

Figure I.1 : Taille des différents réservoirs d'azote sur Terre exprimée en Tg (données d'après Johnson et Goldblatt, 2015)

| Réservoir | Espèce ou forme de l'azote | Stock en GT (10 ¹⁵ g) |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Atmosphère | N ₂ | 3 800 000 |
| | NO _x , N ₂ O | 1,4 |
| | NH ₃ | 0,0017 |
| Océan | N ₂ | 22 000 |
| | NO ₃ | 570 |
| | NH ₄ ⁺ | 7 |
| | AOD (Azote Organique dissout) | 530 |
| | AOP (Azote Organique particulaire) | 3,2 |
| Biomasse continentale | N organique sol | 300 |
| | N inorganique sol | 160 |
| | Plantes | 11-14 |
| | Humus | 1,9-3,3 |
| | Biomasse animale | 0,17 |
| | Biomasse microbienne | 0,5 |

Tableau 1. Principaux réservoirs et stocks d'azote dans l'environnement terrestre

Doc 1

Doc 2

Doc 3 Un cycle de l'azote

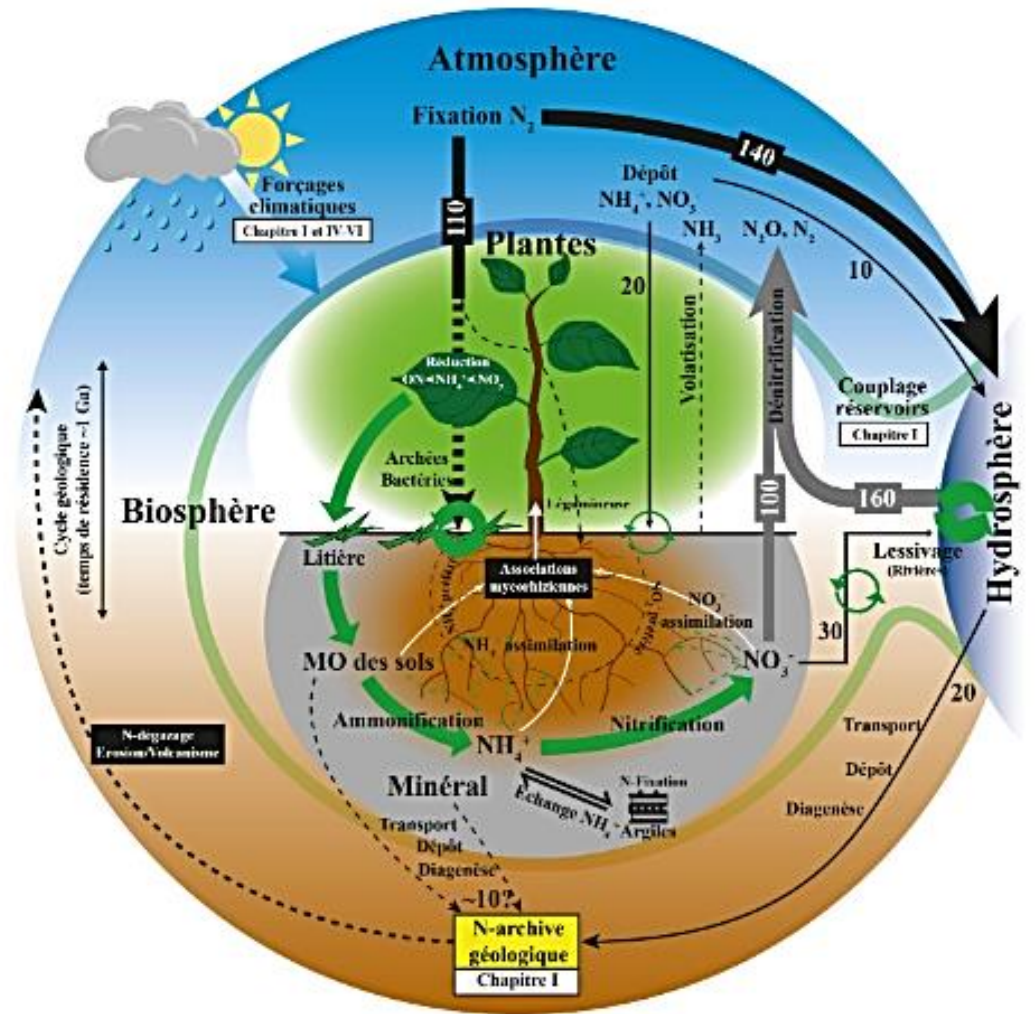
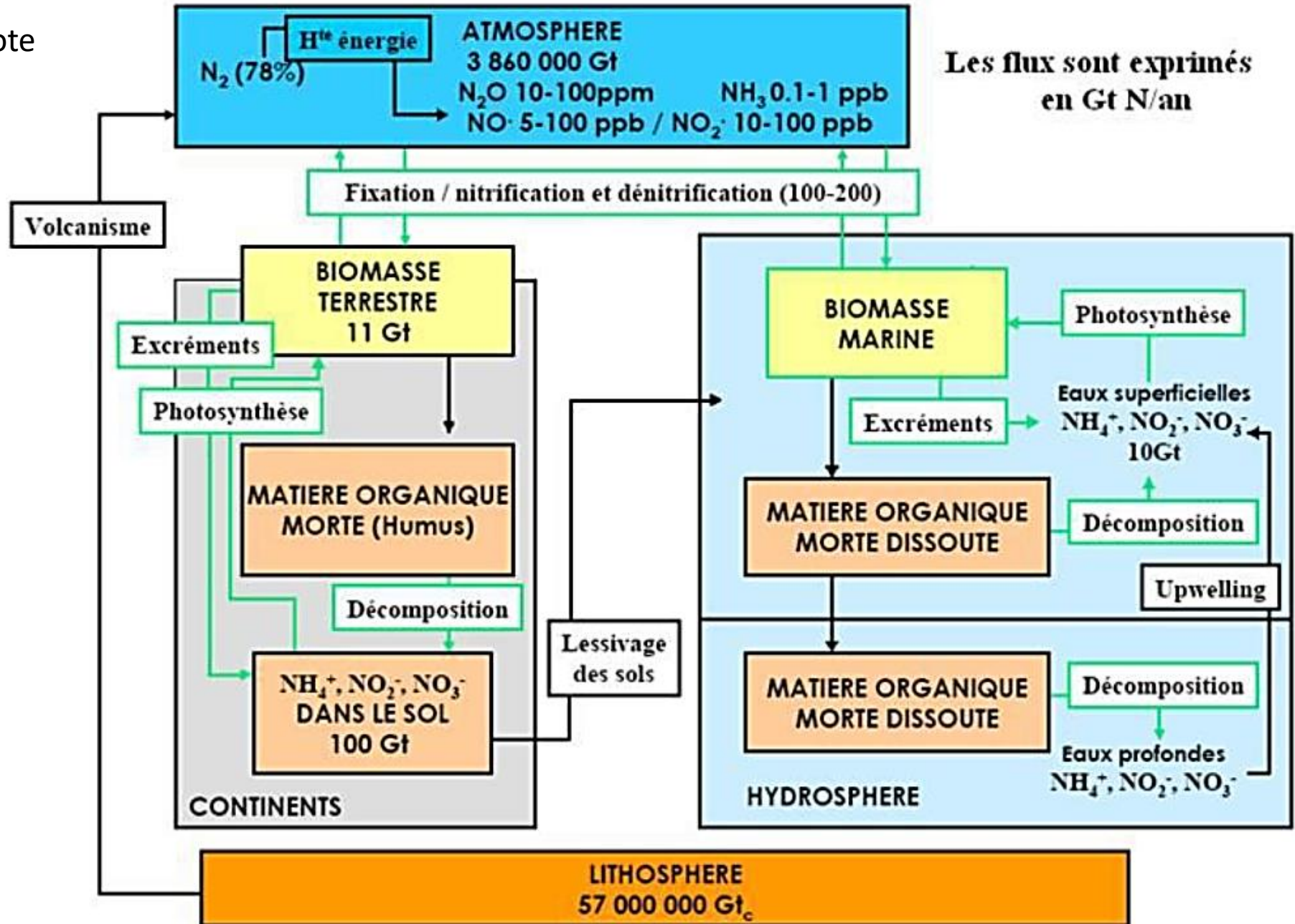


