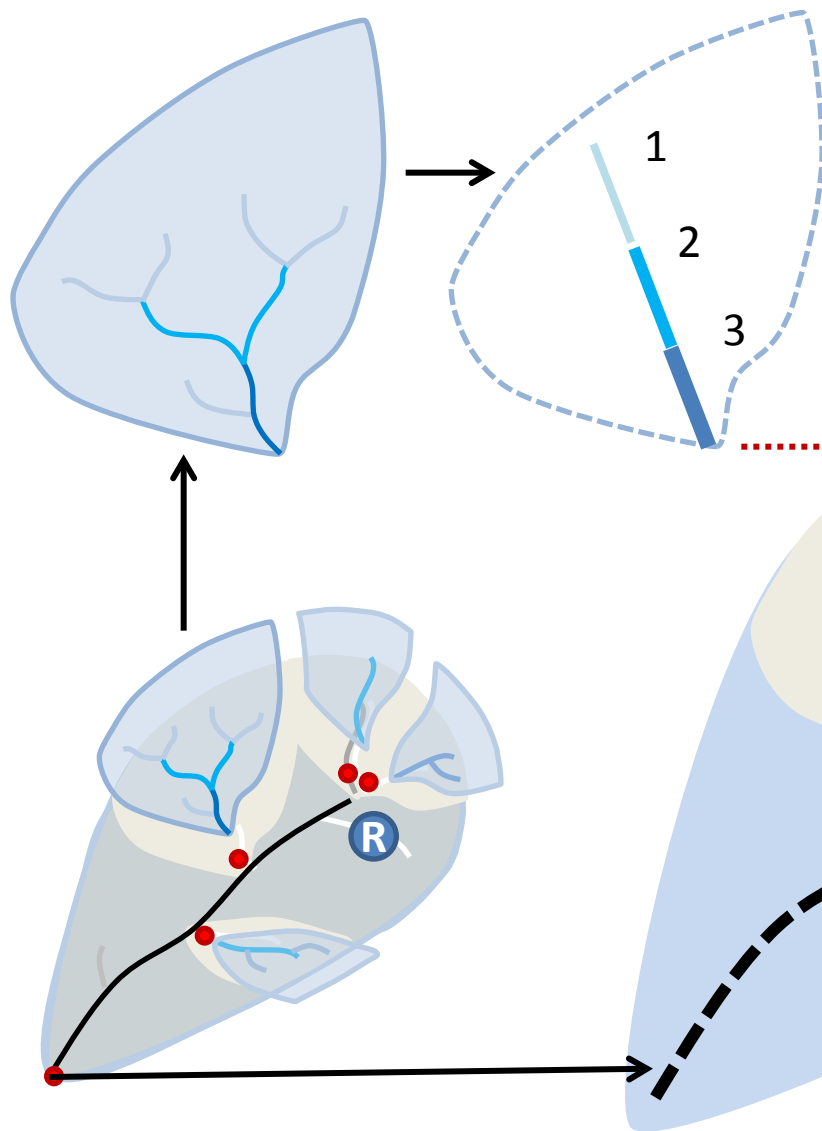
• Unités de calcul - simulation



Objets de résolutions variable :

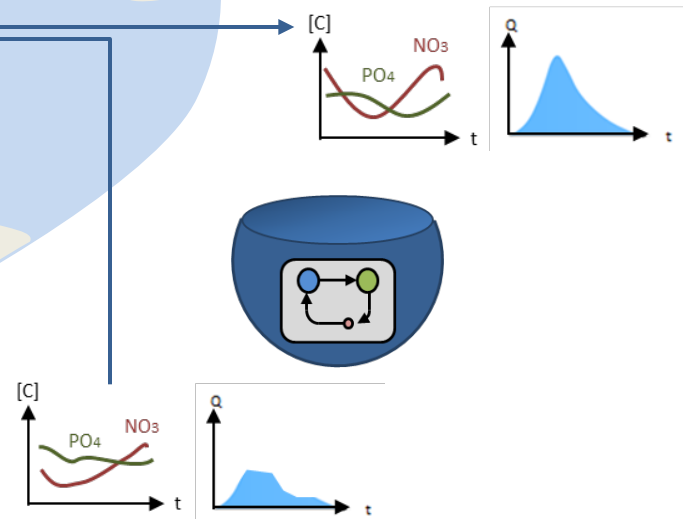
- Ordres moyens (strahler)
- Axes principaux (km)

Unités de calcul - simulation



Objets de résolutions variable :

- Ordres moyens (strahler)
- Axes principaux (km)
- Réservoir (mélangeur parfait)

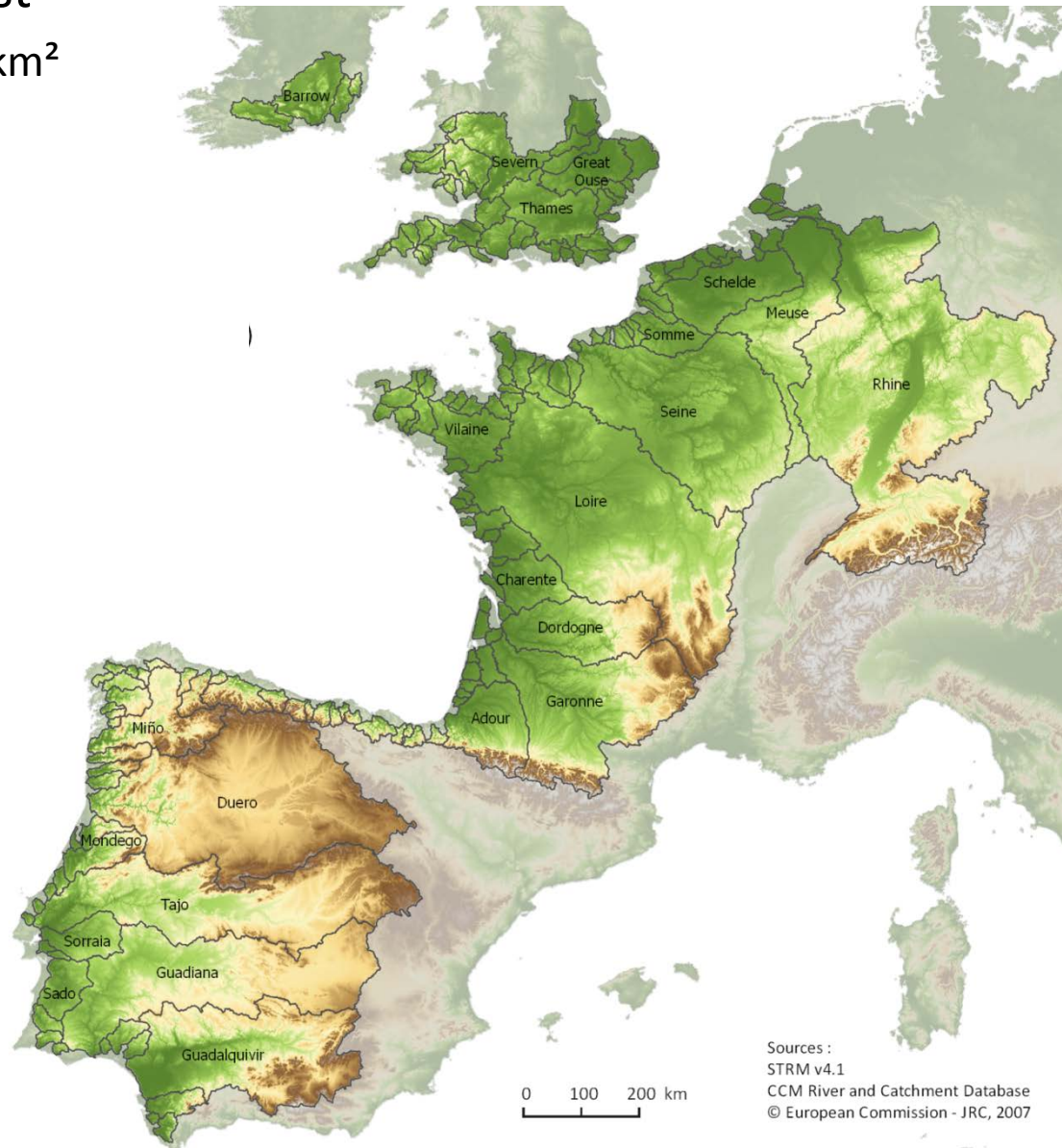
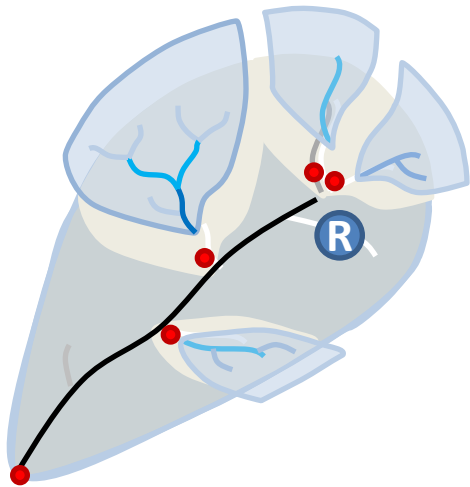




Unités de calcul - simulation

— Zone côtière atlantique Nord-Est

- domaine continental : + 1 million km²
- rivières cumulées : 356 823 km



• Unités de calcul - simulation

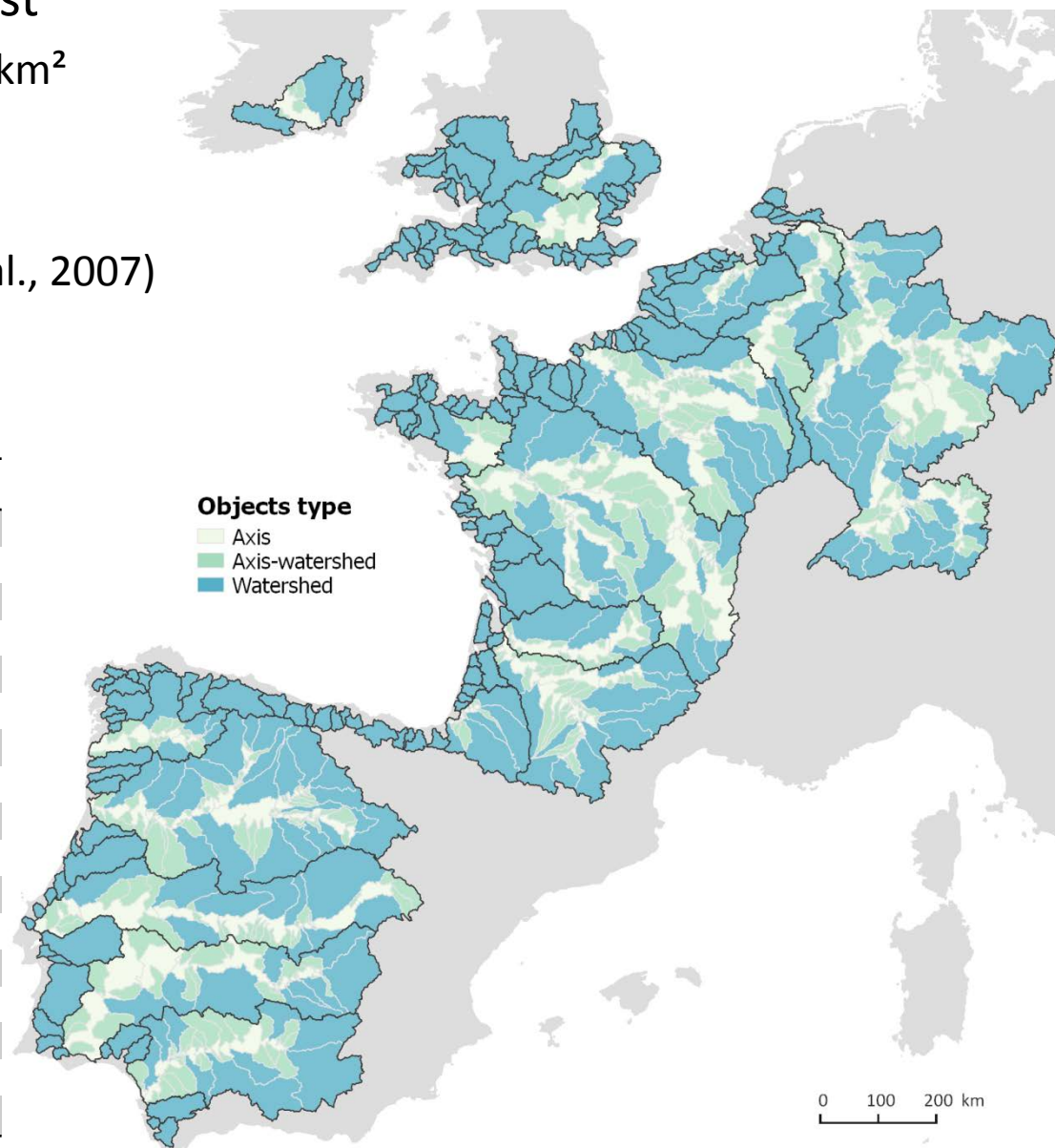
– Zone côtière atlantique Nord-Est

- domaine continental :+ 1 million km²
- rivières cumulées : 356 823 km

– Unités de modélisation

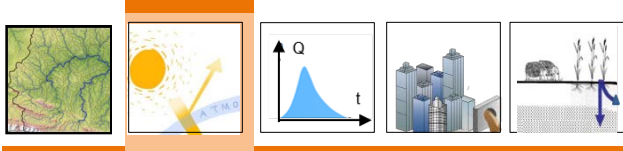
- basées sur la base CCM (Vogt et al., 2007)
- bassin-versant > 300 km²
- 17 rivières principales

