



Le cycle continental de l'azote et les grands fleuves du monde

Gilles Billen, Josette Garnier, Vincent Thieu, UMR Sisyphe, UPMC/CNRS, Paris

22^e Entretiens du Centre Jacques Cartier - Lyon, France
30 novembre - 1^{er} décembre 2009

Environnement Canada

UNIVERSITÉ DE LYON

Canada

agence de l'eau

Centre d'expertise en analyse environnementale Québec

GRAND LYON

GRIL Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

Rhône Alpes

Université de Montréal

Faculté des arts et des sciences Département de sciences biologiques

Compagnie Nationale du Rhône

Cemagref Sciences, eaux & territoires

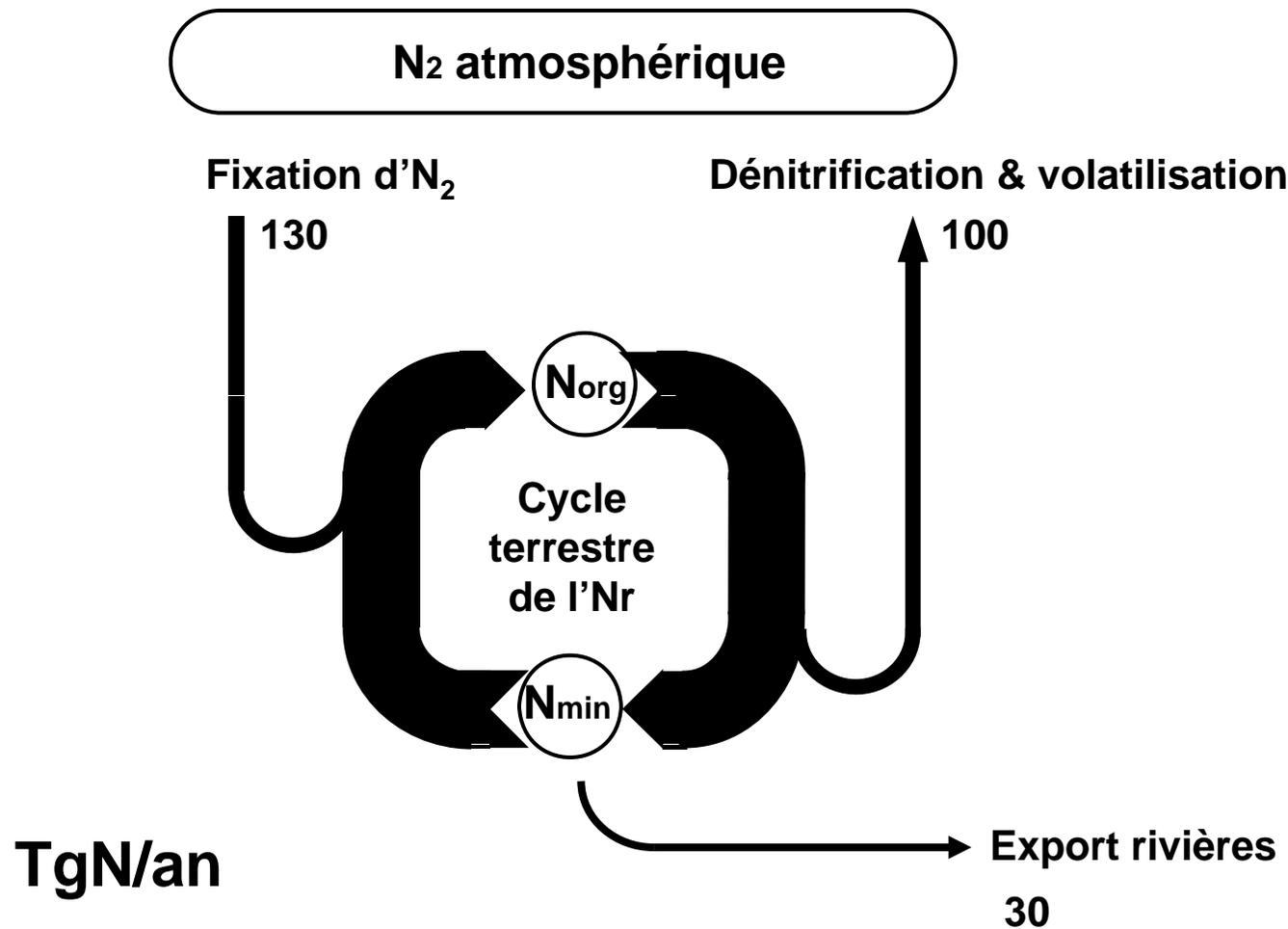
cnrs

EVS

ZABR

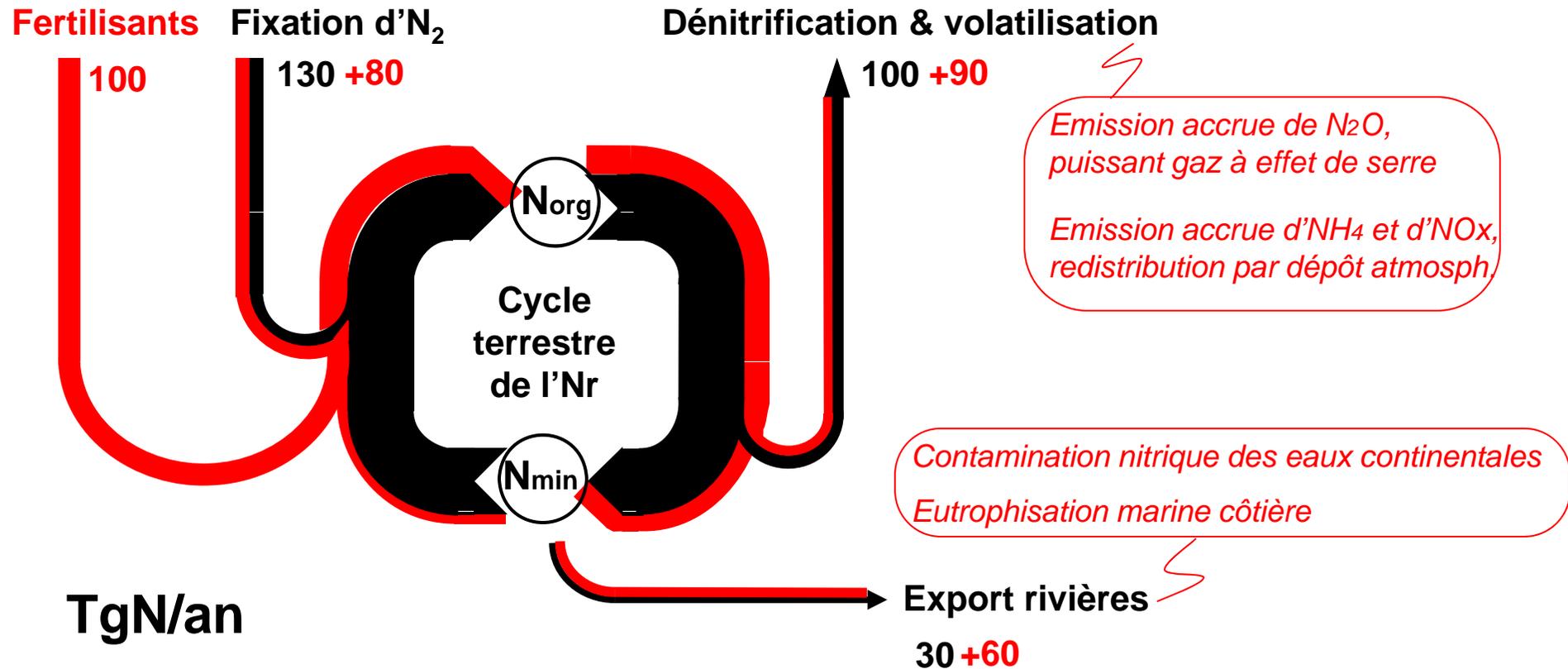


Le cycle de l'azote pré-anthropique: contrôle par la rareté



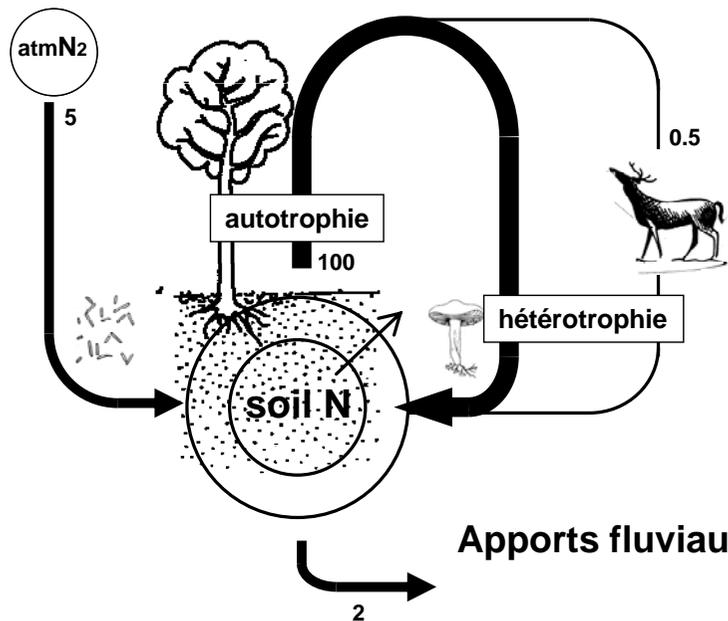
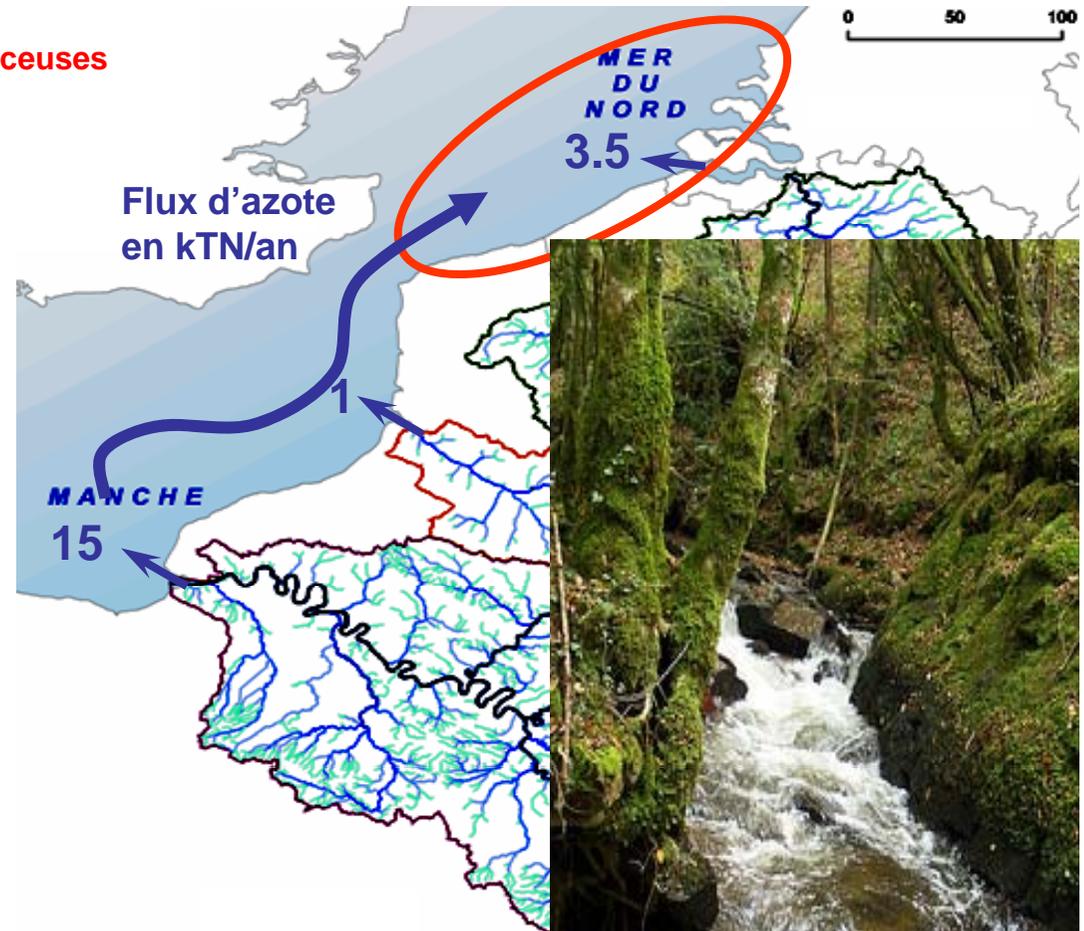
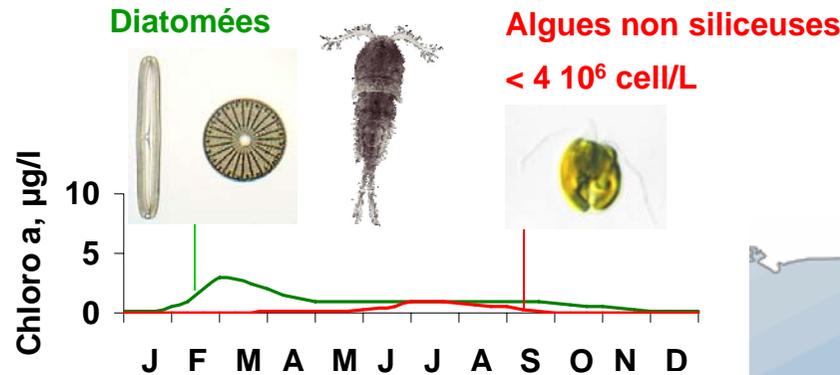
Le cycle de l'azote industriel: de la rareté à l'excès, le plus perturbé des cycles biogéochimiques globaux