Figure I.4 : Modèle intégré du cycle de l'azote focalisé sur le système sol/plante. Les principaux processus de transfert d'azote entre différents réservoirs sont représentés. Les flèches pleines (excepté celle du forçage climatique) sont proportionnées par rapport à la quantité d'azote concernée (en Tg N par an) indiquée en chiffre arabe avec une erreur de $\pm 50\%$ d'après Gruber et Galloway (2008). Les flèches en pointillées ne sont pas proportionnées. La flèche grise indique des conditions de dysoxie/anoxie nécessaires au processus de dénitrification. Les flèches vertes font références au cycle biogéochimique de l'azote du système sol/plante et sont également proportionnées à la quantité potentielle d'azote concernée. Les flèches blanches font référence aux associations mycorhiziennes. Les chapitres de la thèse traitant des différentes thématiques sont également représentés.

Doc 4 Un cycle de l'azote



Doc 5 Un cycle de l'azote

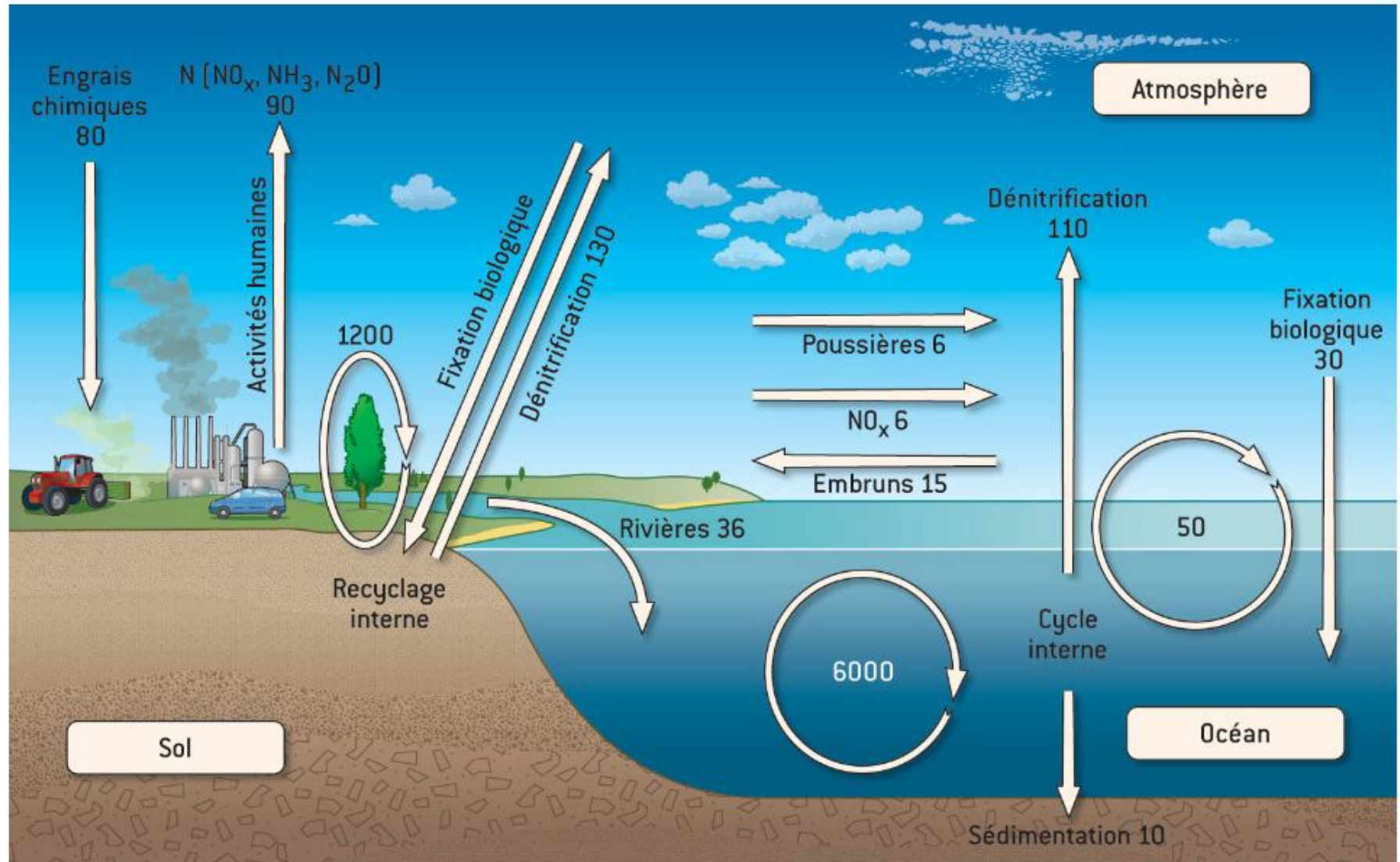
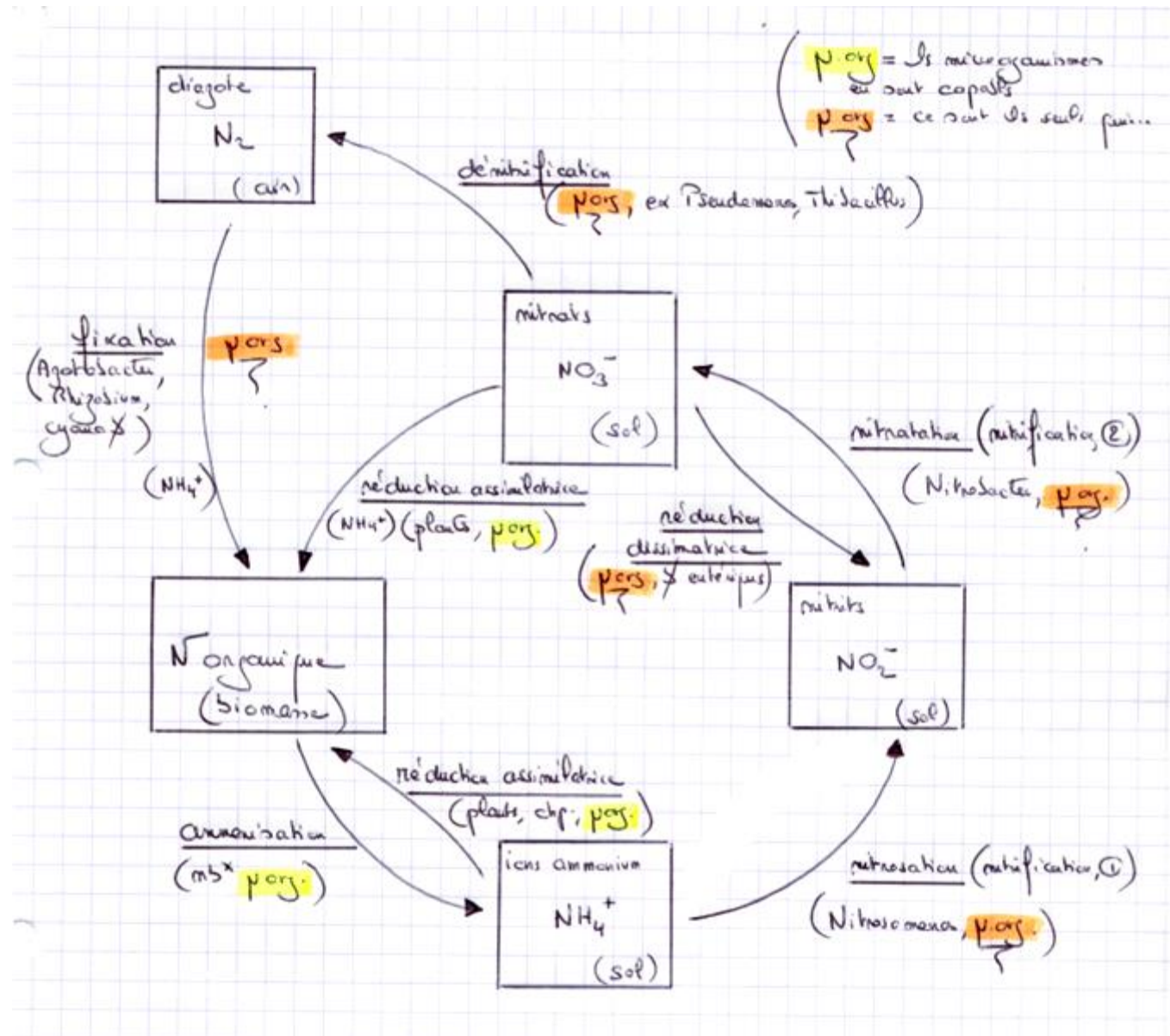