code	Name	Area	Strahler	Nb Obj
291110	Rhine	160 221.4	8	159
291111	Loire	116 981.0	8	110
442352	Duero	97 418.7	8	112
291115	Seine	75 989.5	7	77
442364	Tajo	71 202.1	7	51
442403	Guadiana	67 062.8	6	50
442365	Guadalquivir	57 052.5	7	46
291126	Garonne	55 703.1	7	67
291130	Meuse	32 047.2	6	26
291125	Dordogne	23 902.0	7	25
291133	Schelde	18 949.0	6	22
442355	Miño	16 985.1	7	25
291194	Adour	16 860.9	6	24
83811	Thames	13 513.7	5	6
291146	Vilaine	10 490.4	6	6
83749	Barrow	9 224.3	6	6
83751	Great Ouse	8 442.7	6	6



- Comment étendre l'approche générique RIVE au grands fleuves d'Europe ?
 - [1] Définir des unités de calcul modulables compatibles avec une modélisation continentale
 - [2] Concevoir un atlas pan-européen des émissions terrestre d'eau, de particules et de biogènes
 - [3] Recenser à grandes échelles les observations disponibles en rivière

• Entrées du modèle RIVE



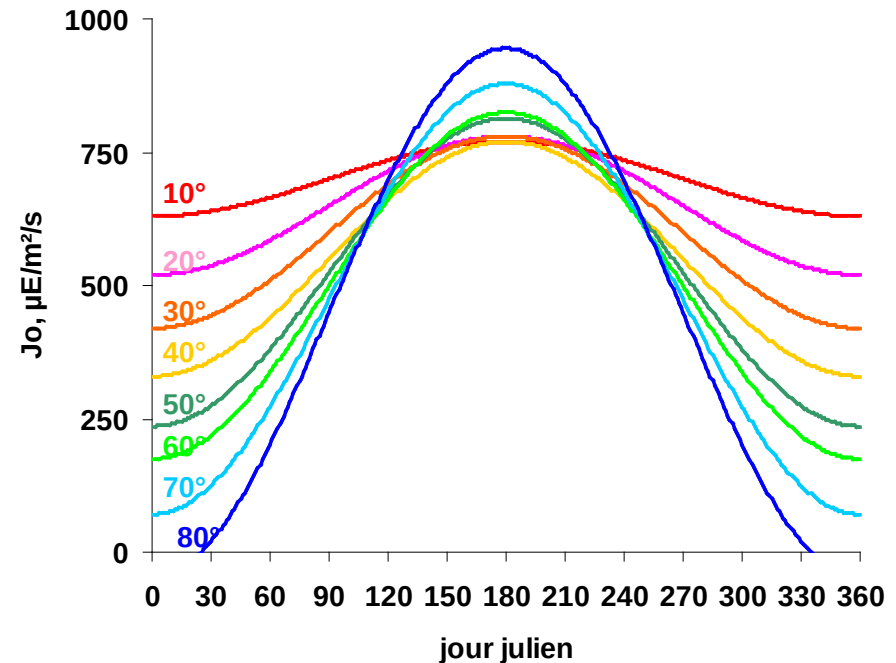
- conditions climatiques (lumière, temp. ...)

– Morphologie du réseau hydrographiques

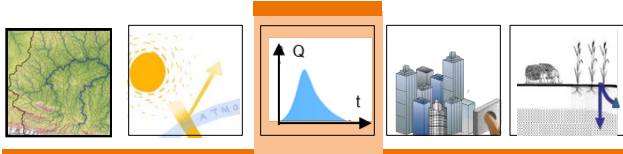
- BD “Catchment Characterisation and Modelling (CCM v2, Vogt et al., 2007)”
- Information dérivée d’un MNT à 100m

– Relations empiriques

- Gradient Nord-Sud du domaine
- Intensité de la lumière :
$$J_0 (\mu E/m^2/s) = J_1 [1 - J_2 \cos (\omega.d)]$$
- Température de l’eau



• Entrées du modèle RIVE

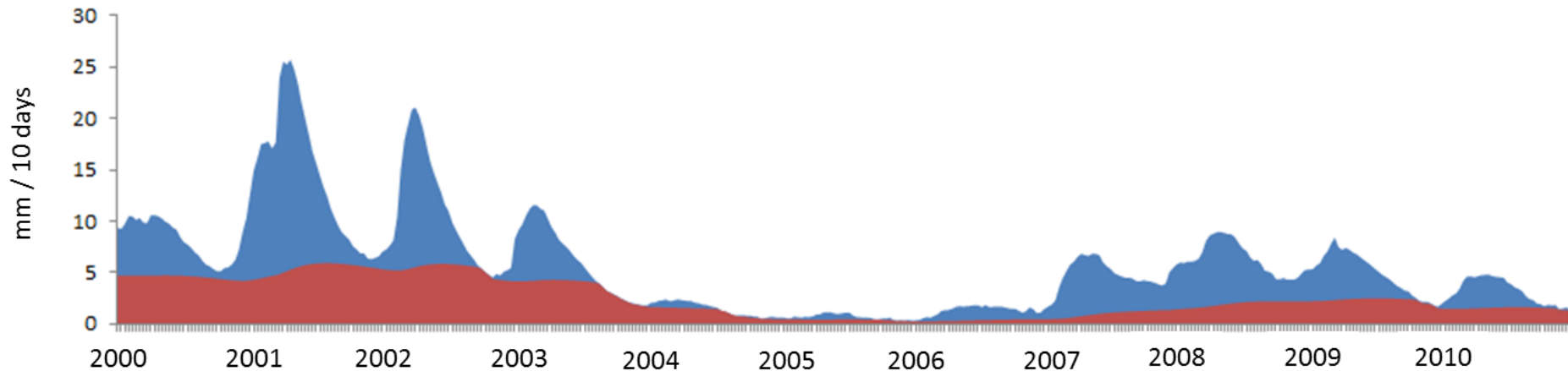


- flux d'eau

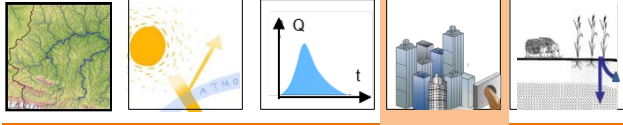
– Calcul des lames d'eau sous-racinaires et souterraines

- Basées sur des chroniques longues et spatialisées de débits observés
- Filtre de séparation hautes vs. basses fréquences du débit
- Méthode proposée par Eckhardt (2007)

Exemple pour le bassin de la Somme (6200 km²):



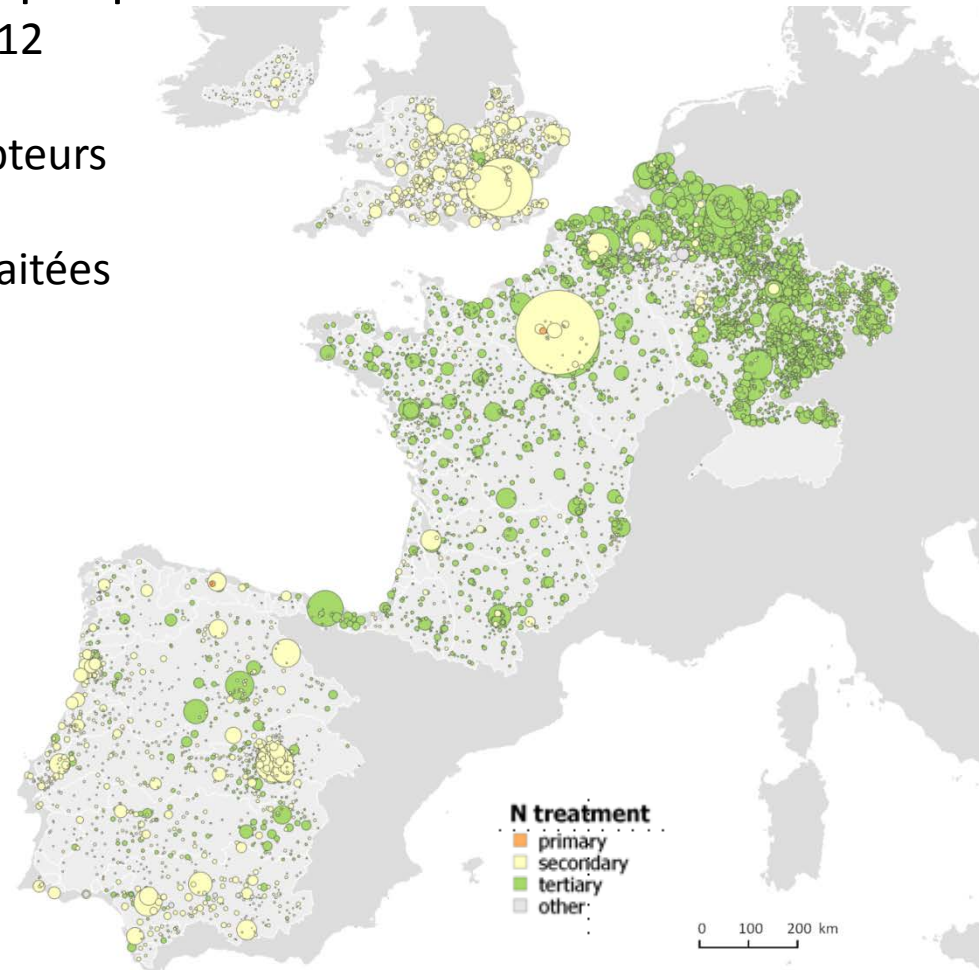
• Entrées du modèle RIVE



- apports ponctuels (urbain)

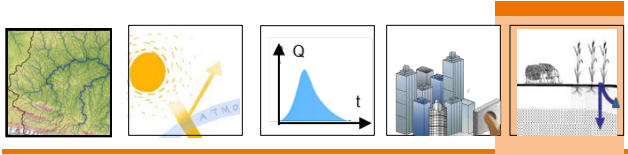
– Rejets directs aux réseaux hydrographiques

- Base de données : Waterbase EEA, 2012
- Relation entre :
 agglom. – step – rejets – milieux récepteurs
- Localisation, traitements et charges traitées