N₂ atmosphérique

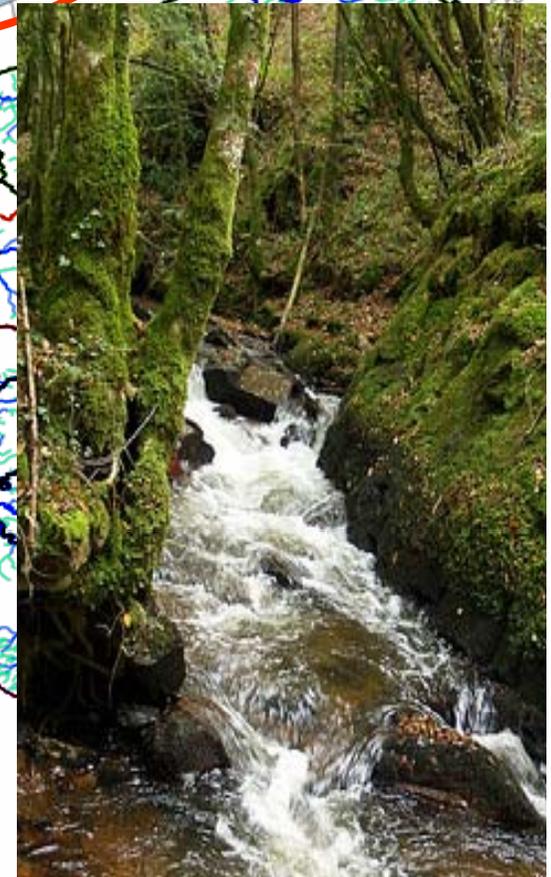


La Seine, la Somme, l'Escaut: et la Baie Sud de la Mer du Nord

Situation pré-anthropique



Apports fluviaux: 200 kgN/km²/an NO₃ < 2 mgN/l
1000 kgSi/km²/an

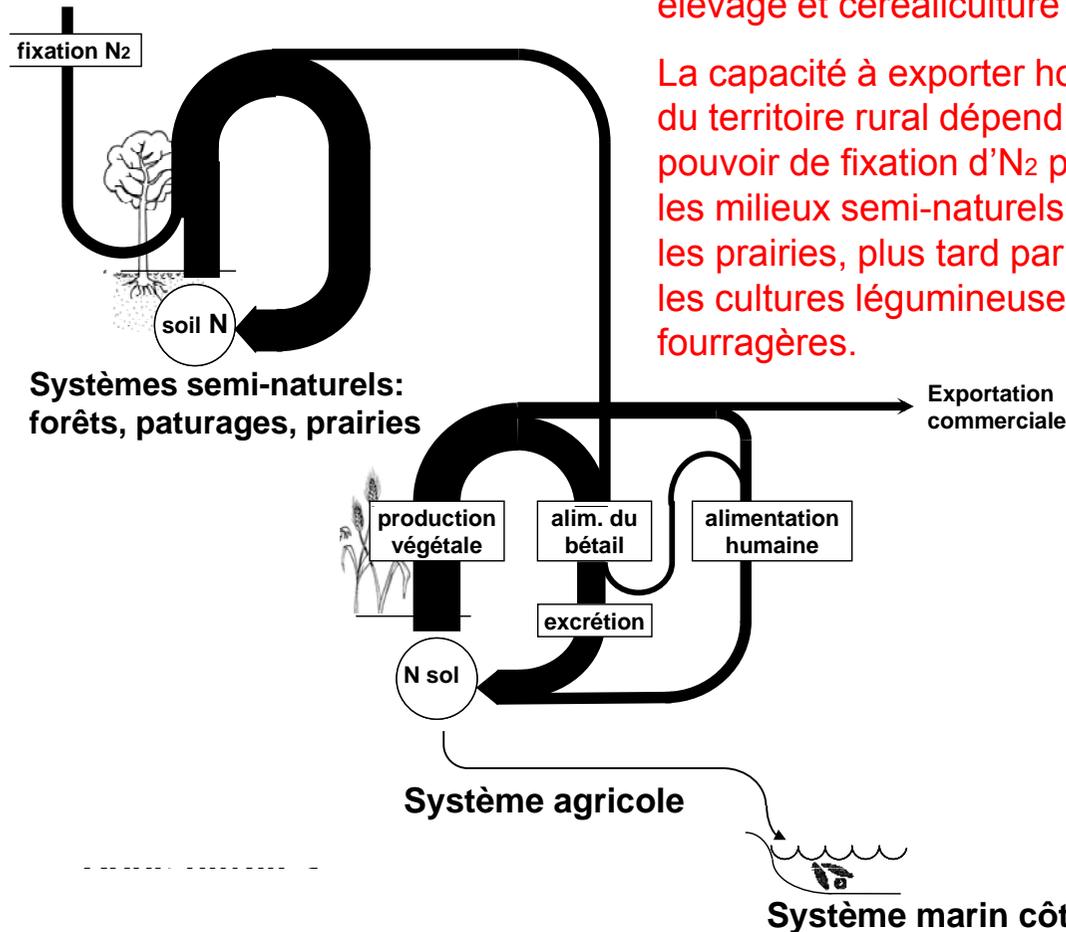


La Seine, la Somme, l'Escaut: et la Baie Sud de la Mer du Nord

L'agriculture traditionnelle

Basée sur l'association
élevage et céréaliculture

La capacité à exporter hors
du territoire rural dépend du
pouvoir de fixation d' N_2 par
les milieux semi-naturels et
les prairies, plus tard par
les cultures légumineuses
fourragères.

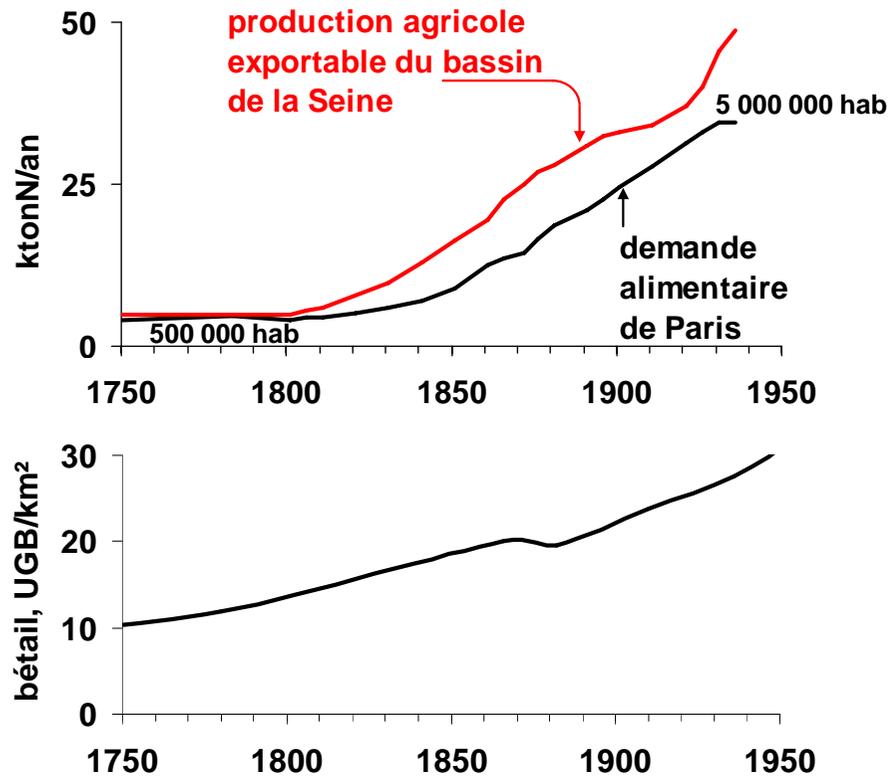


Apports fluviaux: 300 kgN/km²/an $NO_3 < 3$ mgN/l

La Seine, la Somme, l'Escaut: et la Baie Sud de la Mer du Nord

L'agriculture traditionnelle

Jusqu'au début du XXe s, l'agriculture traditionnelle s'adapte à l'accroissement de la demande alimentaire urbaine principalement par l'accroissement et l'amélioration de la gestion du cheptel.