Figure 1 : Le cycle global de l'azote. Les flux sont exprimés en $Tg.an^{-1}$ ($10^{12}g.an^{-1}$) ou $10^6 tonnes.an^{-1}$. Les réservoirs sont donnés en $10^{15}g$, soit en milliards de tonnes (GT).



p.org = les microorganismes en sont capables
p.org = ce sont les seuls qui...

LE CYCLE DE L'AZOTE

Approche historique : la découverte de la

Elle s'est faite à partir des Légumineuses

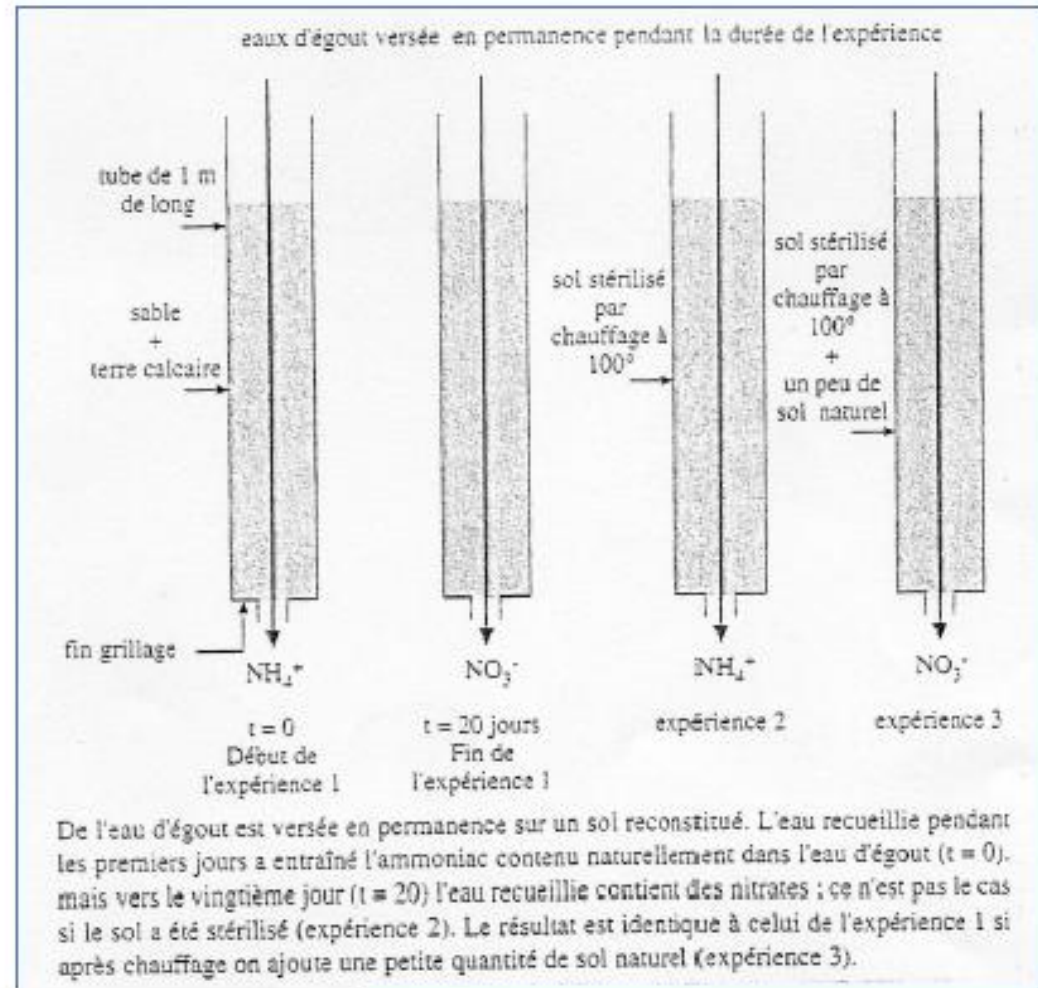
- Les travaux de Boussingault (1838, un des pères de la chimie agricole) : pour améliorer les rendements des terres de son beau-père, il entreprend des calculs de composition azotée avant et après fumures \Rightarrow surprise : la quantité d'azote a augmenté plus que ce que les fumures ont apporté \Rightarrow son hypothèse : fixation de l'ammoniaque de l'air
- Georges Villé (1854 ; disciple de Boussingault) : dans un milieu privé de NH_3 : OK, ça marche quand même \Rightarrow ce n'est pas NH_3 mais N_2 ; Boussingault réessaie le protocole de Villé en utilisant comme substrat de culture de la poudre de pierres et de cendres \Rightarrow échec (on a compris plus tard : bactéries tuées dans ce milieu artificiel)
- Hellriegel et Wilfarth (1886)** : démonstration de la nécessité d'une terre non stérilisée (« lessivée » = privée d'azote du sol ; « calcinée » = stérilisée)

Expériences de Hellriegel et Wilfarth (1886) **Doc 6**

Pisum sativum

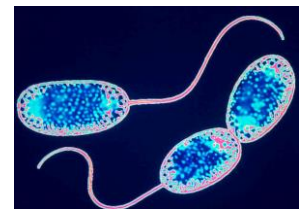
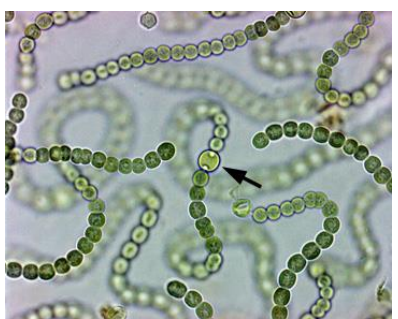
| Sable | Terre | Résultat |
|------------|----------|-------------------------|
| 1. calciné | - | carence N, jaunissement |
| 2. calciné | brute | croissance, nodosités |
| 3. calciné | lessivée | croissance, nodosités |

lessivée



Expérience de Schloesing et Müntz (1877)

