

Chapitre 8

NUTRIMENTS MINÉRAUX. GENESE ET CIRCULATION. IMPACT DE L'AGRICULTURE

Activité précédente: Quels facteurs déterminent l'accumulation de la matière organique dans le sol d'une oliveraie?

Micro et macronutriments. Genèse des nutriments: altération. Sols et climat. Libération des éléments nutritifs du sol: défrichement mécanique et chimique. Impact de l'activité agricole sur le sol. L'érosion. Schéma général de la circulation des nutriments dans un écosystème. Circulation du carbone. Charriage des sédiments. Comparaison des cycles de l'azote et du phosphore. Voies de circulation des nutriments. Cycle des nutriments dans les systèmes agricoles et les agrosystèmes. Engrais organiques et inorganiques.

Étude de cas: Adaptations à un sol pauvre en éléments nutritifs.



Compétences et aptitudes professionnelles:

- Pratiques de gestion et de conservation des sols agricoles.
- Utilisation appropriée des engrais.
- Utilisation de puits écologiques
- Pratiques de taille appropriées.
- Engrais efficaces pour les cultures.

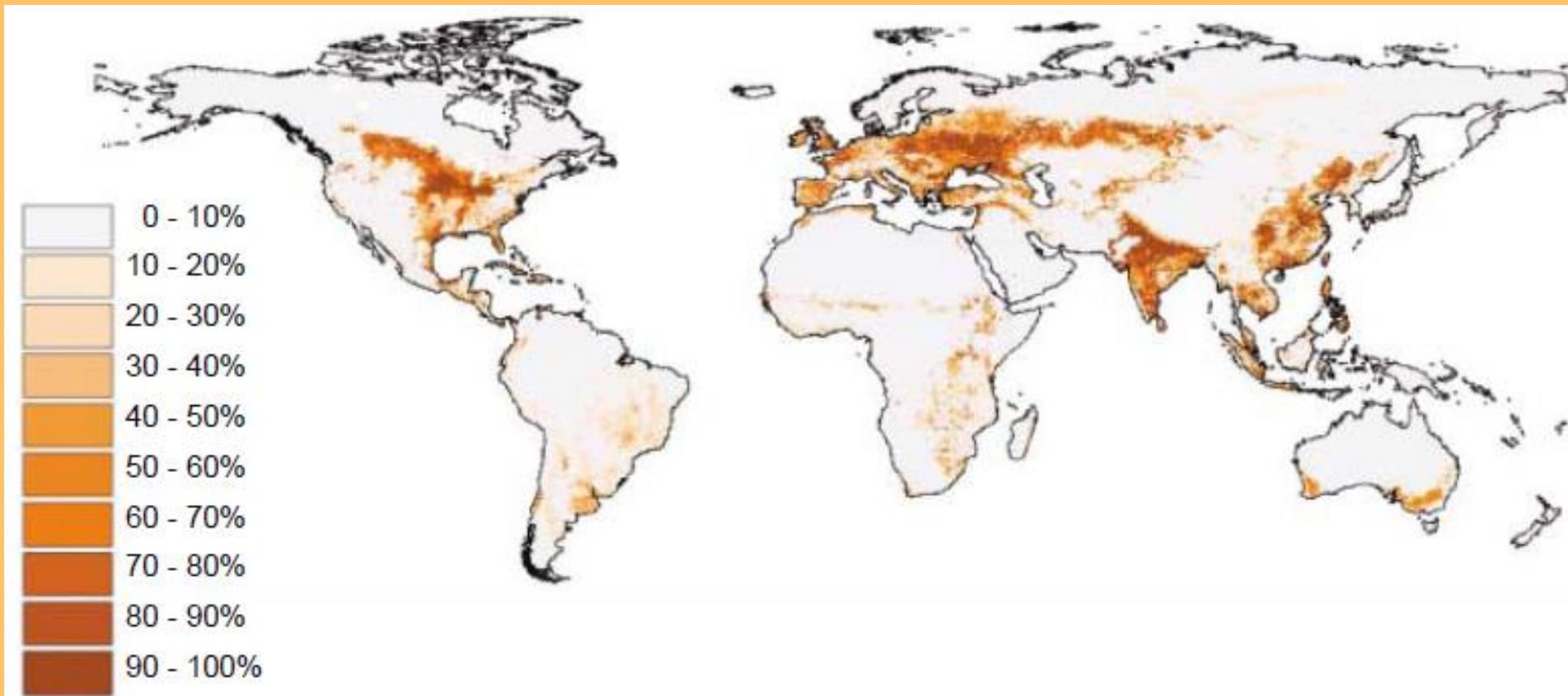
Les sols agricoles

Les sols adaptés à la production agricole doivent être **fertiles**, riches en éléments nutritifs et avoir tendance à conserver ces éléments.

Les sols fertiles se trouvent dans les zones tempérées, subtropicales et méditerranéennes tempérées. Ils sont riches en matière organique, et ne sont pas fortement lessivés, ou ne subissent pas de fortes pertes en éléments nutritifs.