$\text{NO}_3 < 3 \text{ mgN/l}$



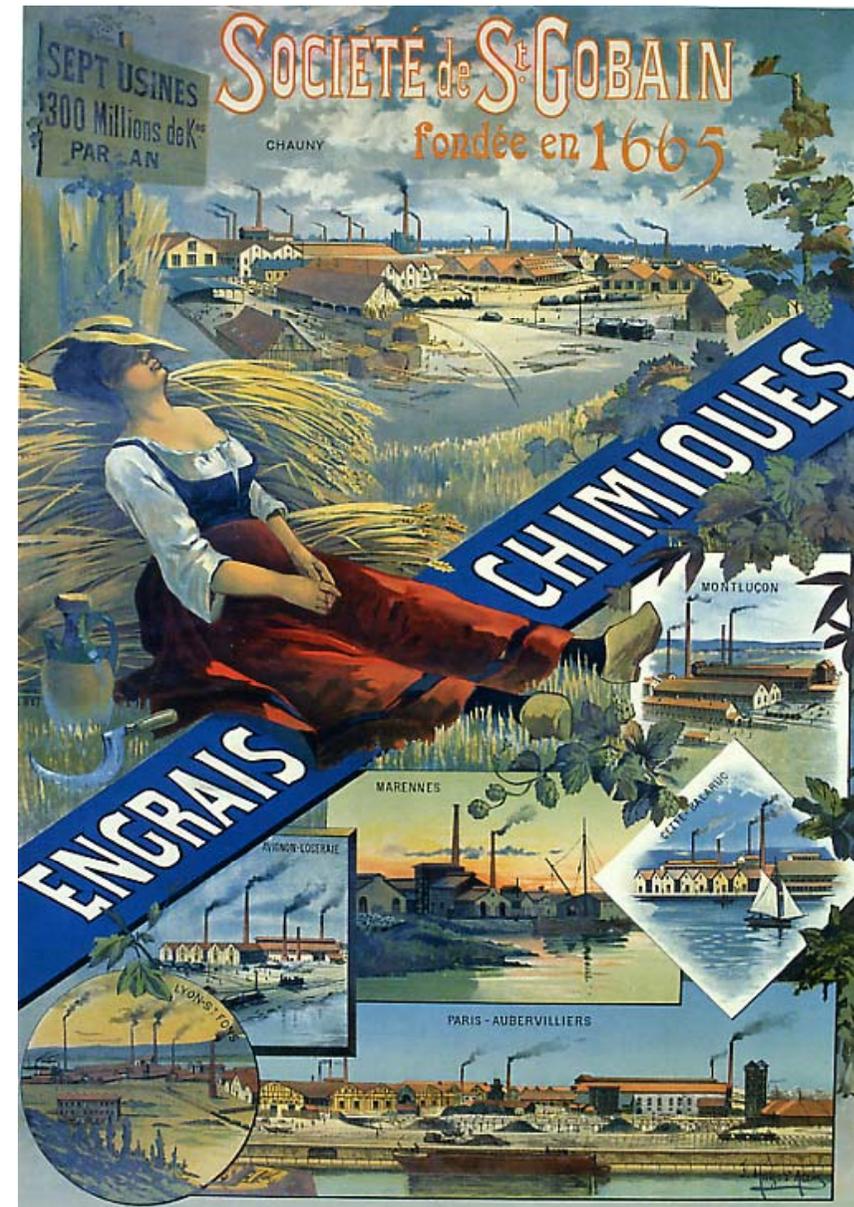
La Seine, la Somme, l'Escaut: et la Baie Sud de la Mer du Nord

L'agriculture industrielle

1913:
procédé Haber-Bosch
fixation industrielle de
l'azote atmosphérique



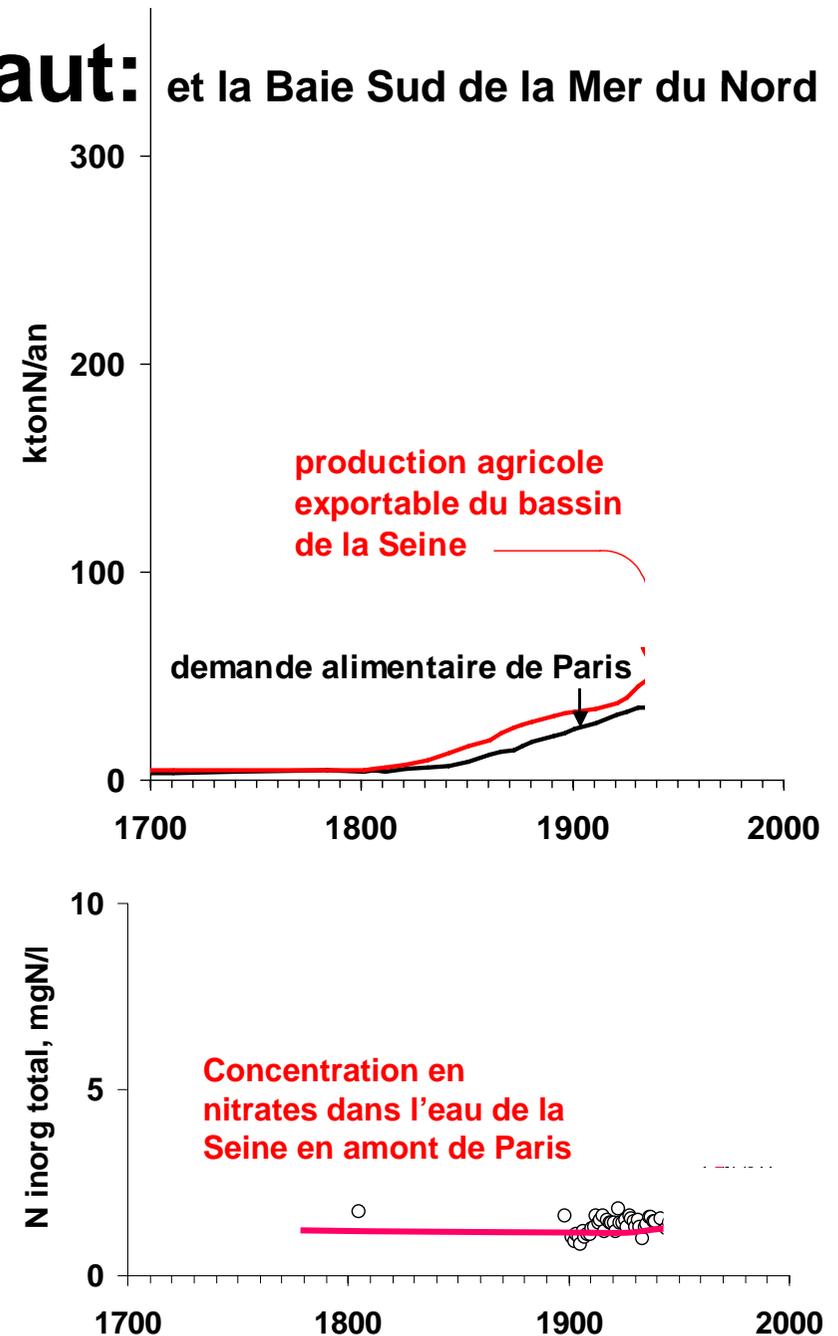
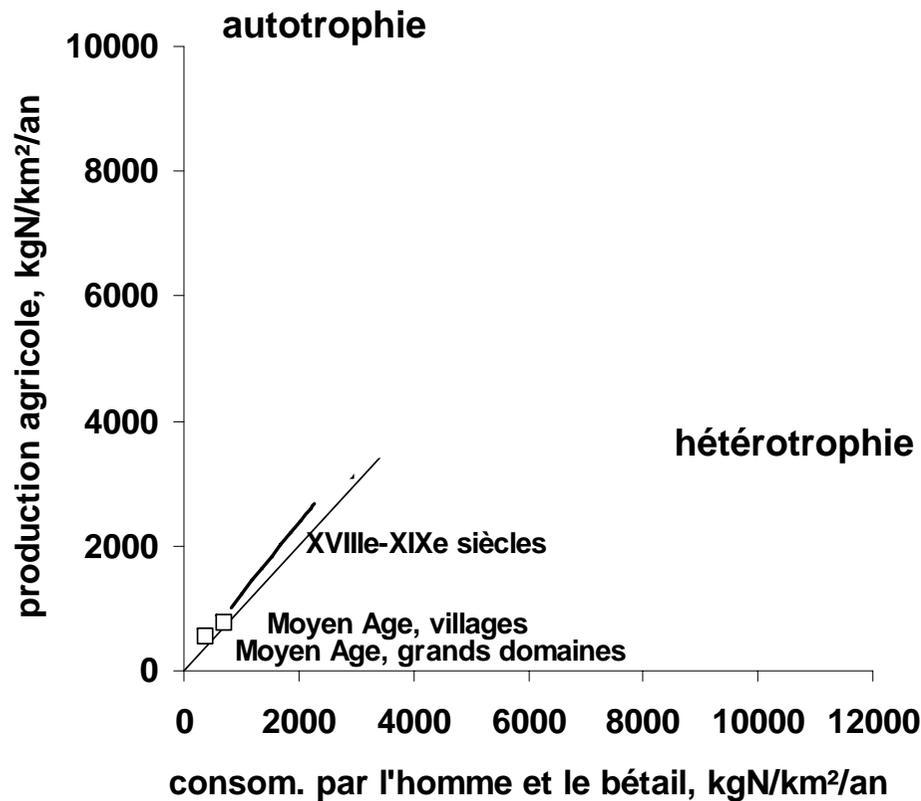
A partir de 1960, le recours aux engrais azotés de synthèse, se généralise, et rend possible une simplification radicale de l'agriculture, qui s'affranchit de la complémentarité avec l'élevage.