Sources :
CCM River and Catchment Database
© European Commission - JRC, 2007

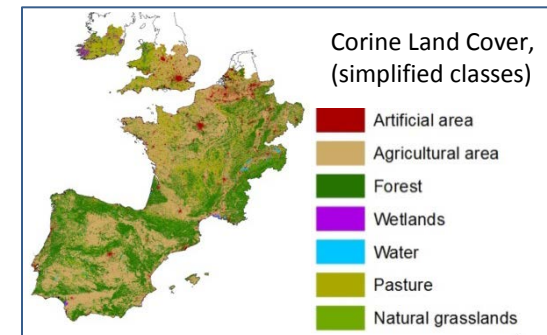
• Entrées du modèle RIVE



• apports diffus (agricole)

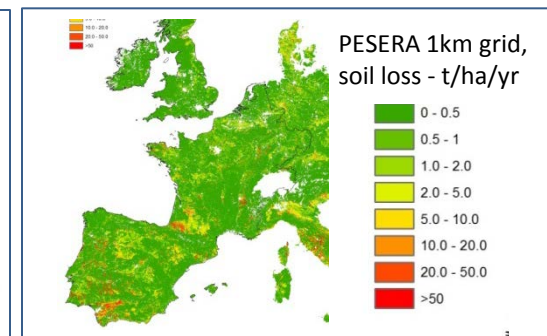
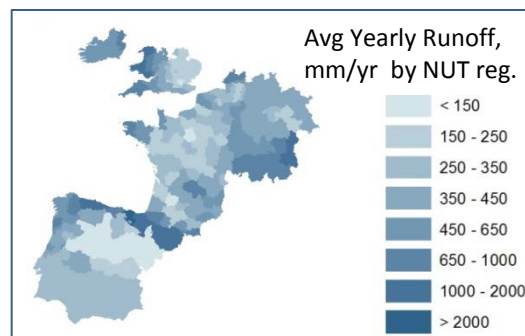
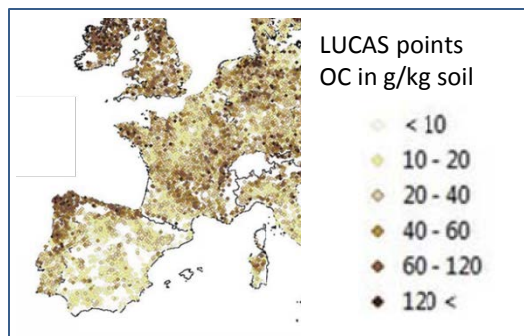
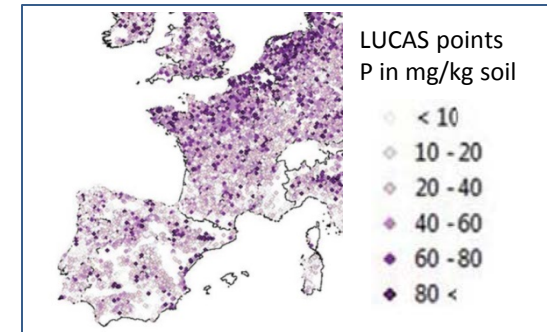
– Apports d'azote par l'agro-système : *(Lassaletta et al. 2014)*

- **Generic Representation of Agro-Food Systems**
- relations statistique par NUTS 3 entre :
 - surplus – lixiviation – conc. sous-racinaires
- Spatialisation des apports par usage du sol



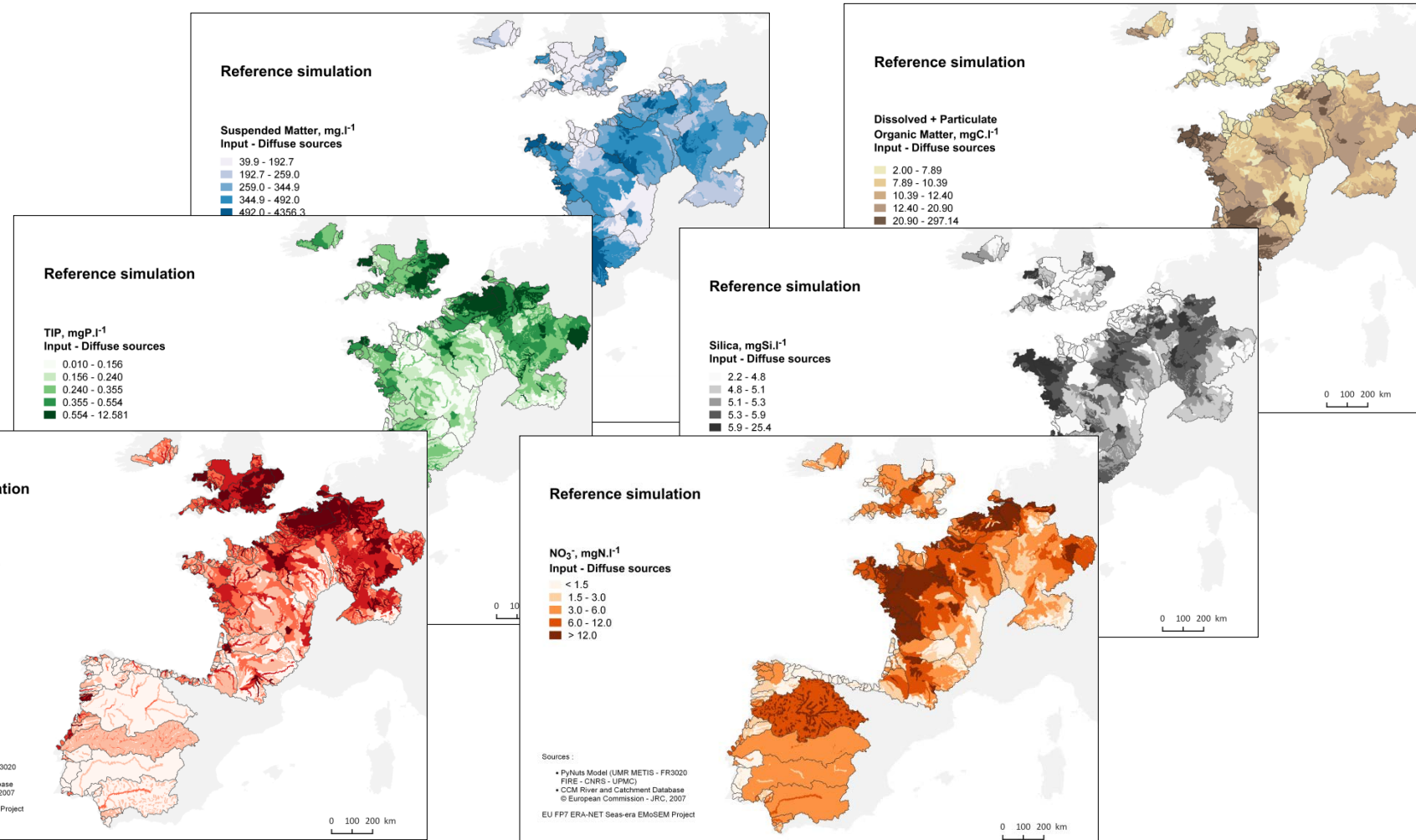
– Autres apports diffus :

- Sorties modèles (ex: PESERA ...)
- Moyennes spatiales de contenus des sols (ex: LUCAS)



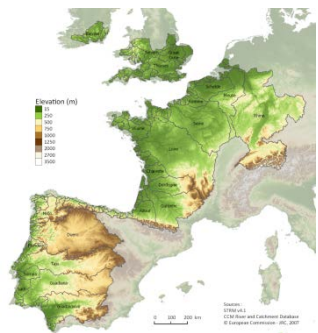
• Entrées du modèle RIVE

- Atlas pan-européen des émissions terrestres vers les hydrosystèmes



Plateforme PyNuts

Cas d'étude
pluri-régional



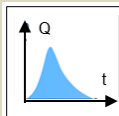
Données sur
les contraintes
naturelles et
les pressions
anthropiques



Morphologie



Cond. limat.
(Lum., T°C)

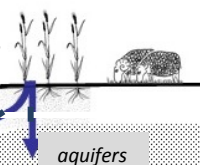


Flux d'eau



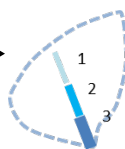
Rejets
urbains

Pressions
agricoles

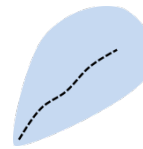


aquifers

unités de modélisation



Ordre
(bassin)

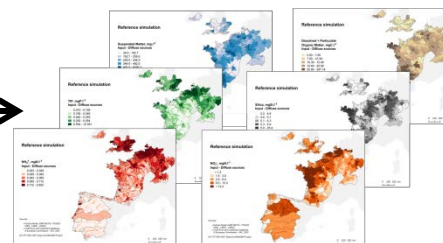


Axes
(km)



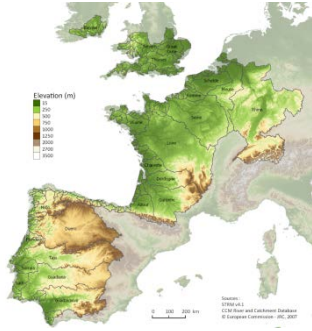
Réservoirs
(OD)

entrées du modèle



Plateforme PyNuts

Cas d'étude
pluri-régional



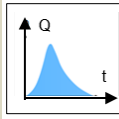
Données sur
les contraintes
naturelles et
les pressions
anthropiques



Morphologie



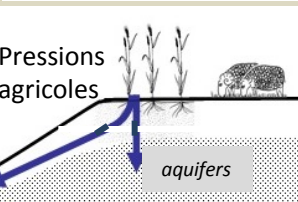
Cond. limat.
(Lum., T°C)



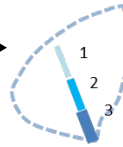
Flux d'eau



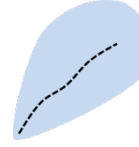
Rejets
urbains



unités de modélisation



Ordre
(bassin)

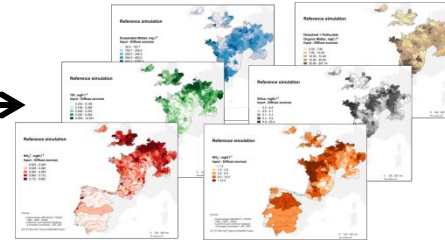


Axes
(km)

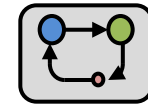


Réservoirs
(OD)

entrées du modèle

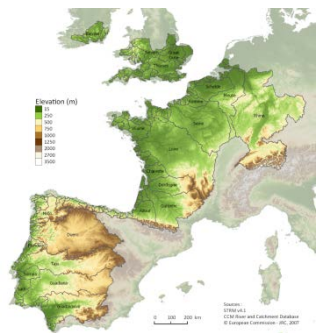


modèle RIVE



Plateforme PyNuts

Cas d'étude pluri-régional



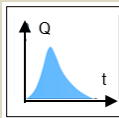
Données sur
les contraintes
naturelles et
les pressions
anthropiques



Morphologie



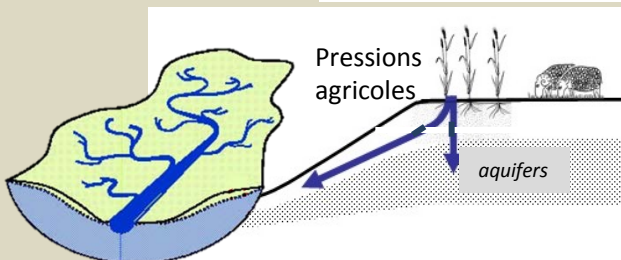
Cond. limat.
(Lum., T°C)



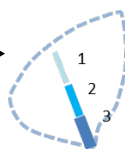
Flux d'eau



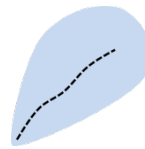
Rejets
urbains



unités de modélisation



Ordre
(bassin)

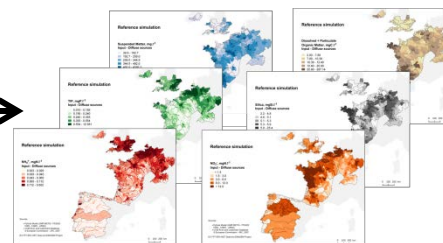


Axes
(km)