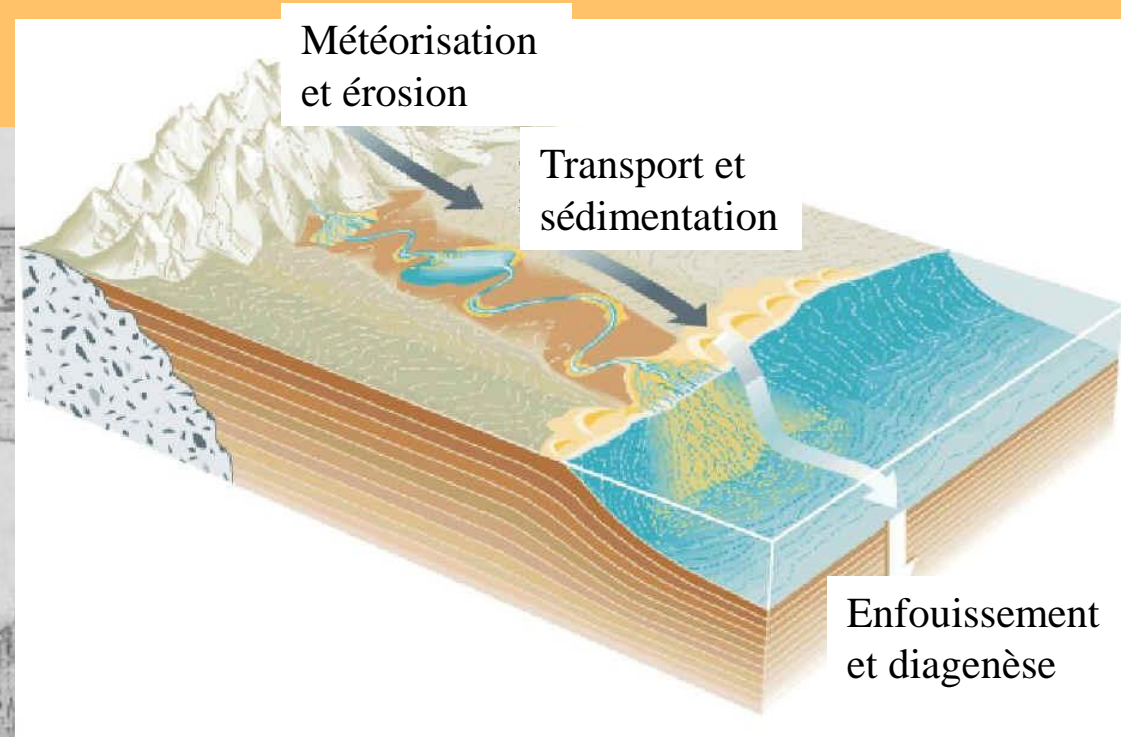
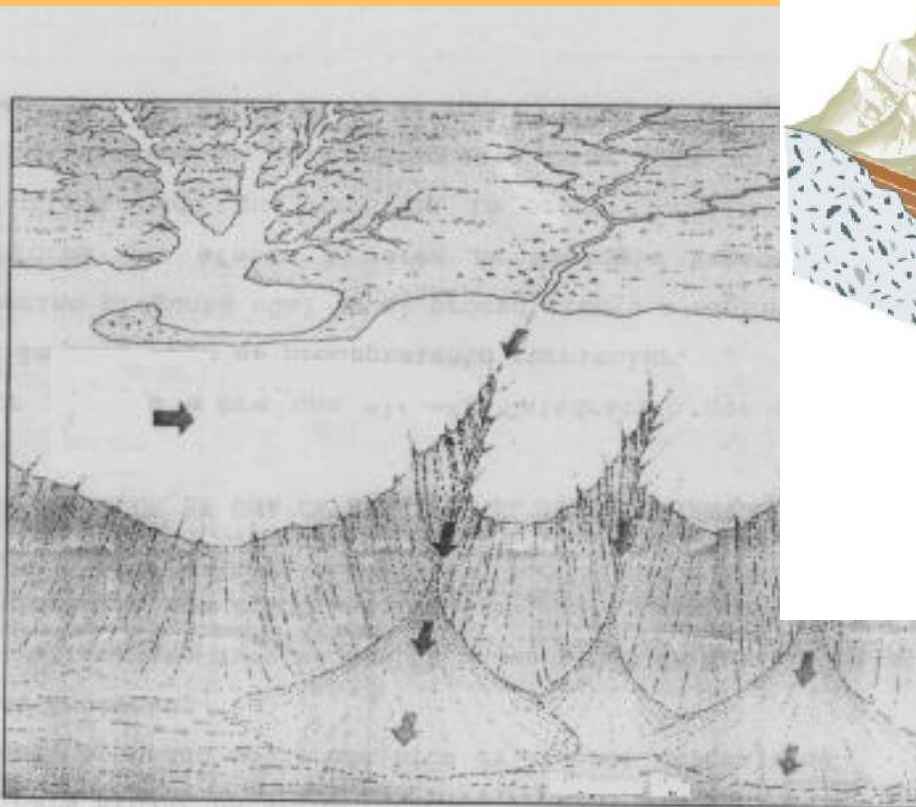