La Seine, la Somme, l'Escaut: et la Baie Sud de la Mer du Nord

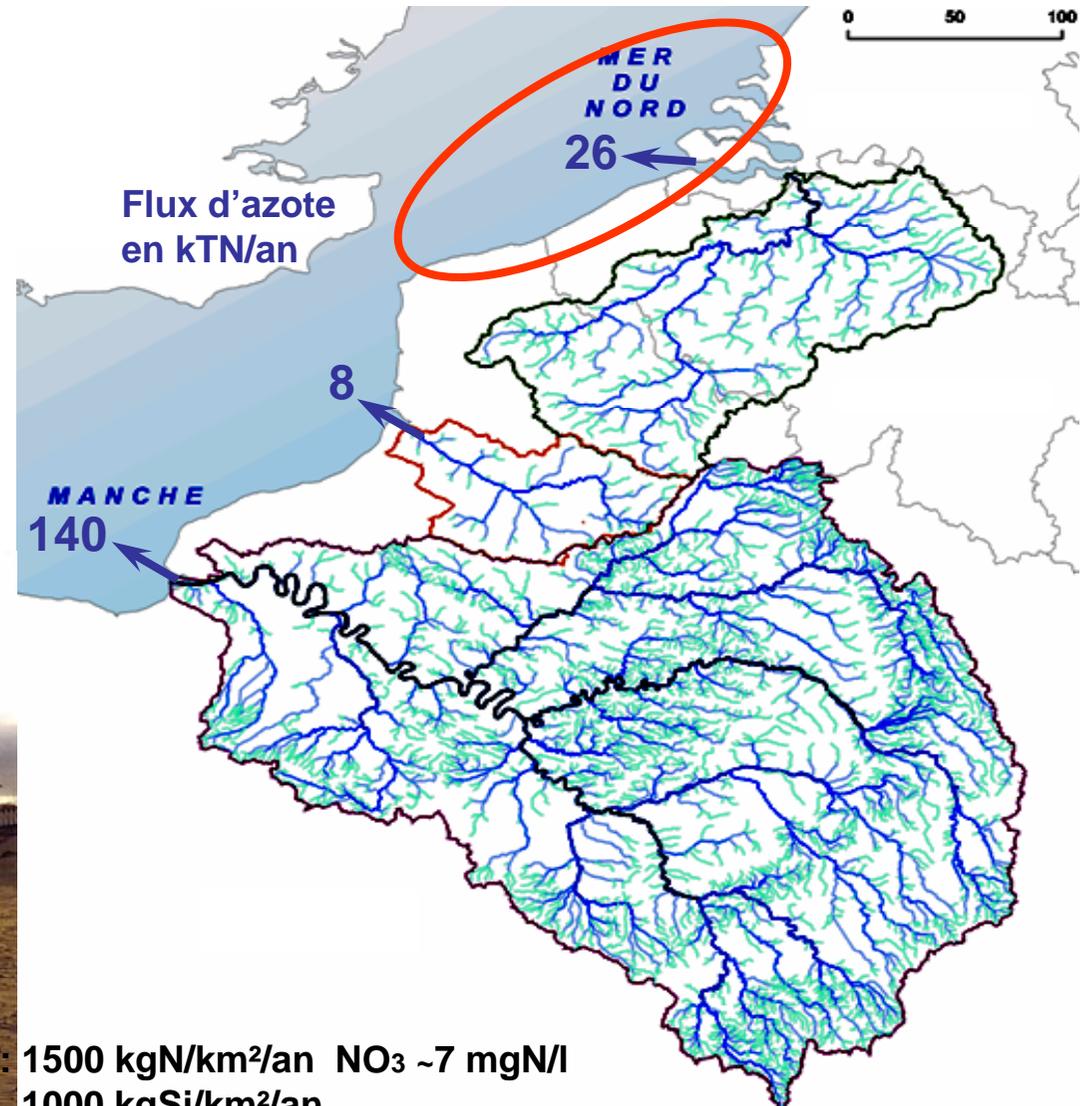
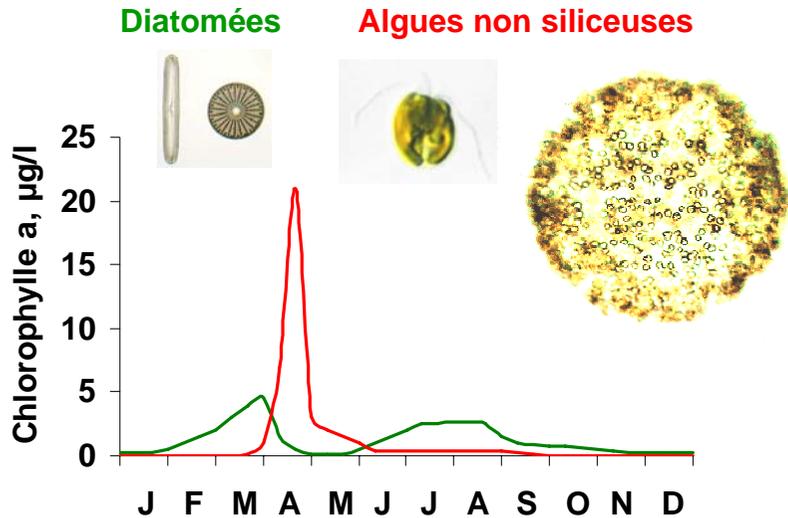
L'agriculture industrielle