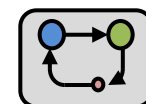


Réservoirs
(OD)

entrées du modèle

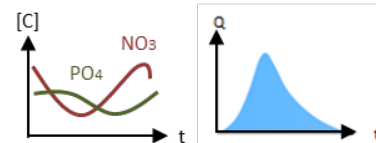


modèle RIVE

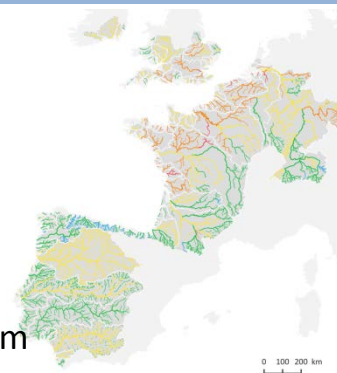


sorties du modèle

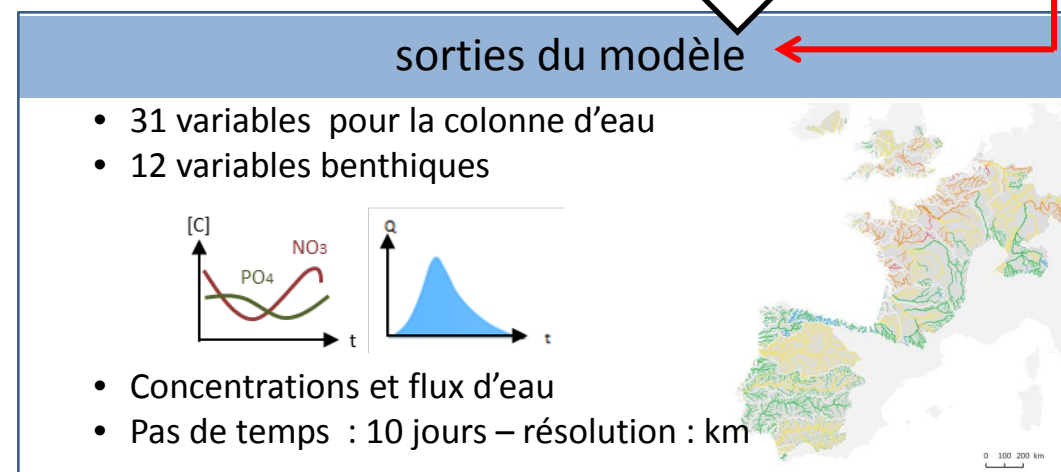
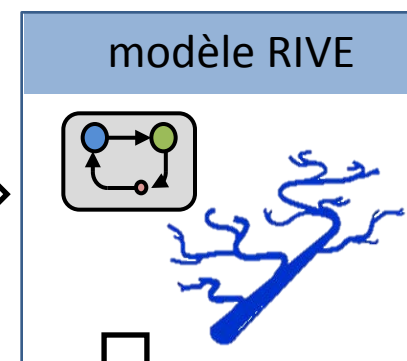
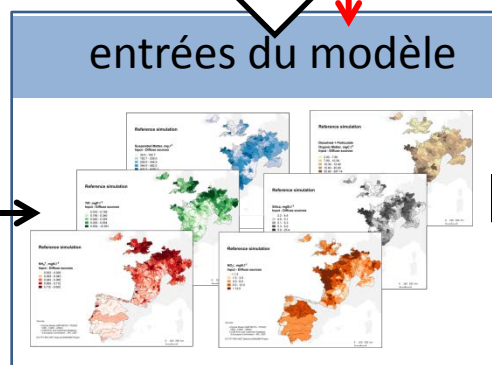
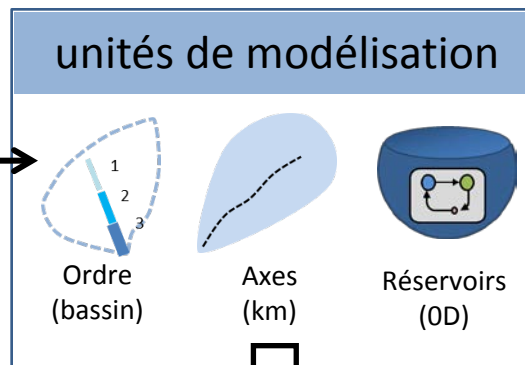
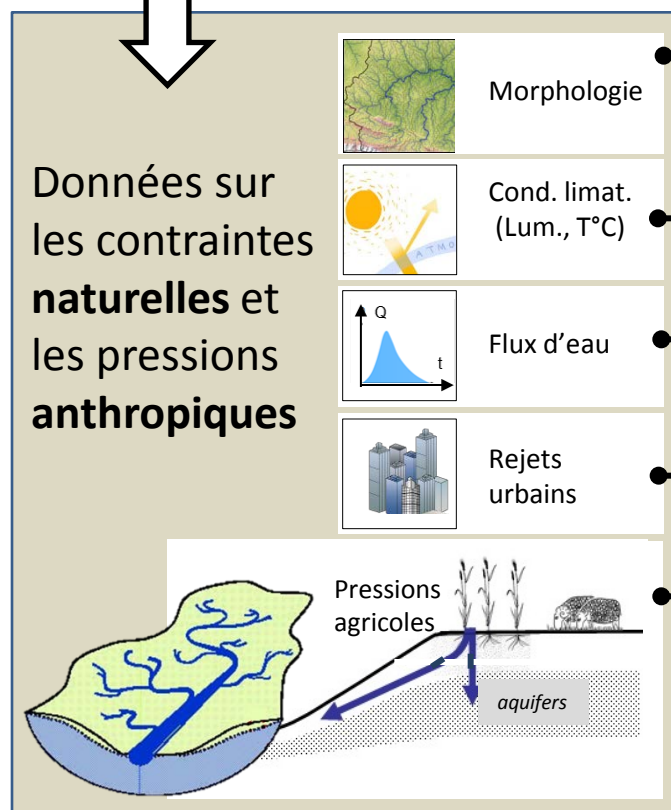
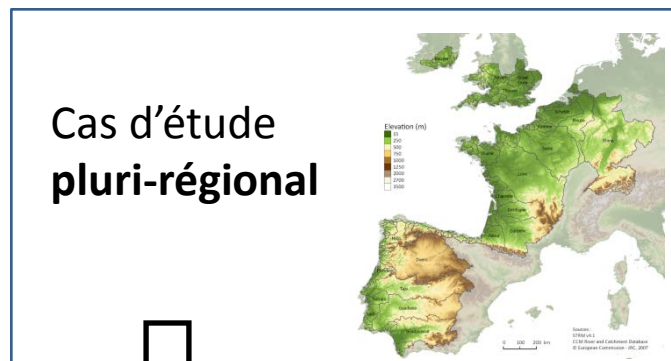
- 31 variables pour la colonne d'eau
- 12 variables benthiques



- Concentrations et flux d'eau
- Pas de temps : 10 jours – résolution : km



Plateforme PyNuts



- Comment étendre l'approche générique RIVE au grands fleuves d'Europe ?
 - [1] Définir des unités de calcul modulables compatibles avec une modélisation continentale
 - [2] Concevoir un atlas pan-européen des émissions terrestre d'eau, de particules et de biogènes
 - [3] Recenser à grandes échelles les observations disponibles en rivière

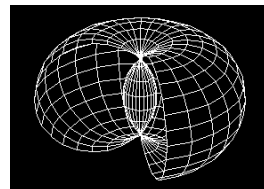
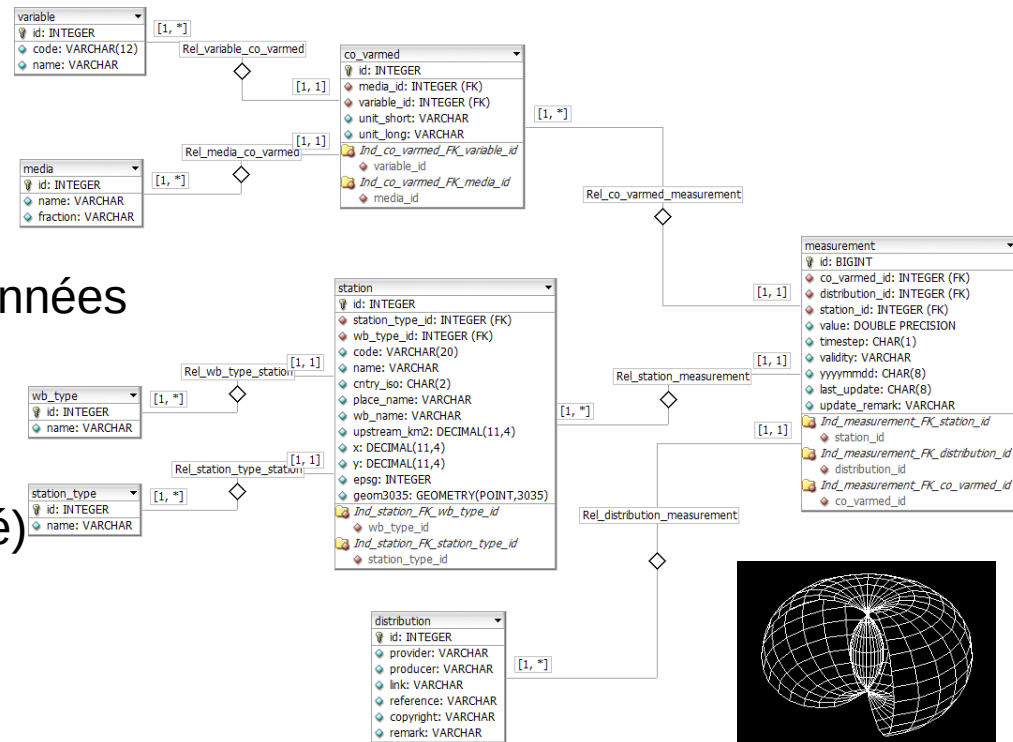
• Database of Observed NUTrients in riverS

• Objectifs de DONUTS :

- Proposer une base de données unique pour les eaux continentales
- Uniformiser toute l'information disponible
- Détecter/corriger les inconsistances (protocole de validation)
- Spatialiser les obs. sur un réseau hydrographique de référence

• Quelques chiffres :

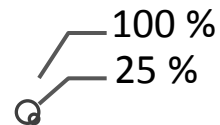
- 10 pays – 29 producteurs de données
- 32 variables d'intérêts
- ~ 12 000 stations
- ~ 12.5 millions d'entrées (débit)
- ~ 34.1 millions d'entrées (qualité)



• Database of Observed NUTrients in rivers

Données de débit
(2000-2010)