Zones agricoles dans le monde



Sortie de nutriments du sol

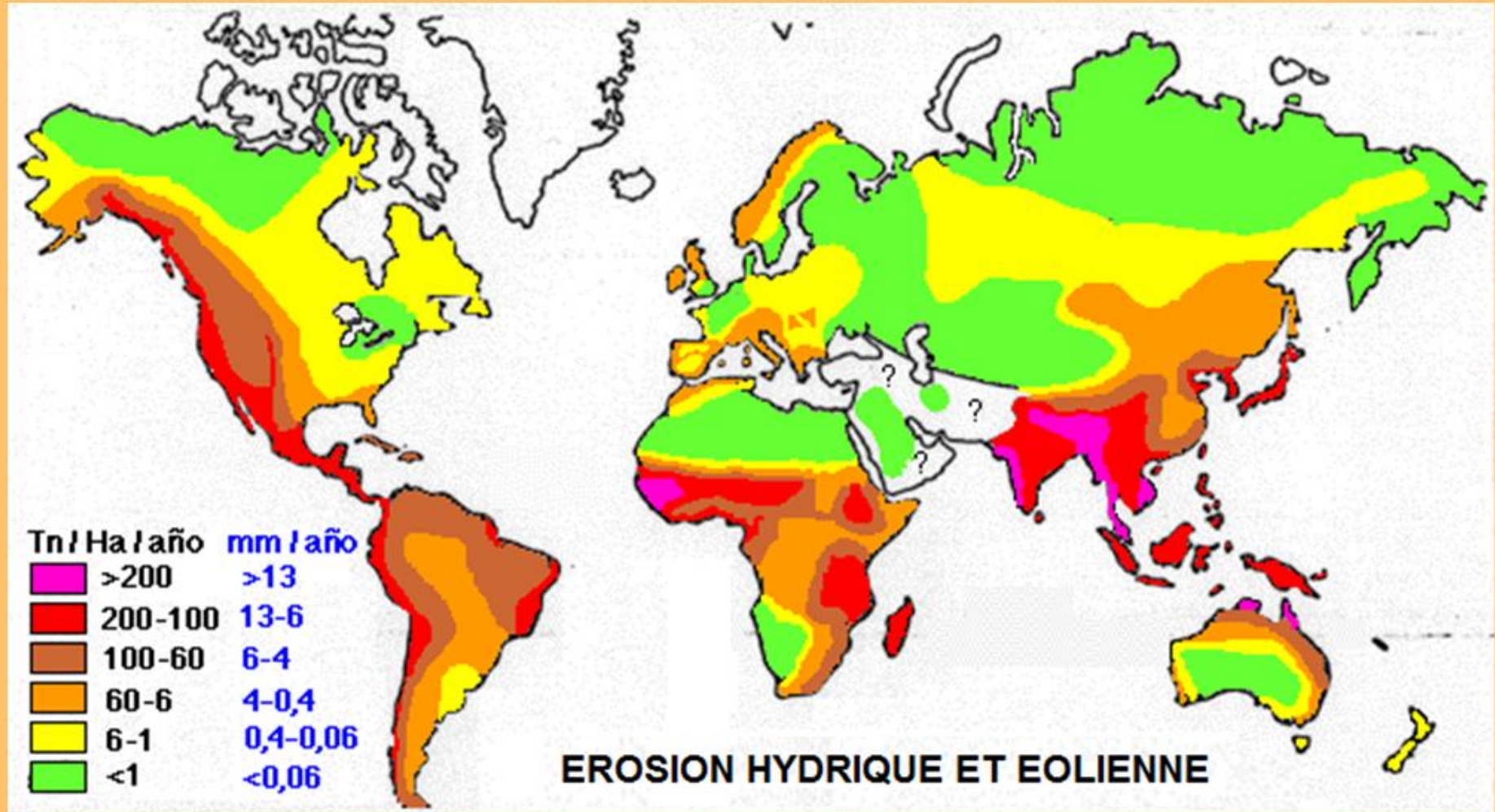
Lorsque les précipitations sont élevées ($P > ET$), de nombreux nutriments sont entraînés par les eaux de ruissèlement et quittent le sol. Des fragments de roches, argiles, matières organiques, etc. sortent également de cette façon. Tous ces matériaux sont transportés par les rivières et se retrouvent en mer.



Dénudation
• Chimique
• Mécanique

Sortie de nutriments du sol

Dénudation chimique et mécanique des continents



Sortie de nutriments du sol



Dénudation chimique et mécanique des continents

Les sels minéraux sont une source de nutriments pour le réseau trophique côtier.