Spécialisation des territoires
Ouverture du cycle de l'azote



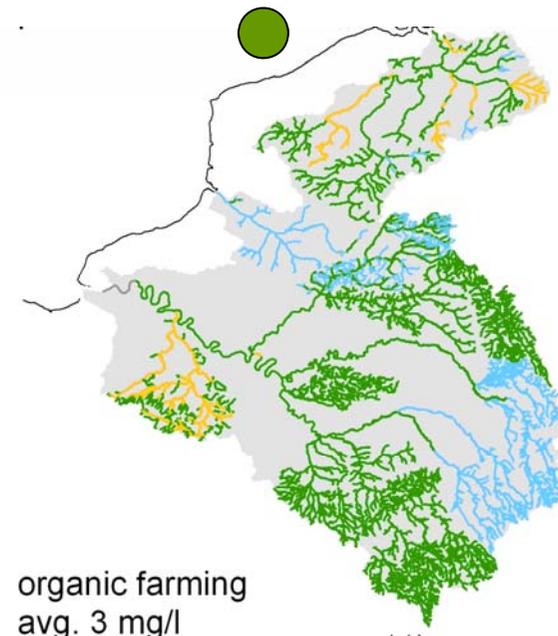
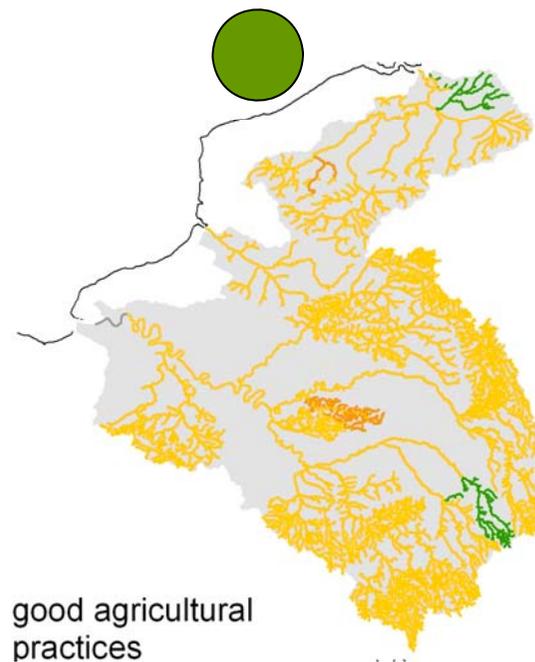
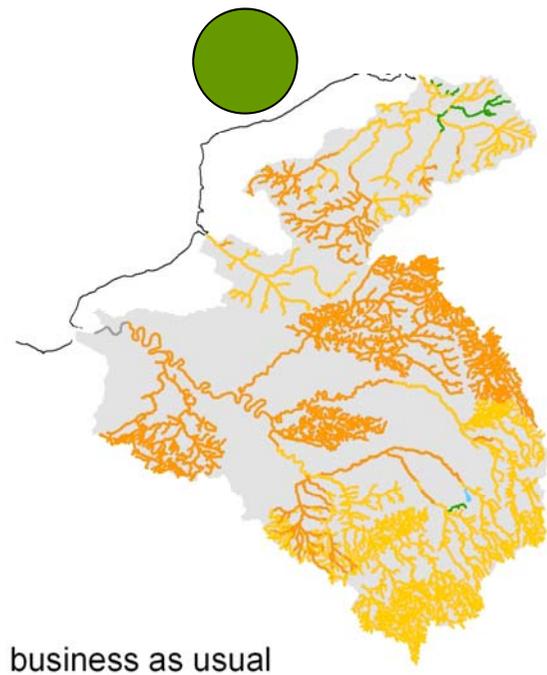
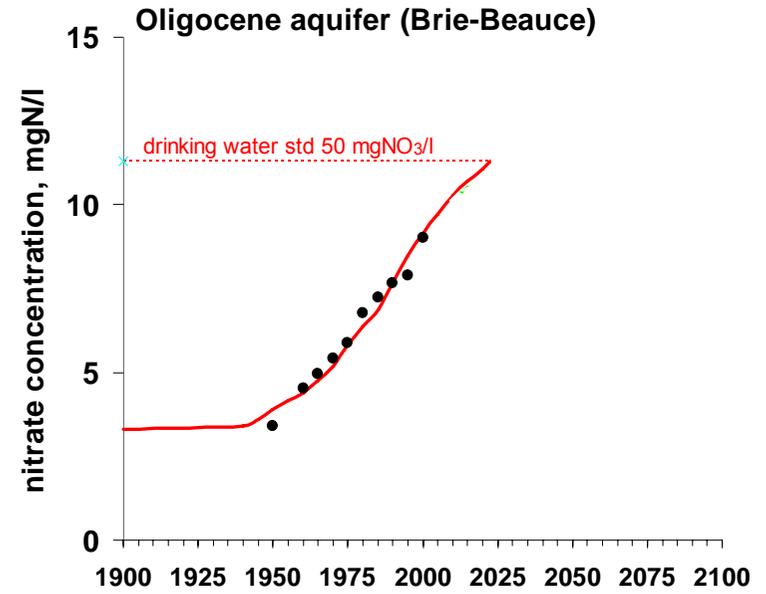
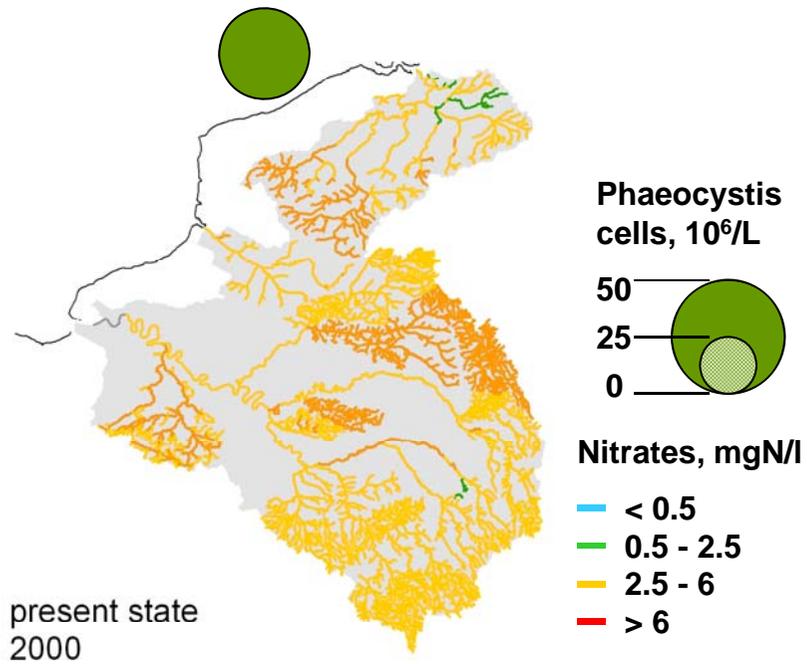
La Seine, la Somme, l'Escaut et la Baie Sud de la Mer du Nord