Aire amont de la station /
aire totale du bassin



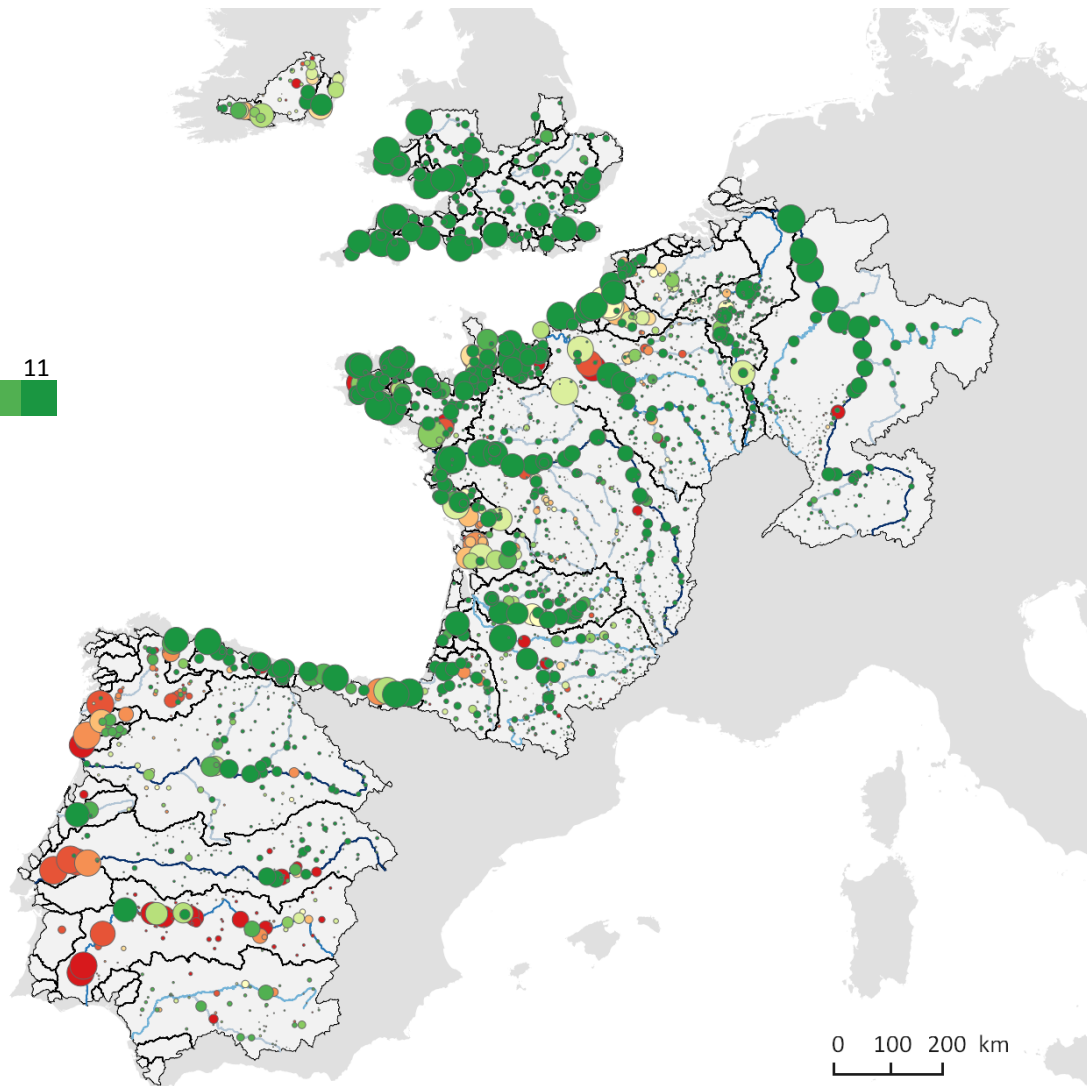
Années de données

1	3	5	7	9	11
Red	Orange	Yellow	Light Green	Green	Dark Green

Nb de stations de mesure :
4 368

Nb de mesures :
plus de 39 millions

Sources :
DoNuts
CCM River and Catchment Database
© European Commission - JRC, 2007



• Database of Observed NUTrients in rivers

Données de qualité sur les nitrates
(2000-2010)

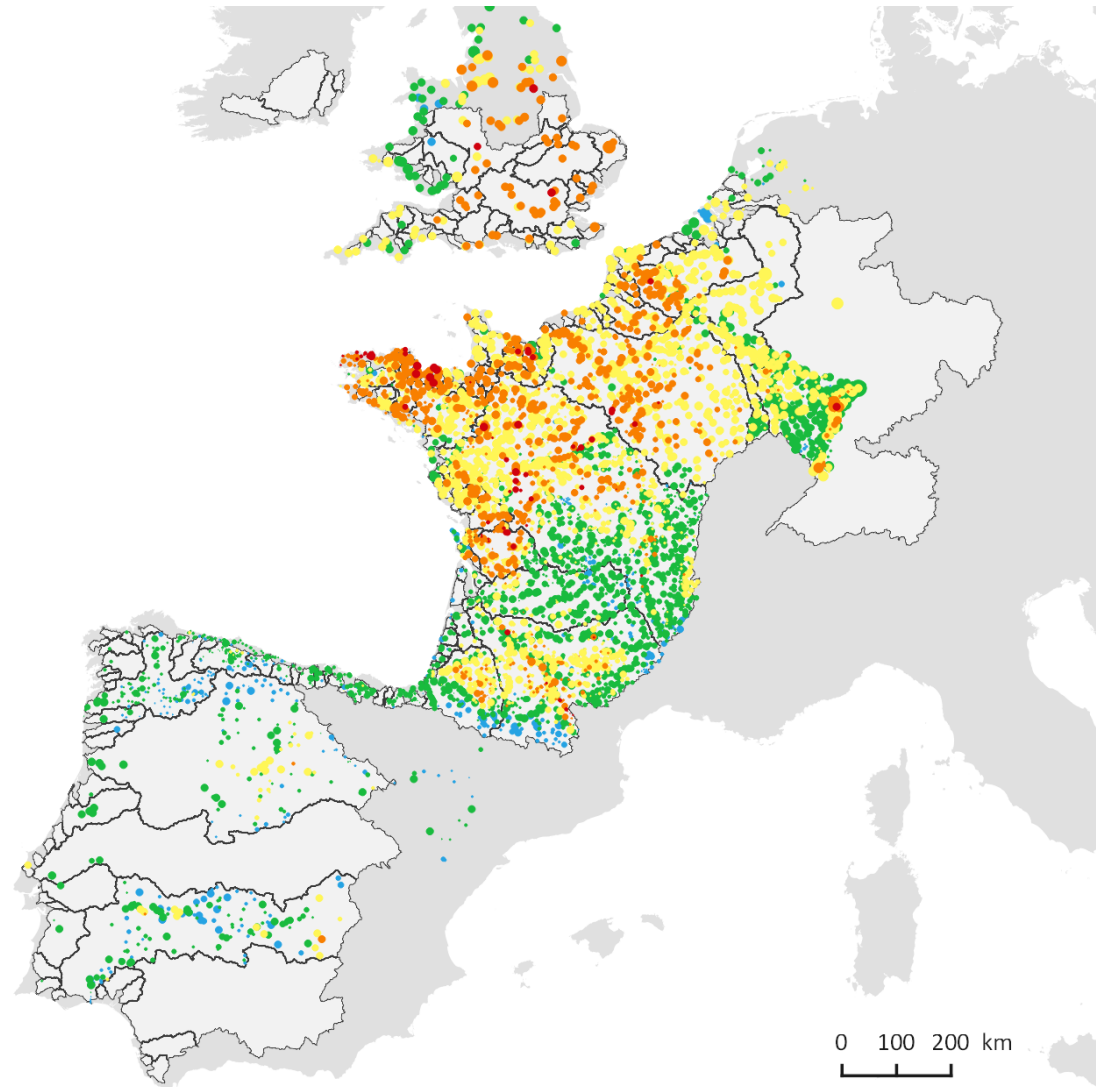
NO_3^- mgN.l⁻¹
moyennes 2000-2010

- très bonne (<0.45)
- bonne (0.45-2.25)
- moyenne (2.25-5.65)
- mauvaise (5.65-11.3)
- très mauvaise (>11.3)

Nb de stations de mesure :
~ 6 000

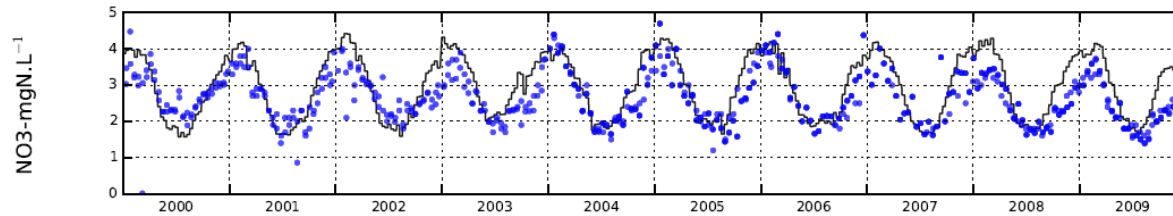
Nb de mesures :
~ 360 000

Sources :
DoNuts
CCM River and Catchment Database
© European Commission - JRC, 2007

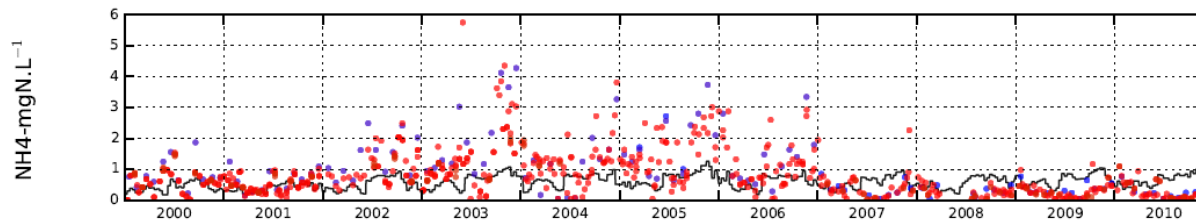


• pyNuts-Riverstrahler & DoNUTS

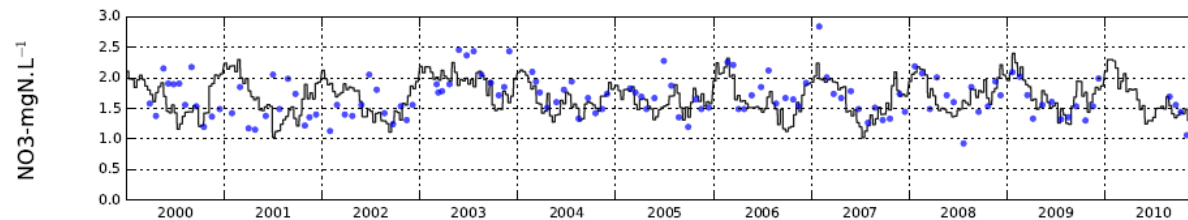
- Le Rhin, **NO3** (mgN.L-1) :



- La Seine, **NH4** (mgN.L-1) :

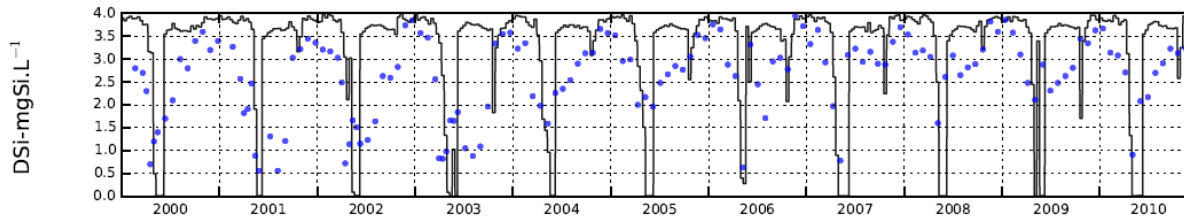


- La Dordogne, **NO3** (mgN.L-1) :

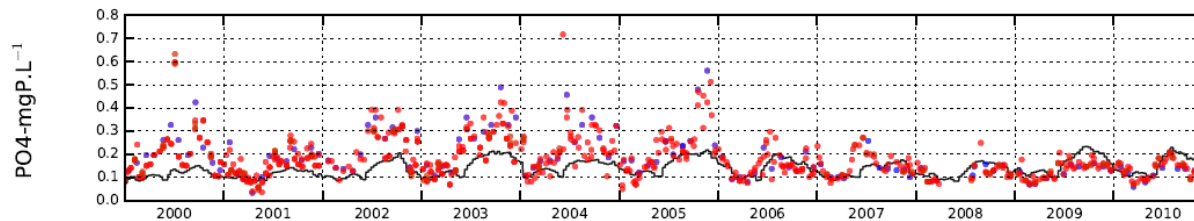


• pyNuts-Riverstrahler & DoNUTS

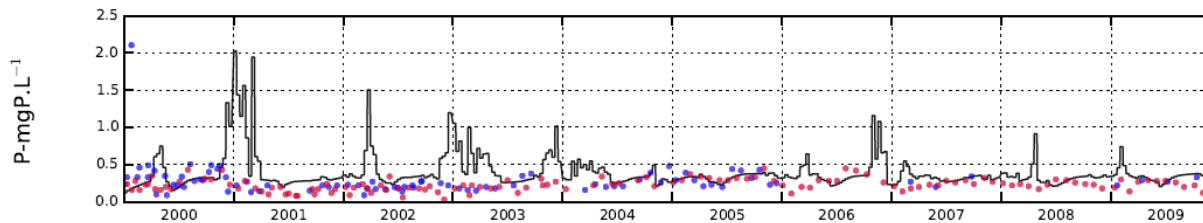
- La Meuse, **DSi** (mgSi.L-1) :