Interconnexion des écosystèmes terrestres et aquatiques

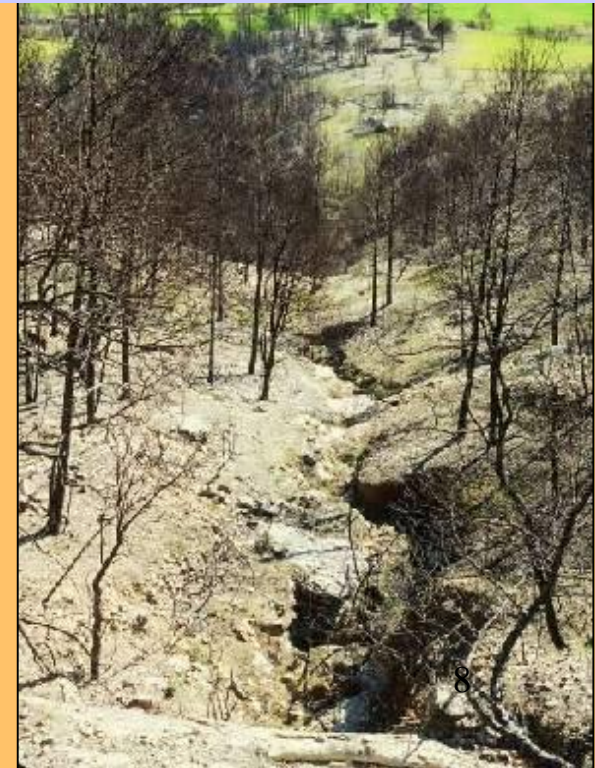
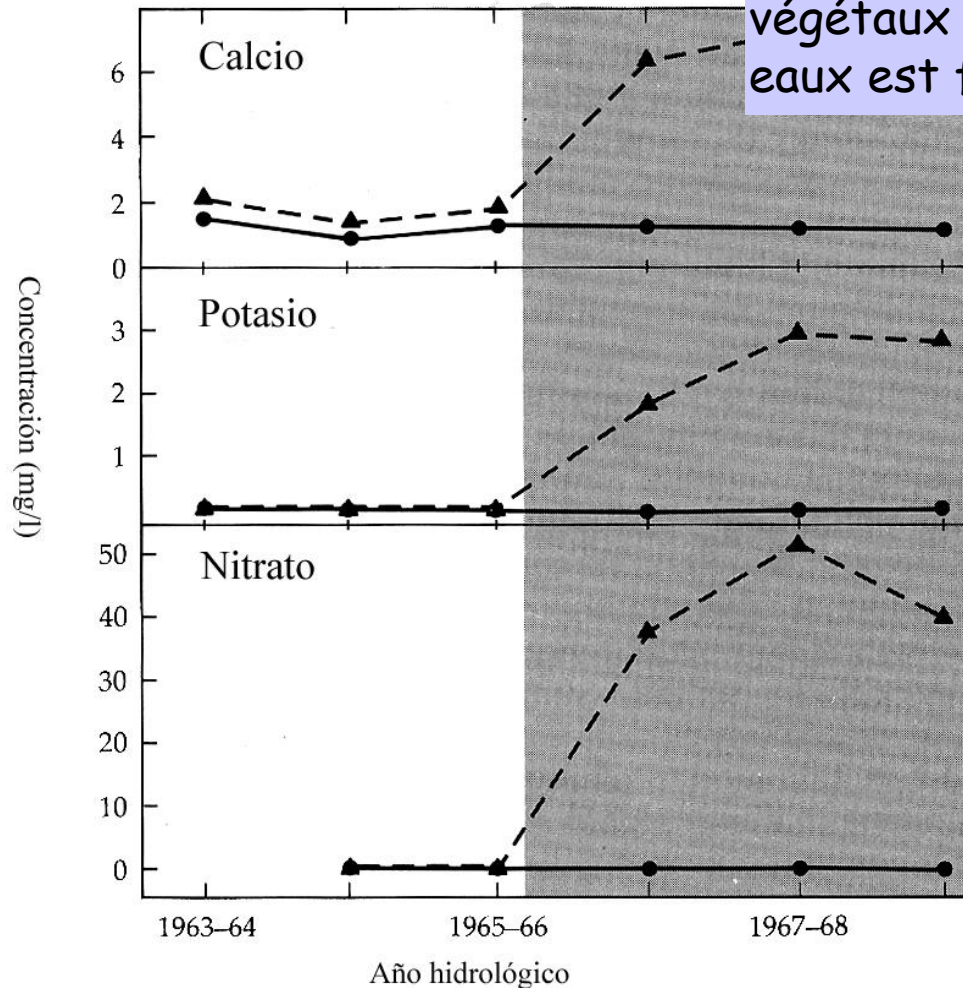


Sortie de nutriments du sol

La dénudation chimique et mécanique des continents est freinée par la végétation.

Les sels minéraux sont retenus dans les tissus végétaux et l'entraînement des sédiments par les eaux est faible.

Le couvert végétal donne de la consistance au sol et protège les particules de l'érosion hydrique et éolienne.



Sortie d'éléments nutritifs (concentration en sels minéraux dans l'eau) d'un bassin versant avant et après la déforestation.

Impact de l'activité agricole sur le sol.

Le couvert végétal procure de la M.O. qui retient les cations et contribue à la formation d'argiles, qui retiennent également les cations.



Le labour avec la charrue favorise la respiration et la décomposition de la matière organique, libérant ainsi des nutriments qui, s'ils ne sont pas absorbés par les plantes, seront lessivés.



La réduction de la matière organique diminue la rétention des sels minéraux et favorise la **dénudation chimique**.

Lorsque les **nutriments** ne sont pas retenus par les plantes, ils sont **lessivés**.

Impact de l'activité agricole sur le sol.

La charrue brise le sol et casse sa structure en favorisant la **dénudation mécanique**.