Doc 8

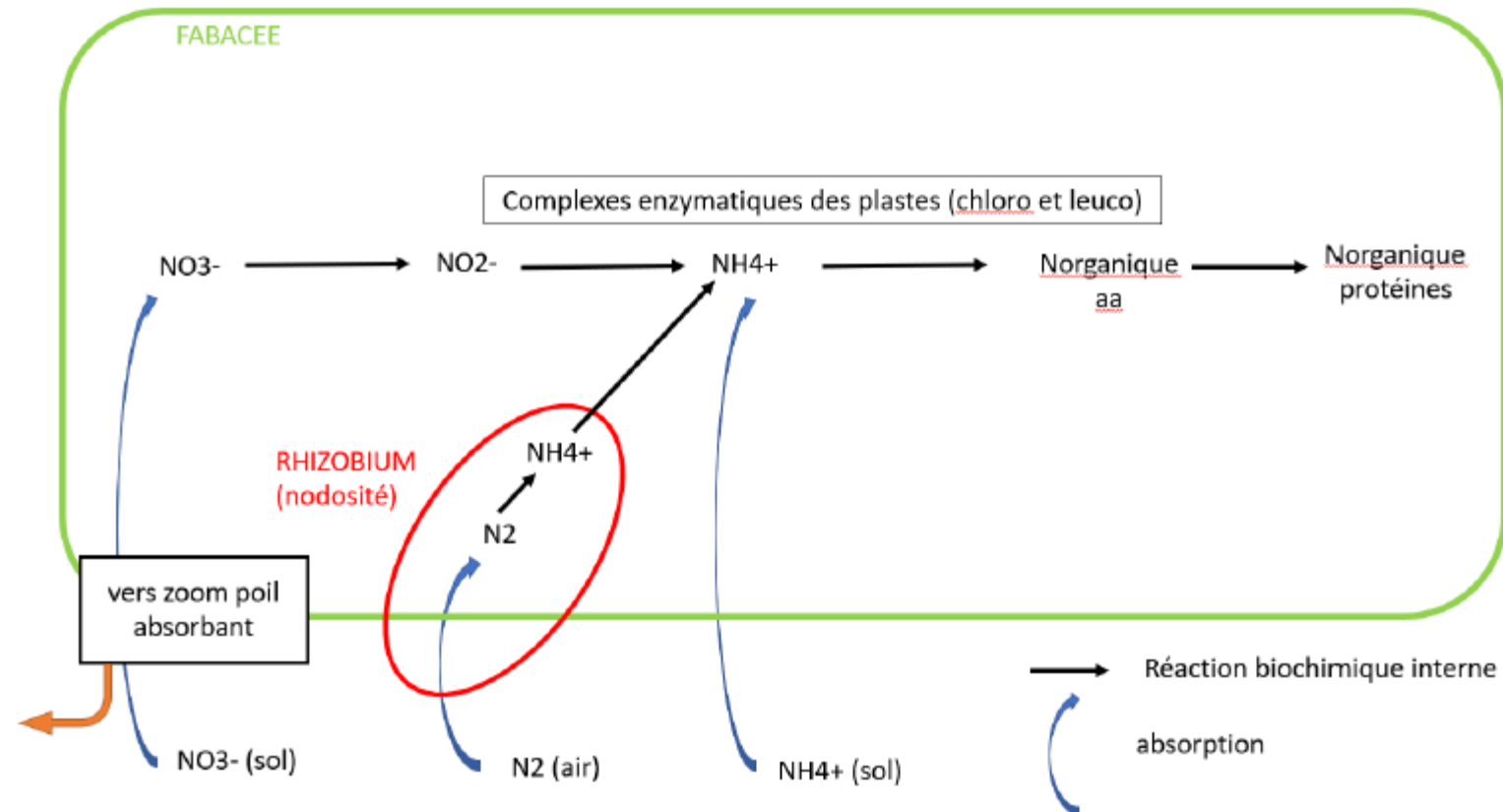


+ autres schémas Nitrobacter (TT, membrane phosphorylante)