- La Seine, **PO4** (mgP.L-1) :



- Le Tajo, **total P** (mgP.L-1) :



• Intégration du continuum terre-mer

MIRO & CO
(ULB-MUMM)

ECO-MARS 3D
(IFREMER, FR)

MOHID-LIFE
(IMAR,PT)

EMoSEM Proj et Sea-ERA

Chlorophyll *a* P90
 $\mu\text{g Chl.l}^{-1}$



NO_3^- mgN.l^{-1}
2000-2010 annual averages

- very good (<0.45)
- good ($0.45-2.25$)
- medium ($2.25-5.65$)
- poor ($5.65-11.3$)
- very poor (>11.3)

0 100 200 km

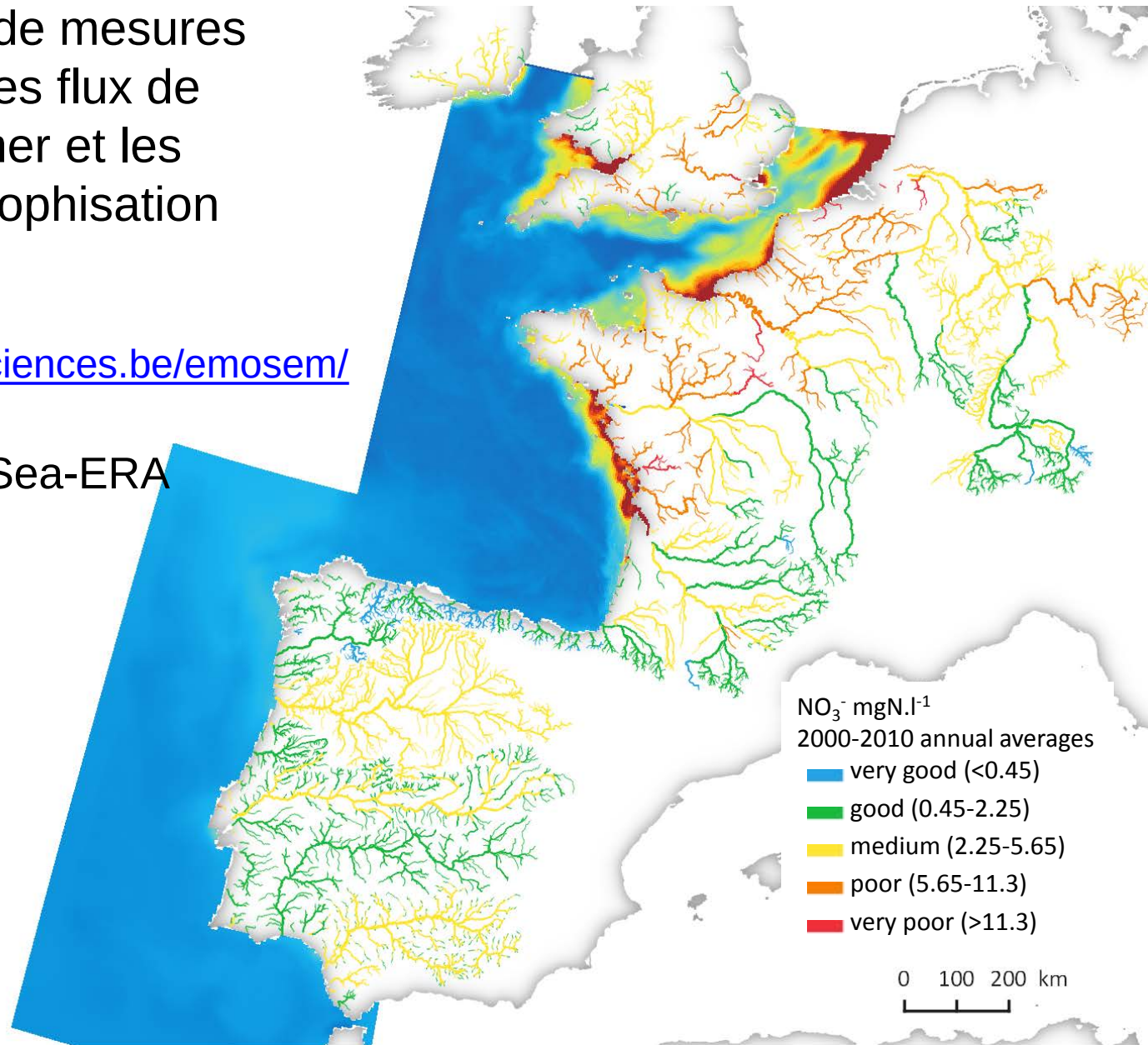
- Intégration du continuum terre-mer

➔ Evaluer l'impact de mesures visant à réduire les flux de nutriments à la mer et les problèmes d'eutrophisation associés

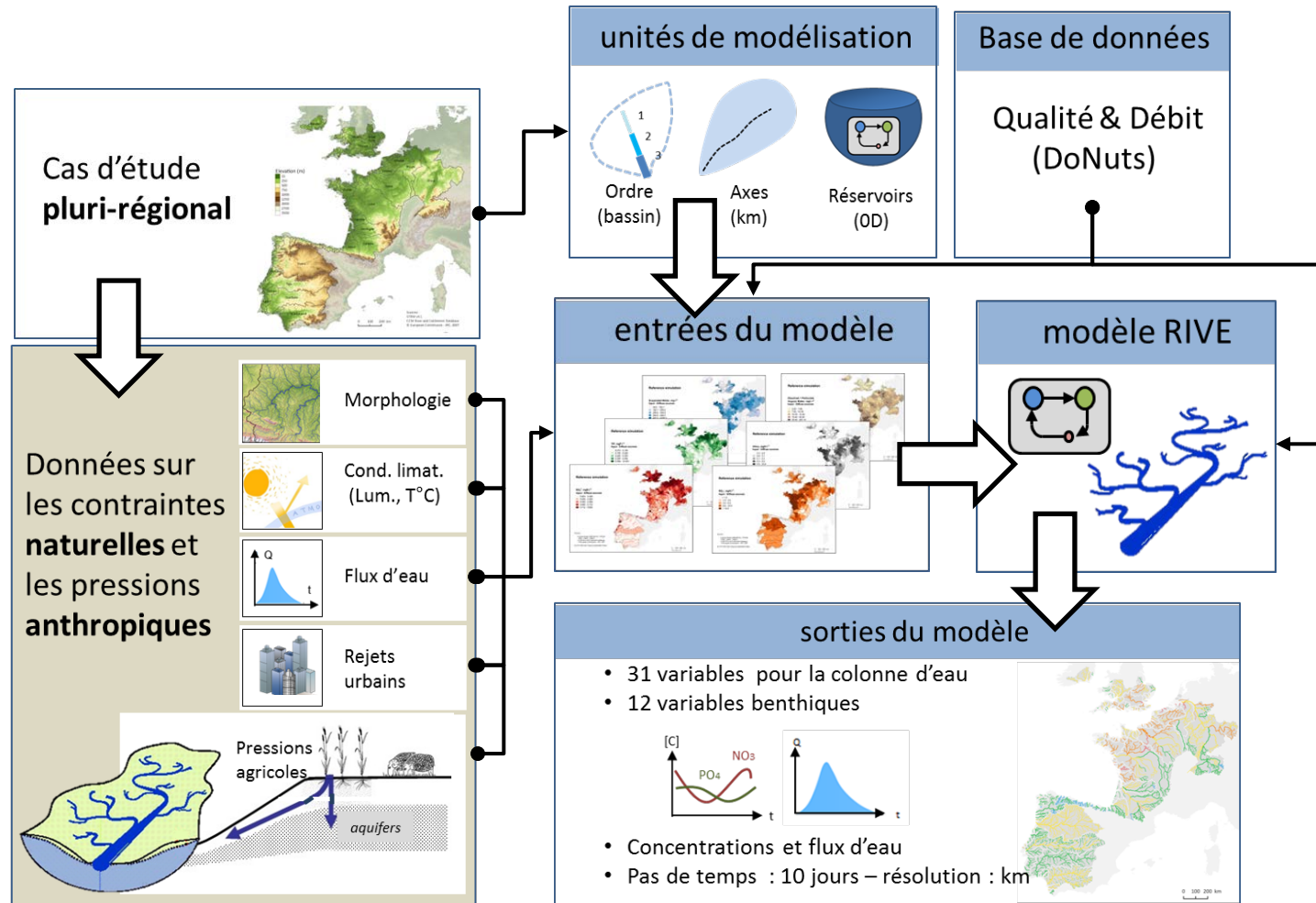
<http://odnature.naturalsciences.be/emosem/>

EMoSEM Projet Sea-ERA

Chlorophyll *a* P90
 $\mu\text{g Chl.l}^{-1}$



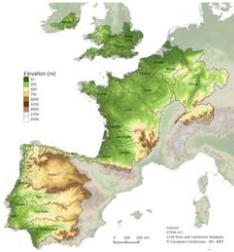
- Comment étendre l'approche générique RIVE au grands fleuves d'Europe ?



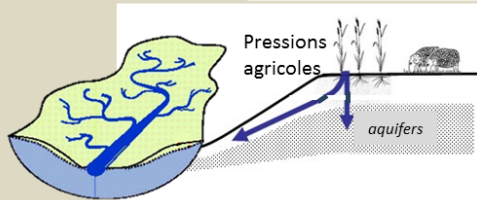
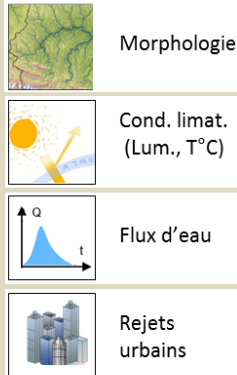
Plateforme PyNuts-Riverstrahler

• Plateforme PyNuts

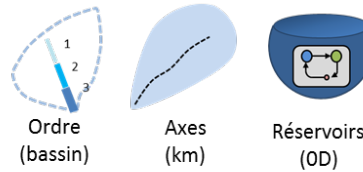
Cas d'étude pluri-régional



Données sur
les contraintes
naturelles et
les pressions
anthropiques



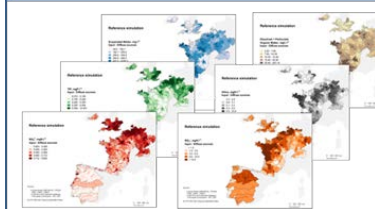
unités de modélisation



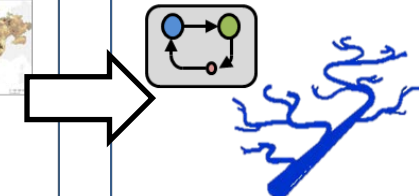
Base de données

Qualité & Débit
(DoNuts)

entrées du modèle

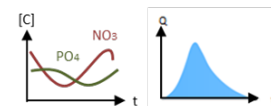


modèle RIVE



sorties du modèle

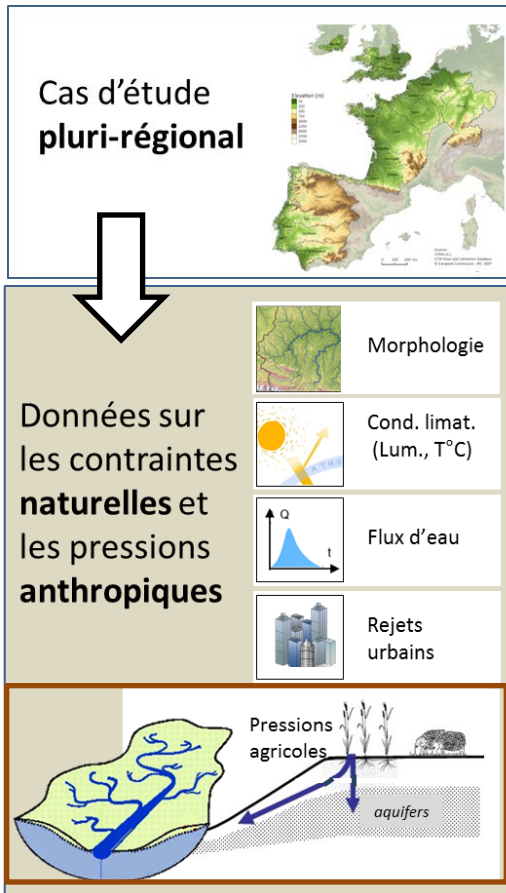
- 31 variables pour la colonne d'eau
- 12 variables benthiques