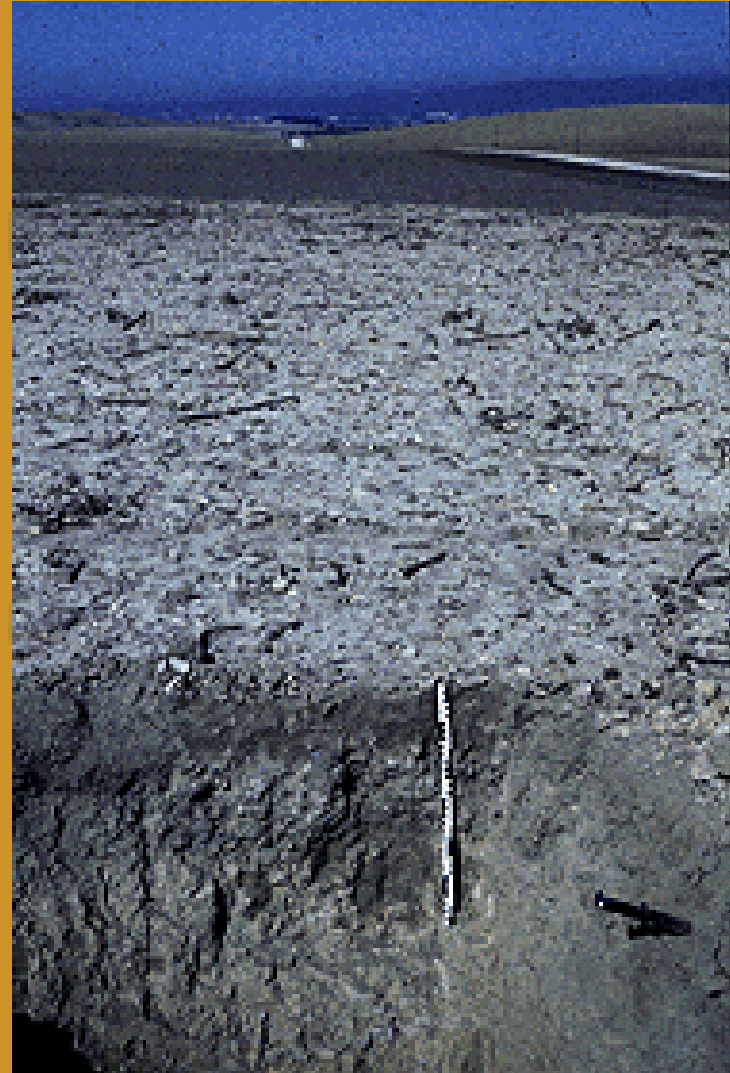


Les sols agricoles sont dépourvus de végétation pendant une partie de l'année, favorisant ainsi la **dénudation mécanique**.

Impact de l'activité agricole sur le sol.



Le paysage d'un sol récemment labouré peut avoir cet aspect.



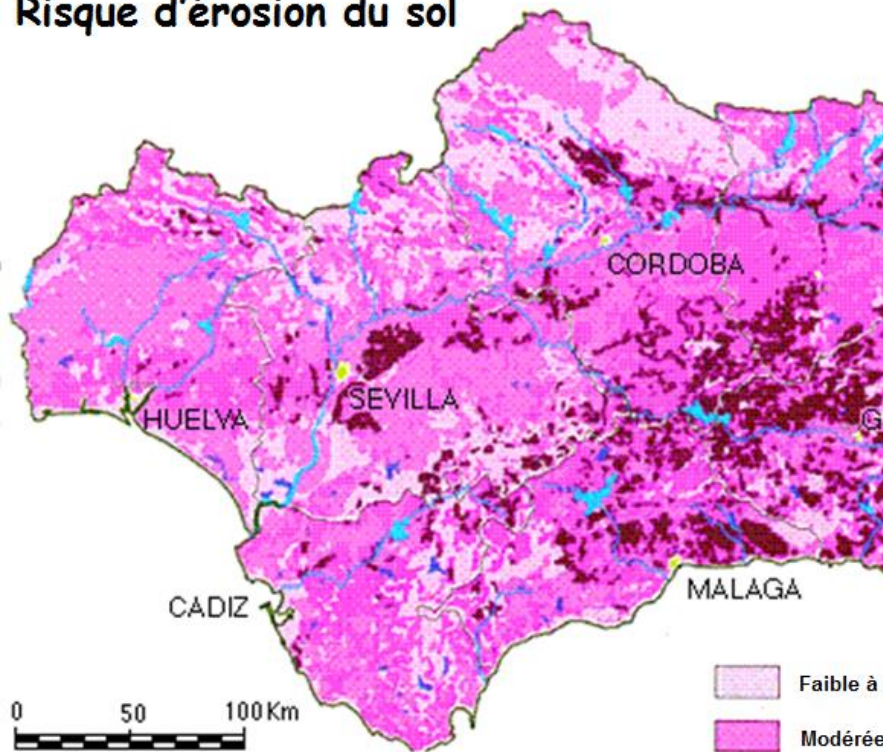
Après quelques années, la situation est nettement différente.

Impact de l'activité agricole sur le sol.

Actuellement, la perte des sols agricoles à cause de l'eau et de l'érosion éolienne, est l'un des principaux problèmes environnementaux qui se posent en Andalousie et dans toute la région méditerranéenne.

Dans ces régions, le type d'agriculture pratiquée (fort labour du sol) et le climat augmentent ce processus.