Eutrophisation



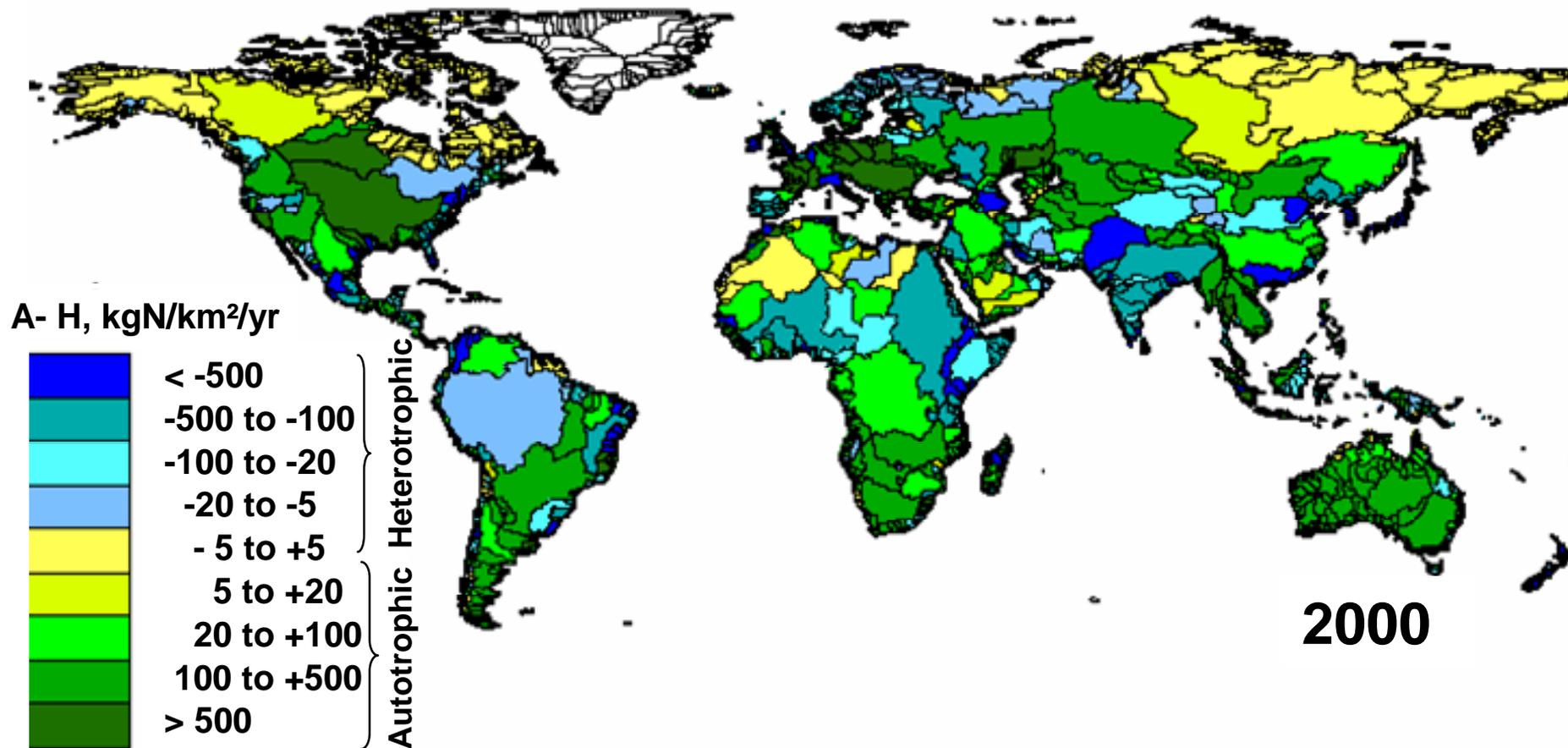
Apports fluviaux: 1500 kgN/km²/an NO₃ ~7 mgN/l
1000 kgSi/km²/an

Analyse de scenarios Thieu et al., 2009; Lancelot et al., subm



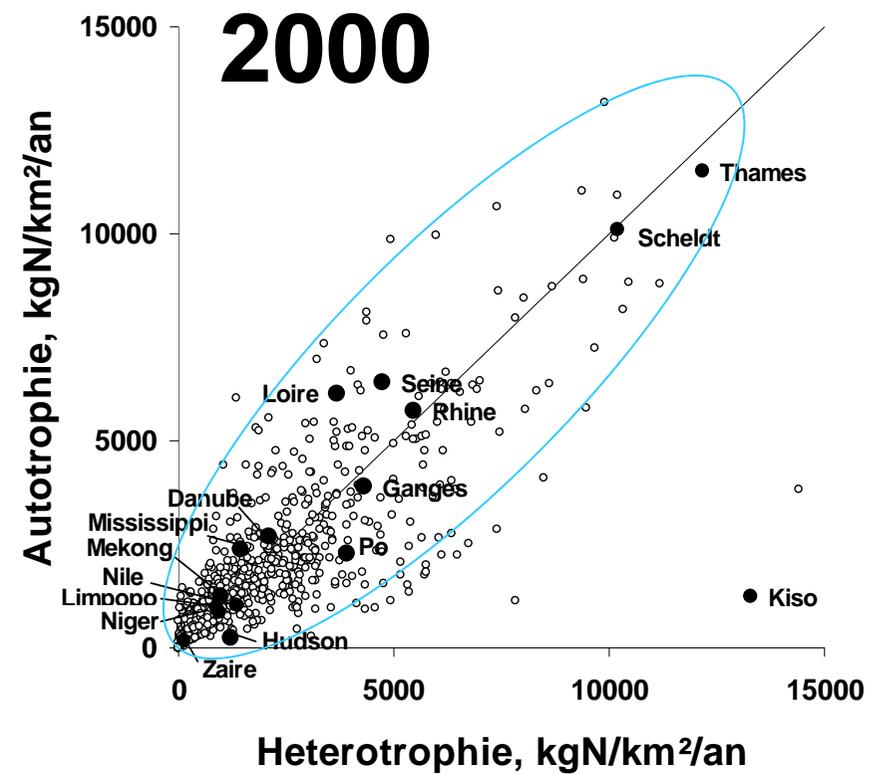
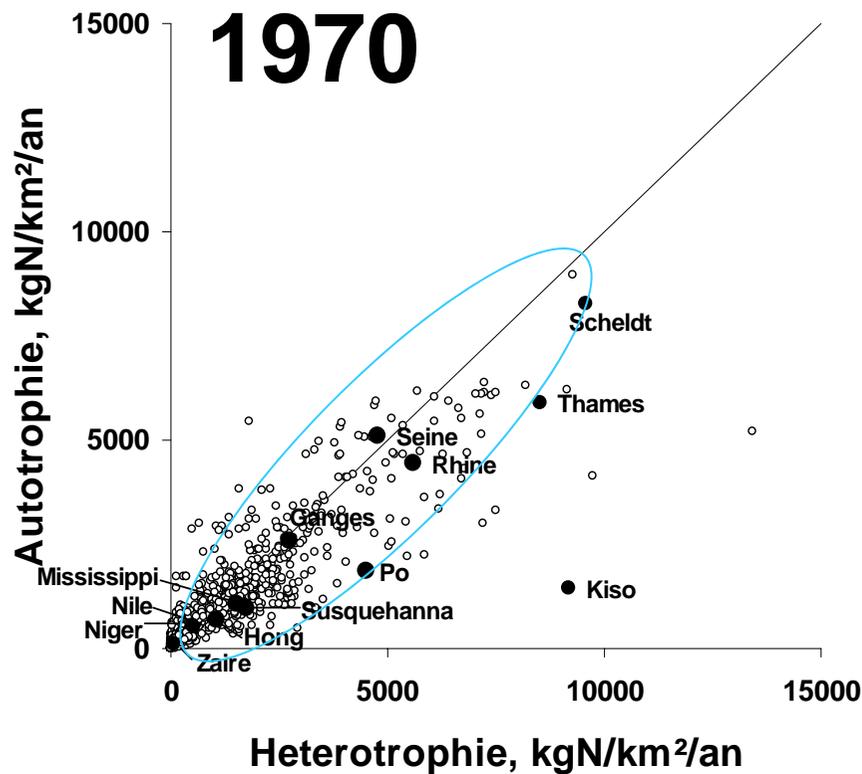
Les Fleuves du monde

base de données mondiales rassemblée par GlobalNEWS (UNESCO/IOC)