- Concentrations et flux d'eau
- Pas de temps : 10 jours – résolution : km

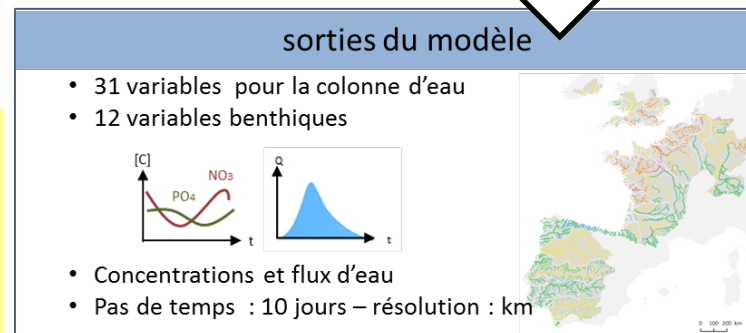
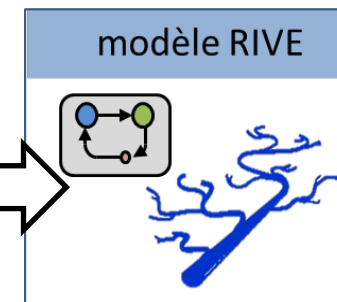
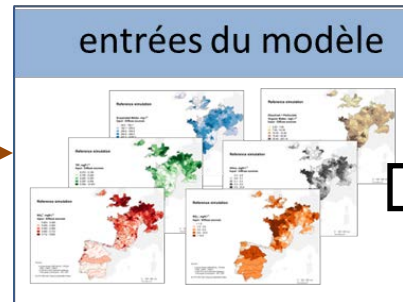
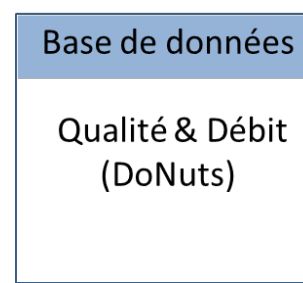
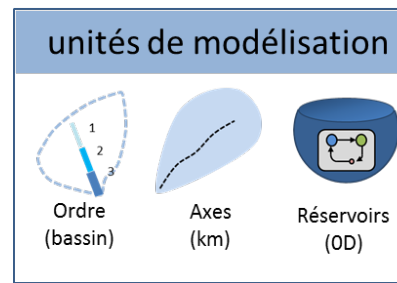


• Plateforme PyNuts



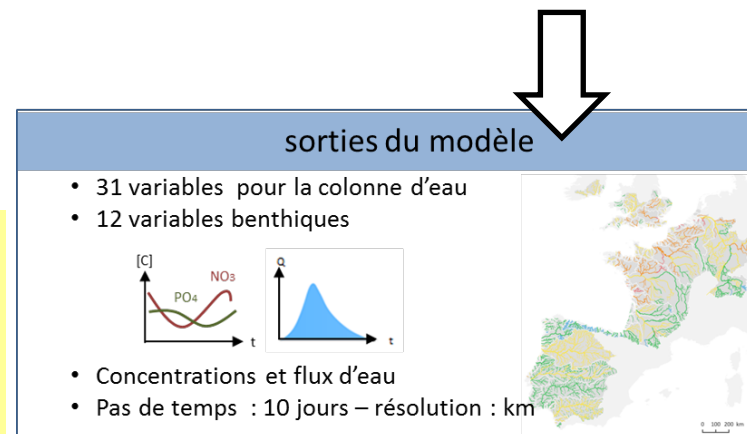
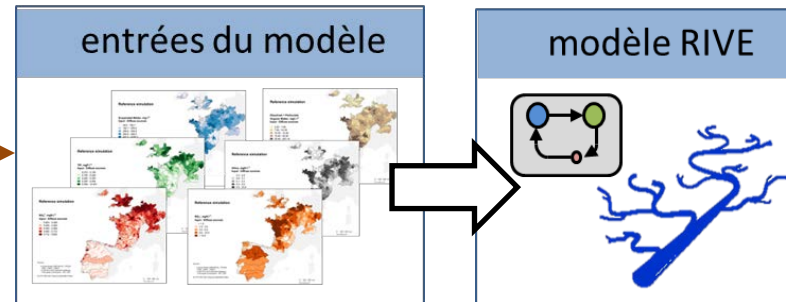
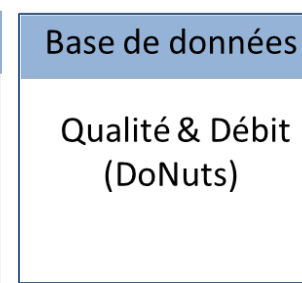
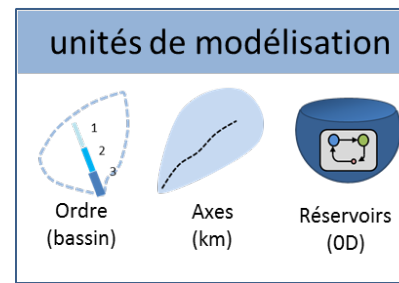
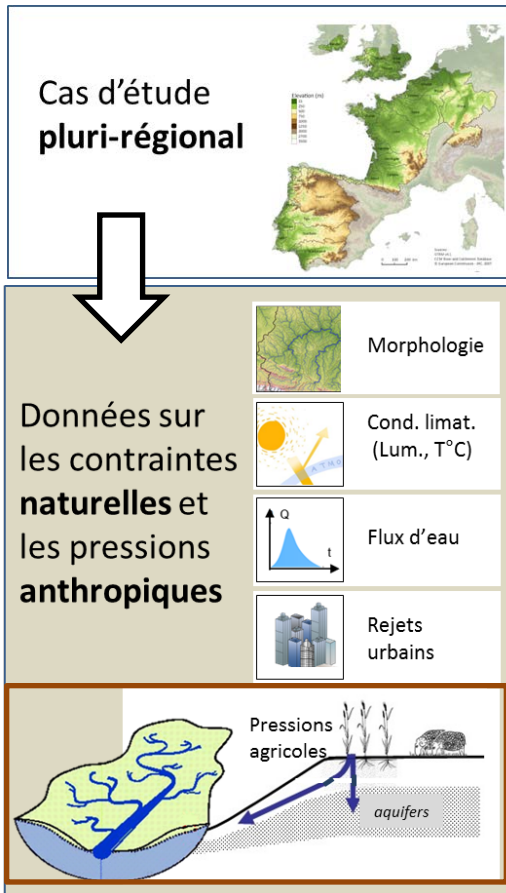
GRAFS

N fluxes



Generic Representation of Agro-Food Systems
Postdoc **L. Lasseletta**, 2014

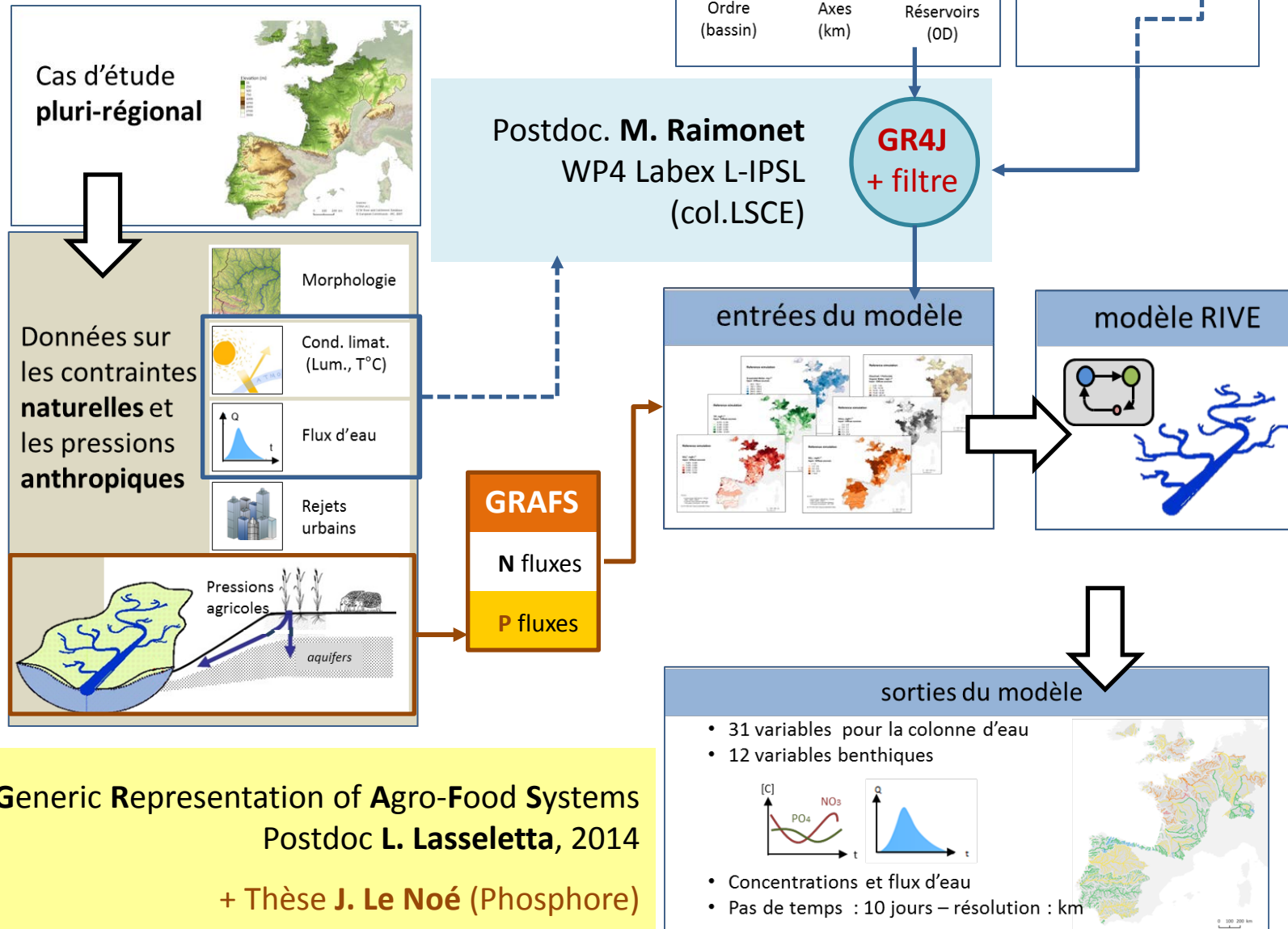
• Plateforme PyNuts



Generic Representation of **Agro-Food Systems**
Postdoc **L. Lasseletta**, 2014

+ Thèse **J. Le Noé** (Phosphore)