Risque d'érosion du sol



Escala aproximada 1:2.700.000
para monitor de 14" a 640x480 puntos

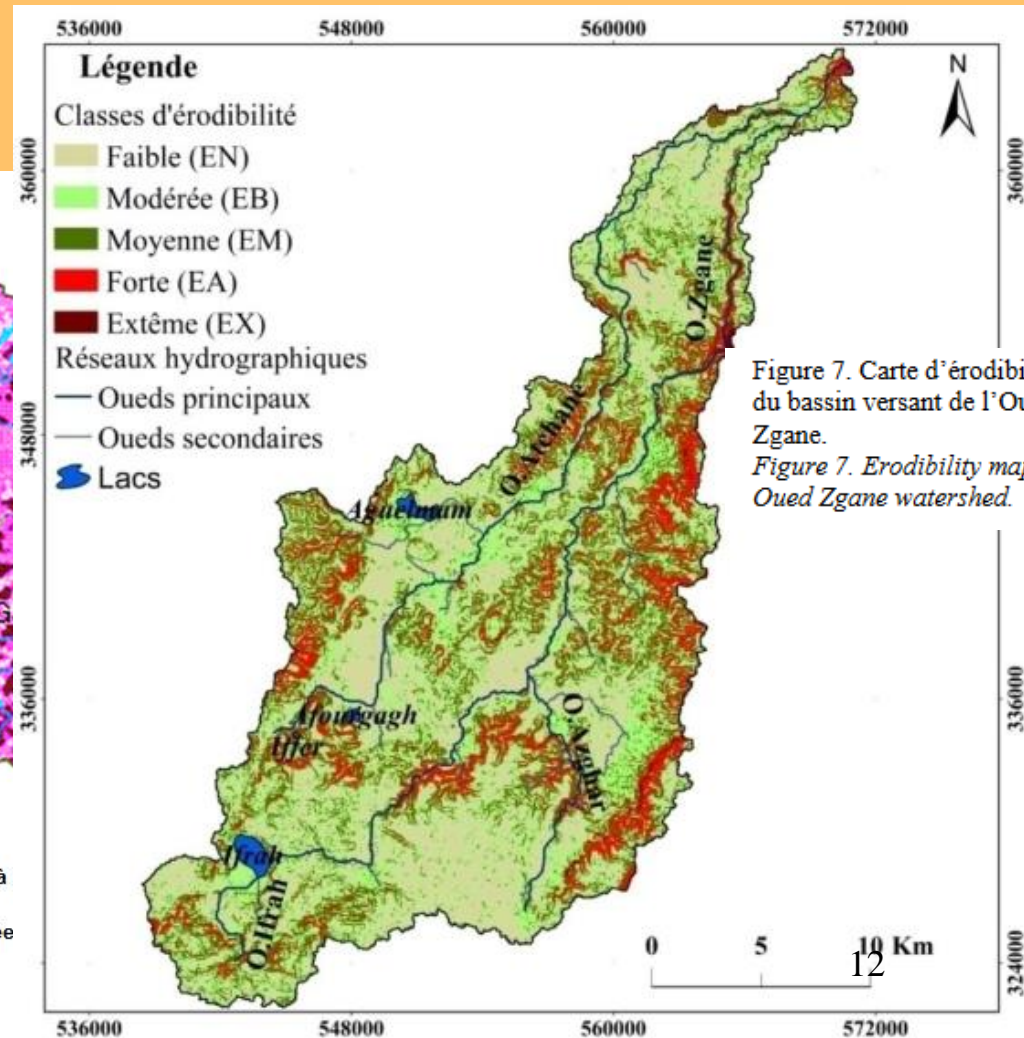


Figure 7. Carte d'érodibilité du bassin versant de l'Oued Zgane.

Figure 7. Erodibility map of the Oued Zgane watershed.

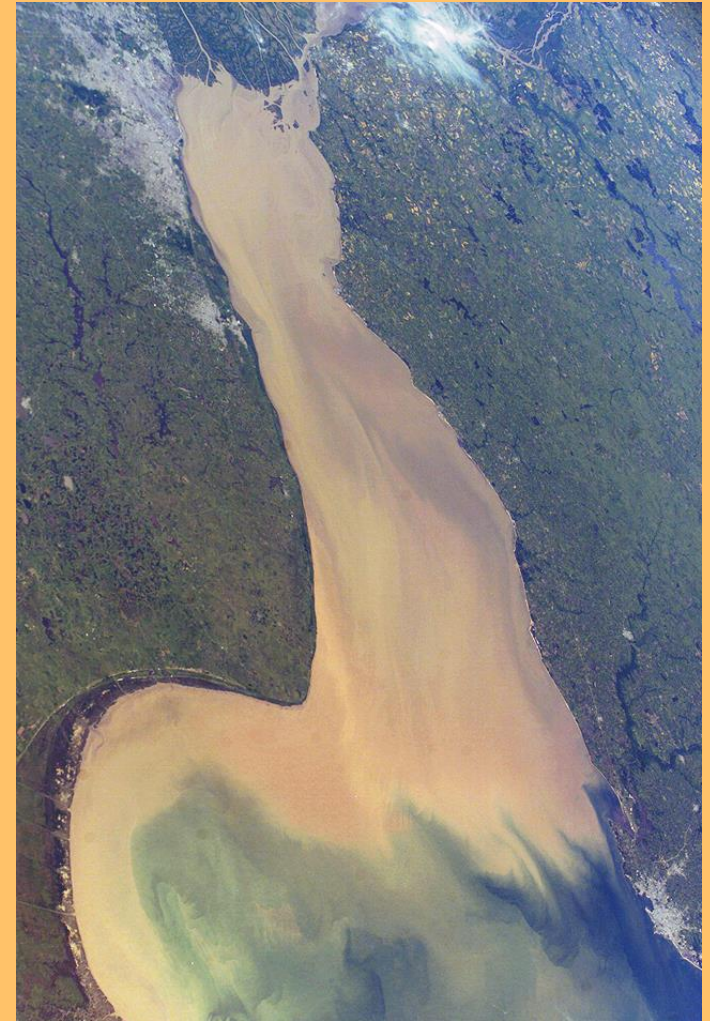
Impact de l'activité agricole sur le sol.

En plus de supposer la perte d'une ressource naturelle irrécupérable, elle a d'autres conséquences environnementales:

Envasement de barrages

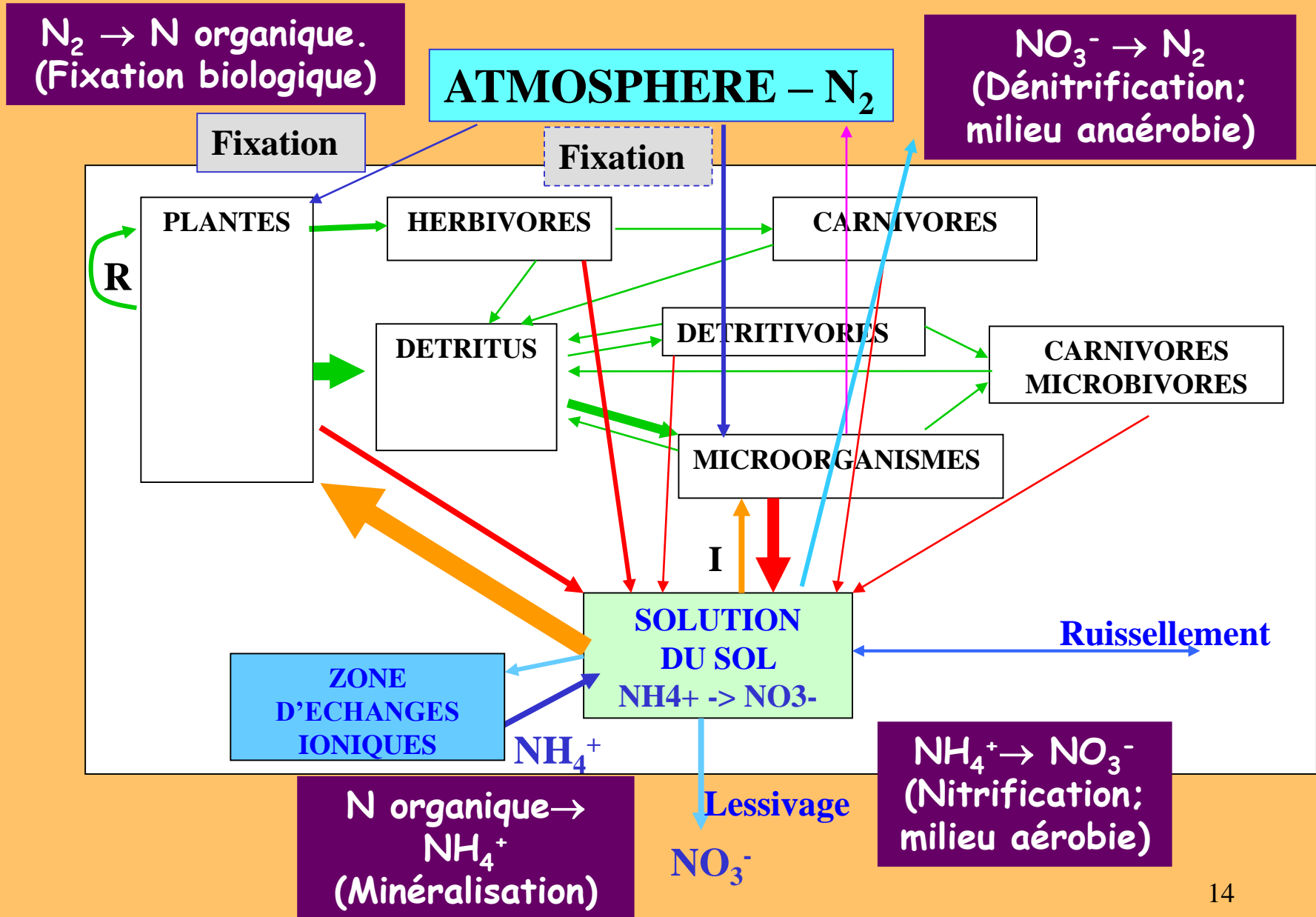


Barrage de Cordobilla

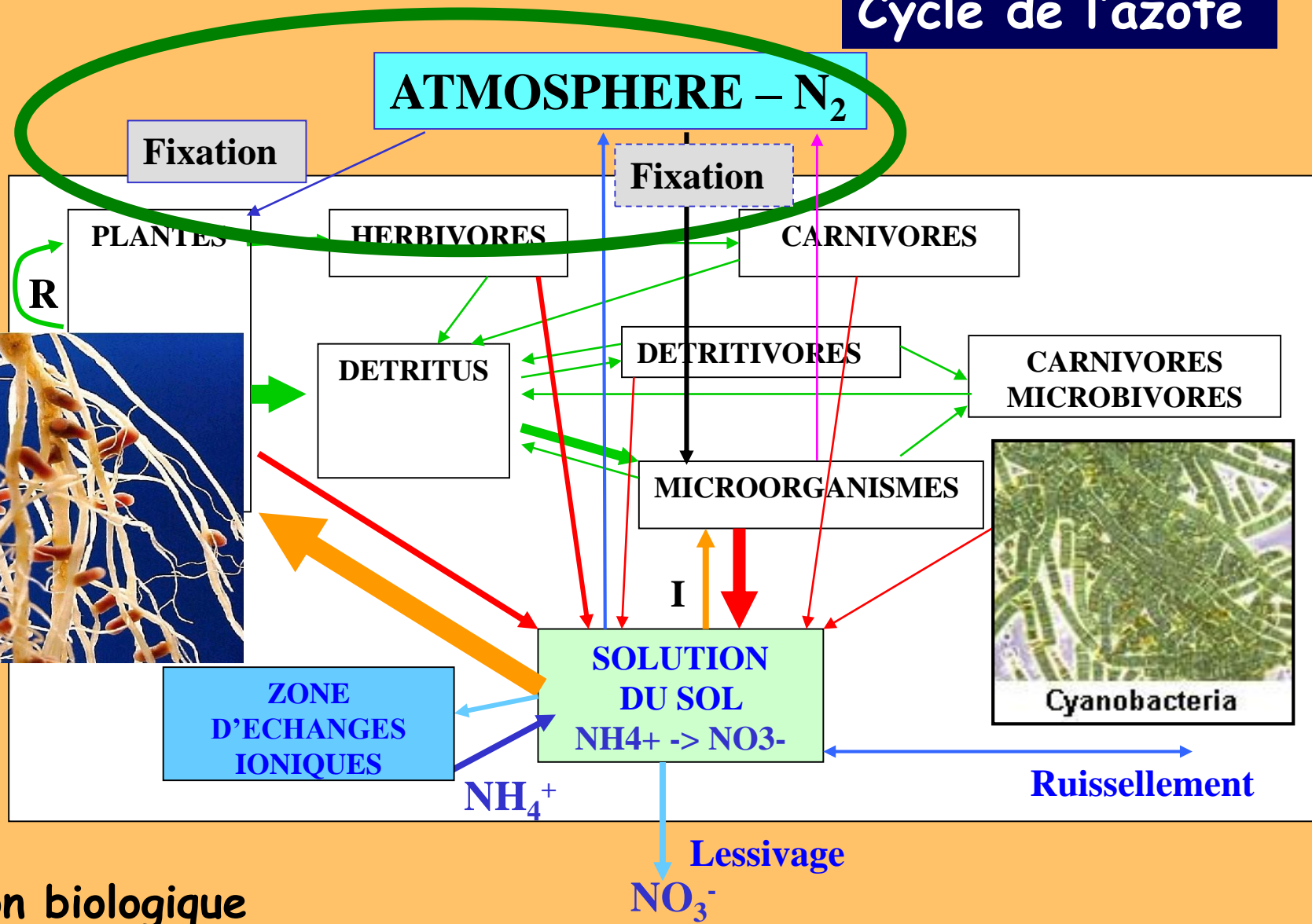
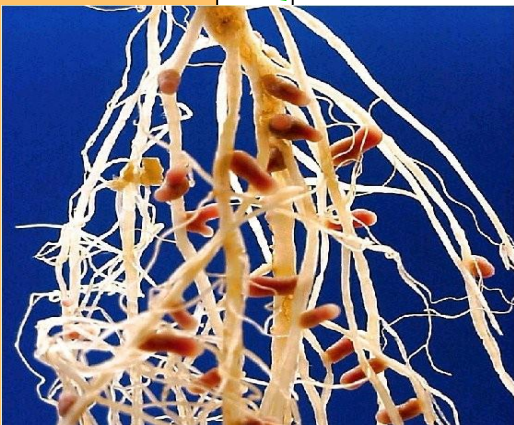