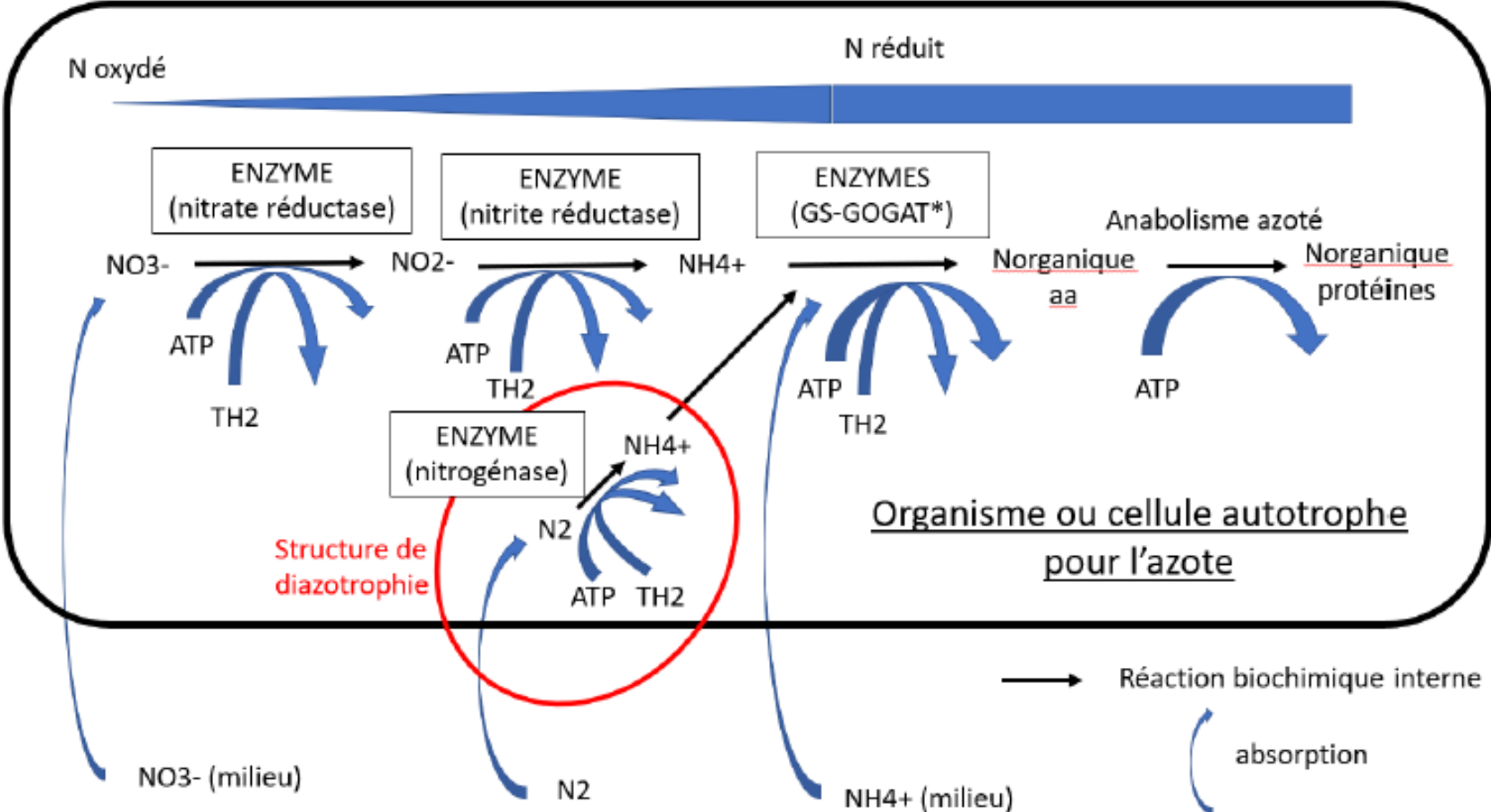
L'AUTOTROPHIE A L'AZOTE

(HP en énergétique de sup, mais diazotrophie traitée sans détails avec la fabacée + assimilation nitrates traitée +/- sans détails avec la nutrition des végétaux, et assimilation = « flux qui doit être connu » dans le cycle de l'azote de spé, et enfin réinvestie dans le chapitre sur les unicellulaires)

Version cours de biologie végétale de sup



Cours sur les unicellulaires et sur le cycle de l'azote de spè



Doc 9 les flux anthropiques

Flux et stocks d'hier et d'aujourd'hui

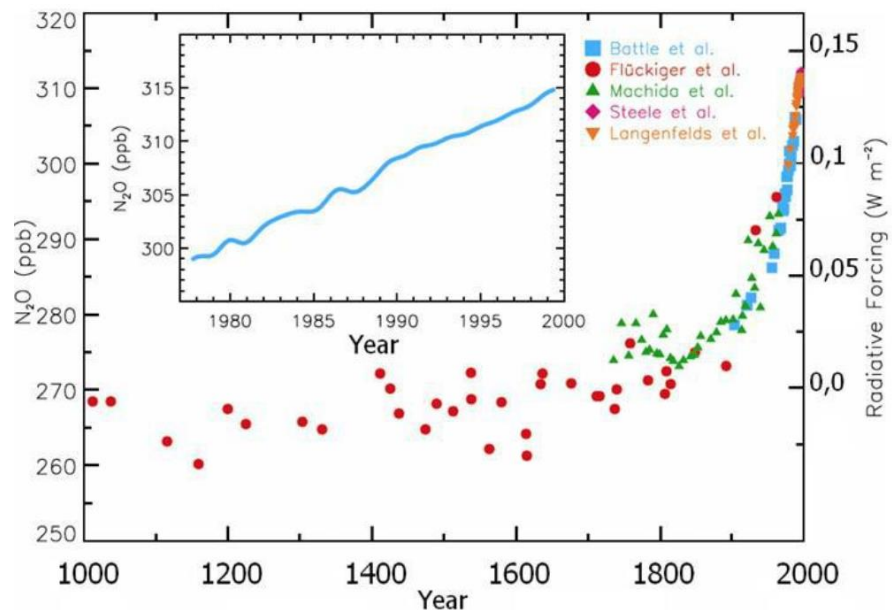
Stocks

- ◆ Atmosphère : 78% N_2 = $3860 \cdot 10^{12}$ tonne (Tera)
- ◆ hydrosphère : $0.23 \cdot 10^{12}$ tonne
- ◆ lithosphère : $0.75 \cdot 10^{12}$ tonne
- ◆ matière vivante : $0.28 \cdot 10^{12}$ tonne