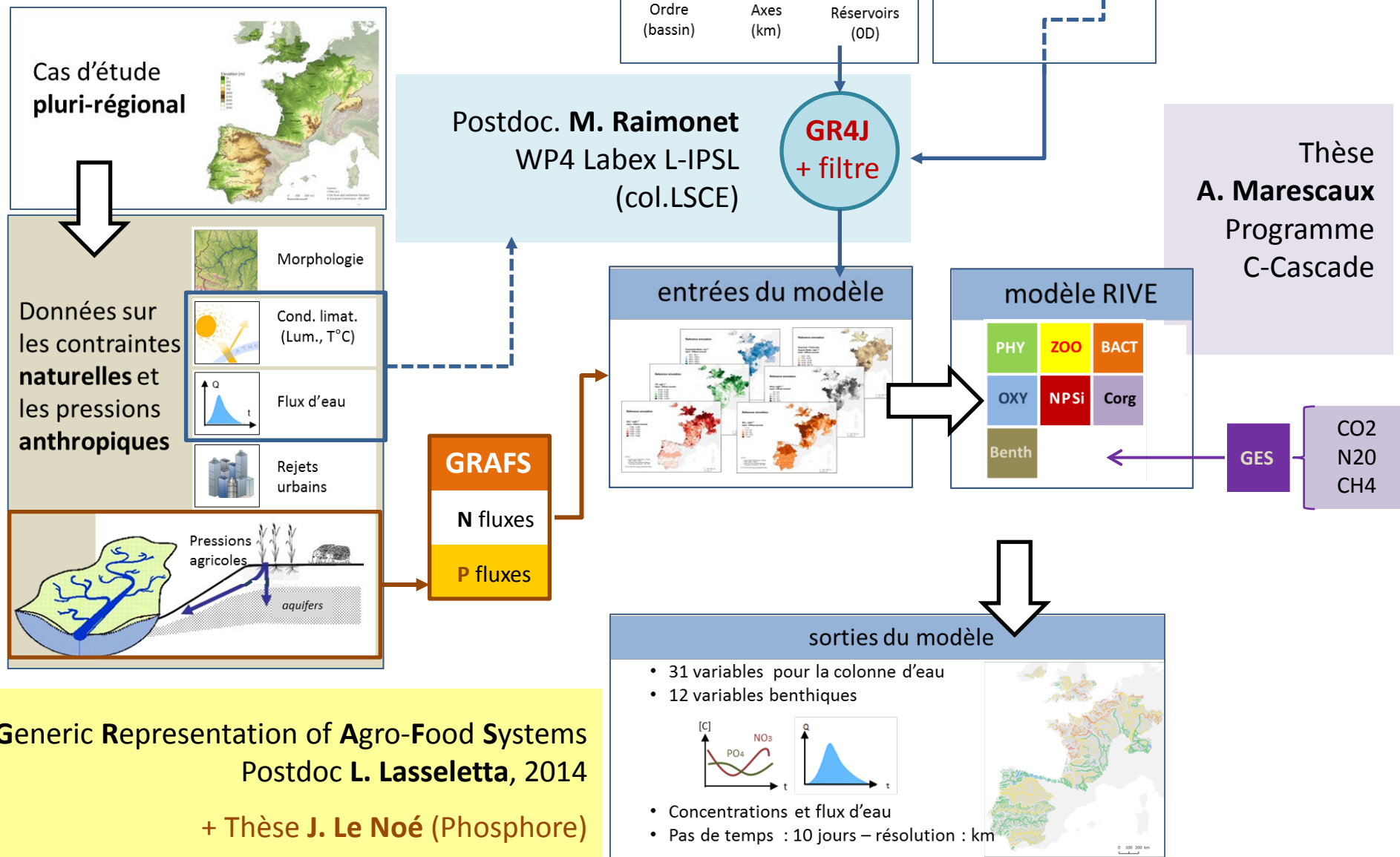
• Plateforme PyNuts



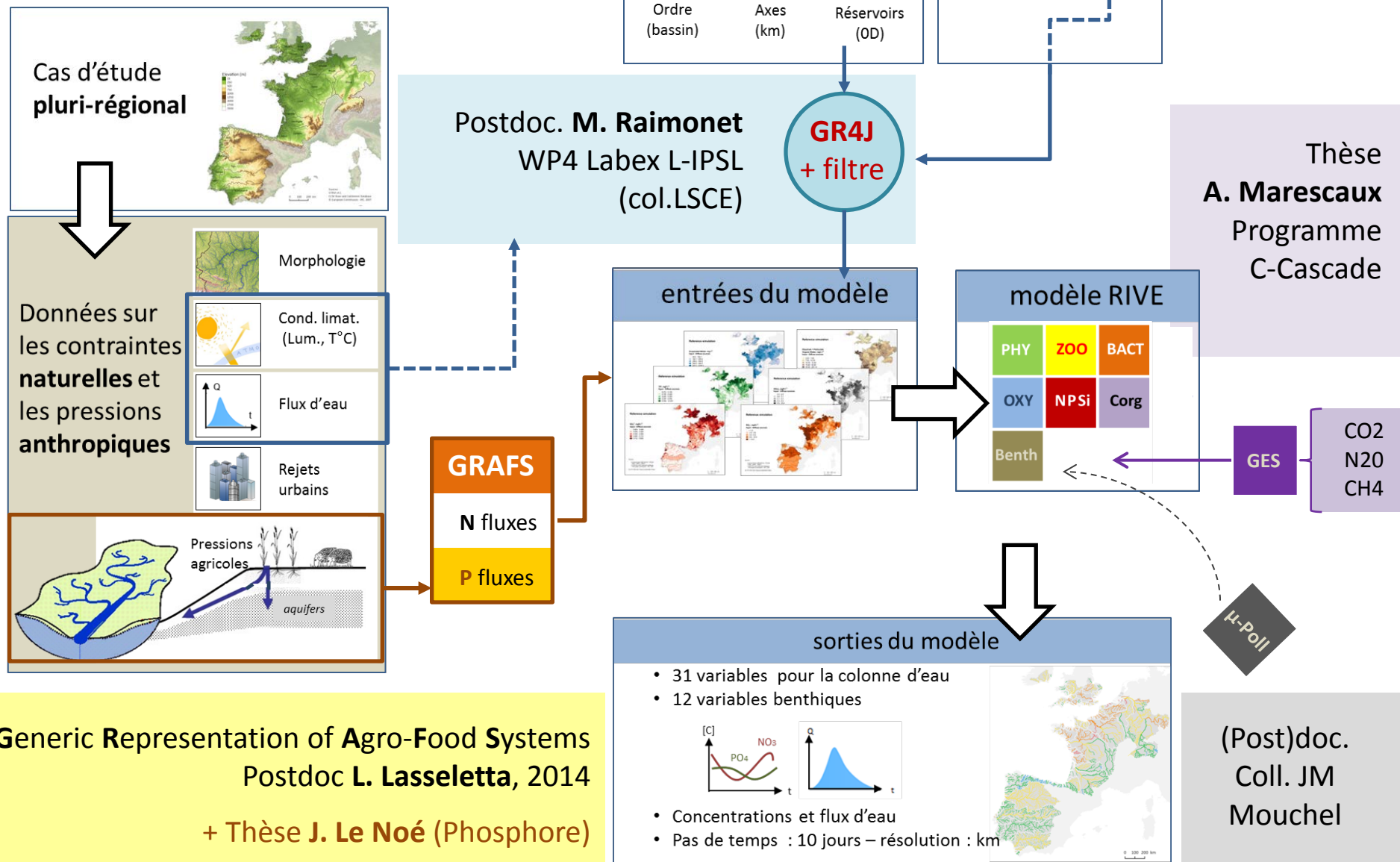
Generic Representation of Agro-Food Systems
Postdoc **L. Lasseletta**, 2014

+ Thèse **J. Le Noé** (Phosphore)

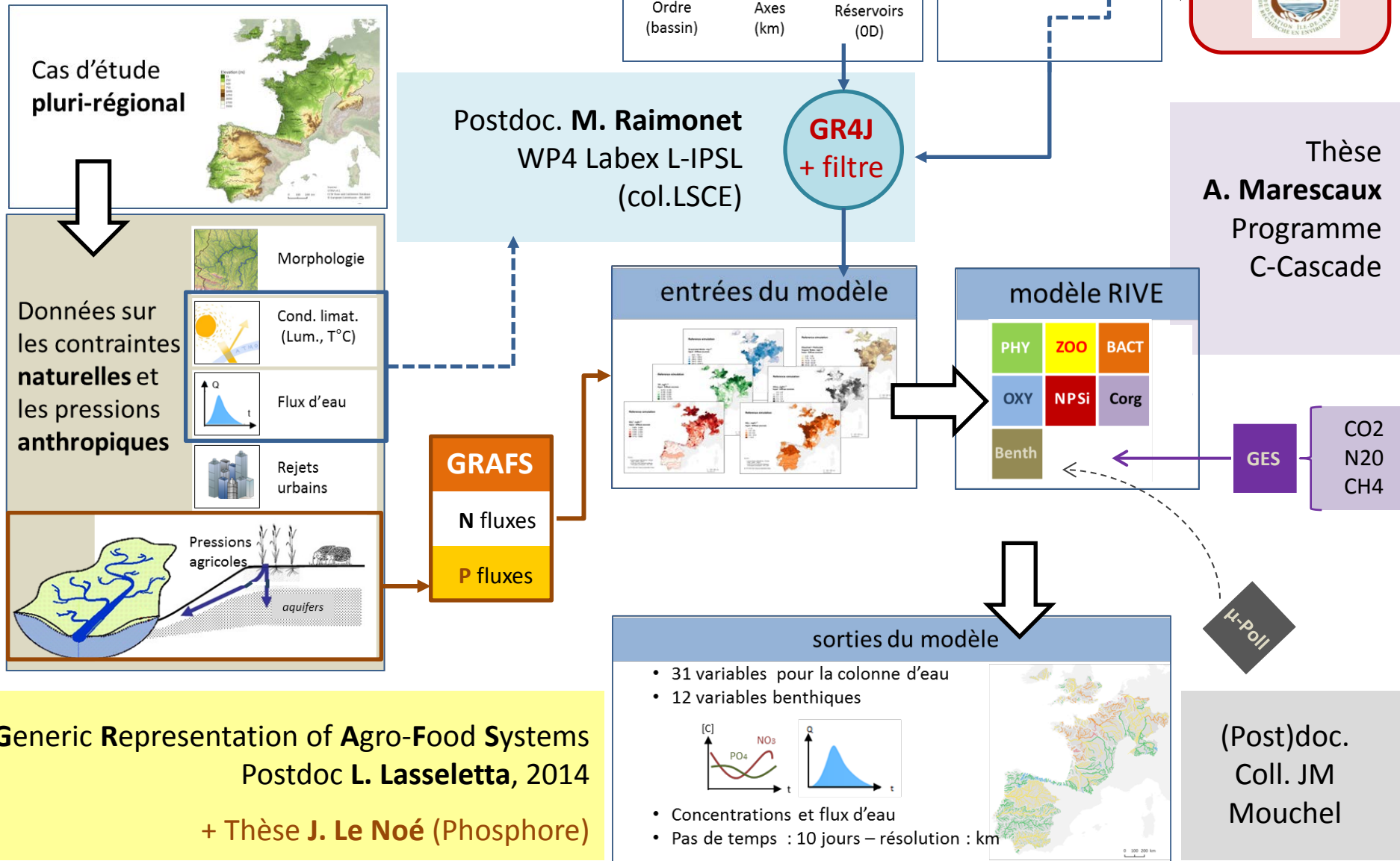
• Plateforme PyNuts



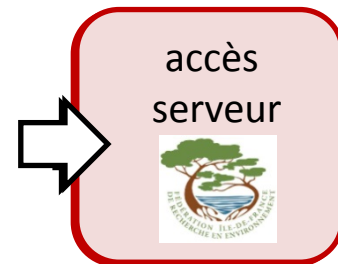
• Plateforme PyNuts



• Plateforme PyNuts



- La suite ...



- Présentation et formation **DoNuts**

- Organisation d'une (1/2) journée dans le cadre de la FIRE
 - Présentations des bases (données disponibles, structuration, etc ...)
 - Accès, extraction, export (etc ...)
 - Discussion autour du développement d'outils associés (interface, catalogage, viewer, plugging SIG)

- Ateliers modélisation **hydro-biogéo**

- 1 journée à METIS
 - Présentations des outils de modélisation hydro-biogéo
 - Discussions autour des choix de développements effectués (langage, stockage, versionning etc ...)
 - Collaborations et/ou partages possibles (expérience, code ...)



La plateforme de modélisation pyNuts-Riverstrahler

Première application continentale et perspectives

Thieu V., Silvestre M., Billen G., Garnier J., Passy P., Lassaletta L.

vincent.thieu@upmc.fr