Les Fleuves du monde

1970-2000: Une même tendance à l'ouverture des cycles

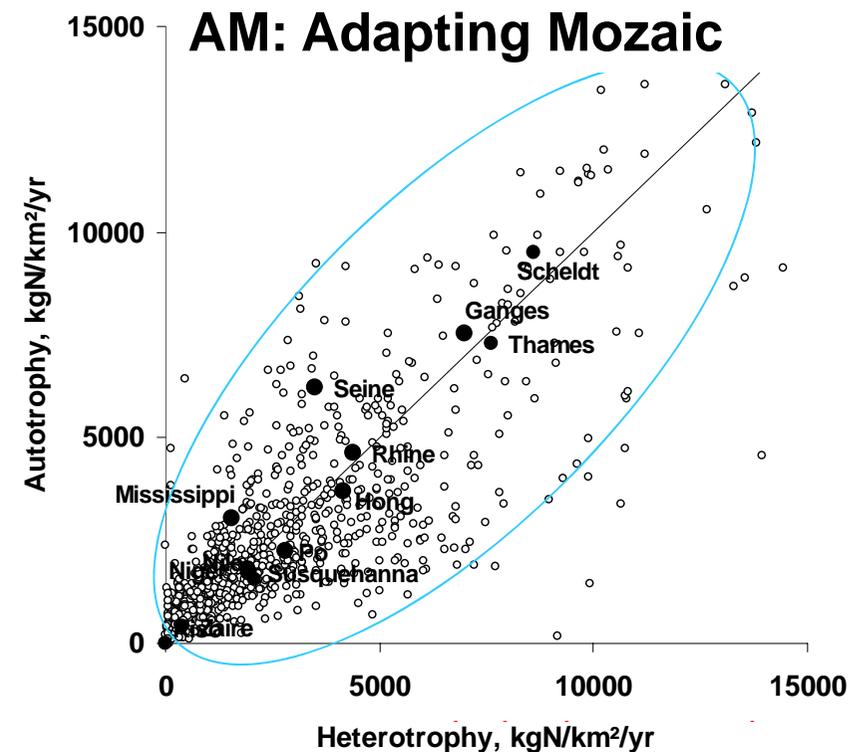
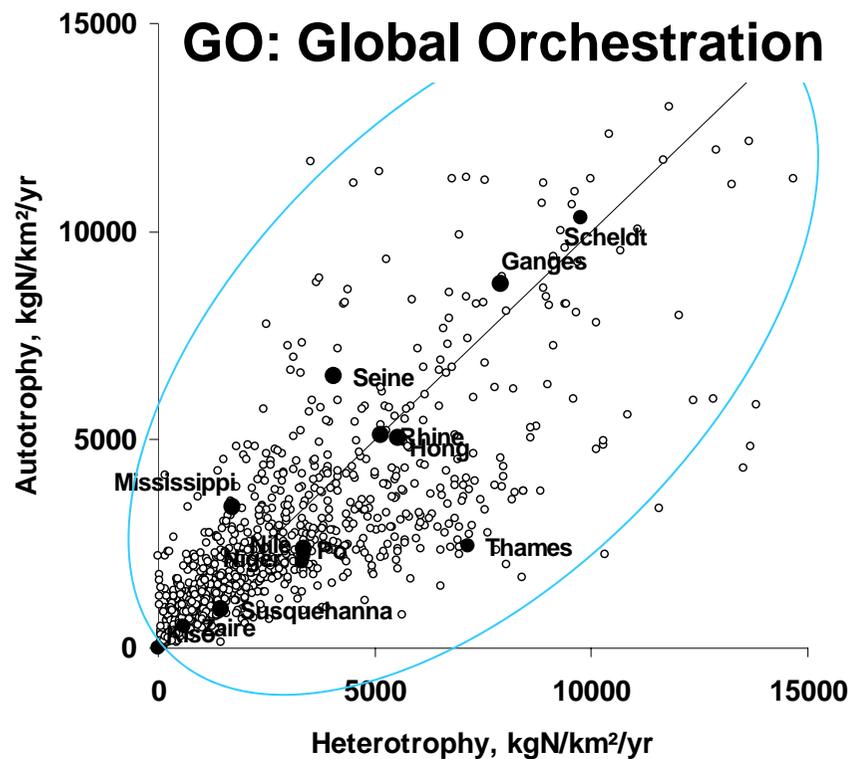


Commerce ($\frac{1}{2} \Sigma |A-H|$) 11 TgN/an
 Flux N à la mer: 37 TgN/an

Commerce ($\frac{1}{2} \Sigma |A-H|$) 17 TgN/an
 Flux d'N à la mer: 43 TgN/an

Les Fleuves du monde

2050: Les scénarios du Millenium Ecosystem Assessment



Commerce ($\frac{1}{2} \Sigma |A-H|$) 33 TgN/an

Flux N à la mer: 50 TgN/an

Commerce ($\frac{1}{2} \Sigma |A-H|$) 26 TgN/an

Flux d'N à la mer: 42 TgN/an



Merci de votre attention !

Billen, G., Thieu, V., Garnier, J., Silvestre, M. (2009). Modelling the N cascade in regional watersheds: the case study of the Seine, Somme and Scheldt rivers. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 133: 234-246

Billen, G., Barles S, Garnier J, Rouillard J. and Benoit P (2009) .The Food-Print of Paris: Long term Reconstruction of the Nitrogen Flows imported to the City from its Rural Hinterland. *Regional Environmental Change* 9: 13-24 DOI 10.1007/s10113-008-0051-y

Billen, G., Beusen, A., Bouwman, L., Garnier, J. (subm) Nitrogen autotrophy and heterotrophy of world watersheds: present, past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles*. submitted

Bouwman, A. F., A. H. W. Beusen, and G. Billen (2009), Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970-2050, *Global Biogeochem. Cycles*, doi:10.1029/2009GB003576, in press.

Garnier J., Beusen A., Thieu V., Billen G., Bouwman L. (2009, on line). N:P:Si nutrient export ratios and ecological consequences in coastal seas evaluated by the ICEP approach. *Global Biogeochemical Cycles*.

Lancelot C., Gypens N., Billen G., Garnier J., and Roubeix V., 2007. Testing an integrated river–ocean mathematical tool for linking marine eutrophication to land use: The Phaeocystis-dominated Belgian coastal zone (Southern North Sea) over the past 50 years. *Journal of Marine System*, 64: 216-228

Seitzinger S.P., Mayorga E., Kroeze C., Bouwman A.F., Beusen A.H.W., Billen G., Van Drecht G., Dumont E., Fekete B.M., Garnier J., J.A. Harrison. (2009, on line). Global River Nutrient Export Trajectories 1970-2050: A Millennium Ecosystem Assessment Scenario Analysis. *Global Biogeochemical Cycles*.

Thieu, V., G. Billen, and J. Garnier (2009), Nutrient transfer in three contrasting NW European watersheds: The Seine, Somme, and Scheldt Rivers. A comparative application of the Seneque/Riverstrahler model. *Water Research*, 43, 1740-1748.

Thieu, V., Garnier, J., Billen, G. (in press). Assessing the effect of nutrient mitigation measures in the watersheds of the Southern Bight of the North Sea. *Science of the Total environment*. (in press)