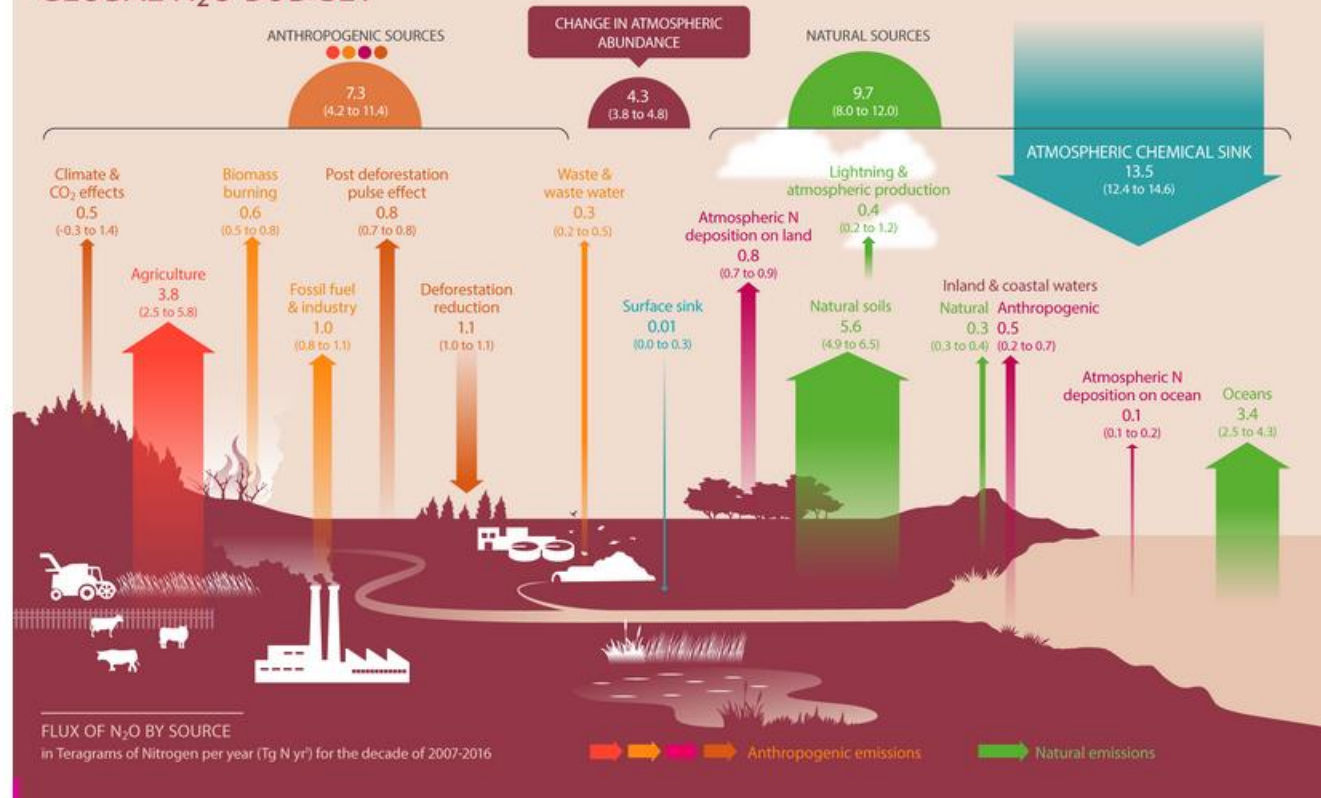
1/1000 000

Flux d'azote actifs

- ◆ fixation d'azote : $140 \cdot 10^6$ tonne → $280 \cdot 10^6$ tonne
- ◆ engrais $80 \cdot 10^6$ tonne = 1975 x 4
 - fixation N_2 $40 \cdot 10^6$ tonne
- ◆ émissions $NO_x = NO + NO_2$
 - $12 \cdot 10^6$ tonne (1850) → $36 \cdot 10^6$ tonne (1990) (+0.2 % /an)
- ◆ émissions $NH_x = NH_3 + NH_4^+$
 - $15 \cdot 10^6$ tonne (1850) → $45 \cdot 10^6$ tonne (1990)



GLOBAL N_2O BUDGET



Bilan global de N_2O pour la période 2007-2016 montrant les flux directs et indirects associés aux sources anthropiques

| Gaz | Formule | PRG relatif / CO_2 (à 100 ans) |
|------------------------|---------------|----------------------------------|
| Gaz carbonique | CO_2 | 1 |
| Méthane | CH_4 | 25 |
| Protoxyde d'azote | N_2O | 298 |
| Perfluorocarbures | C_nF_{2n+2} | 7400 à 12200 |
| Hydrofluorocarbures | $C_nH_mF_p$ | 120 à 14800 |
| Hexafluorure de soufre | SF_6 | 22800 |

Source : GIEC, 4^e rapport d'évaluation, 2007