Détérioration de la qualité de l'eau et modification des chaînes trophiques dans les systèmes aquatiques côtiers et continentaux.

Cycle de l'azote



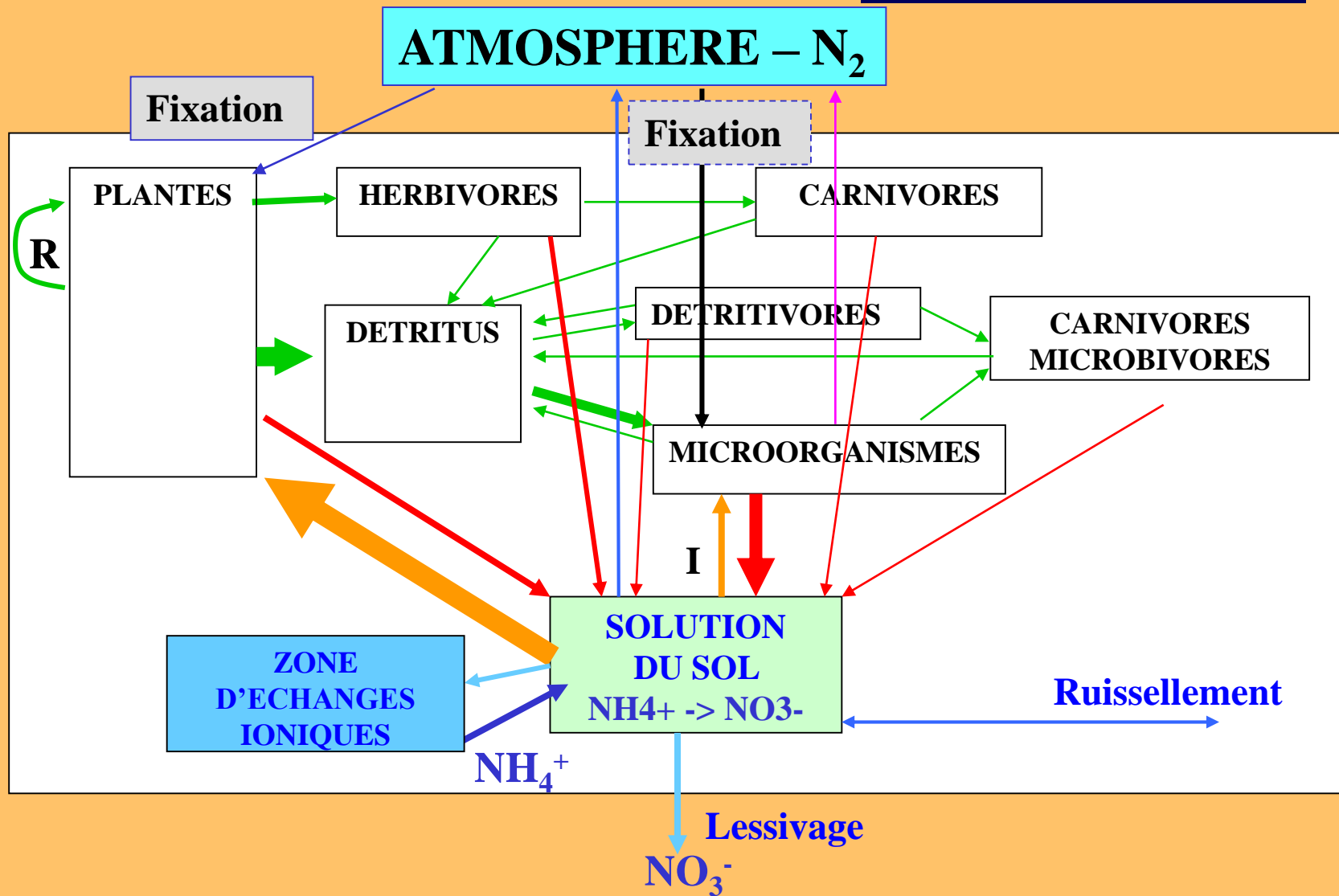
Cycle de l'azote



Fixation biologique

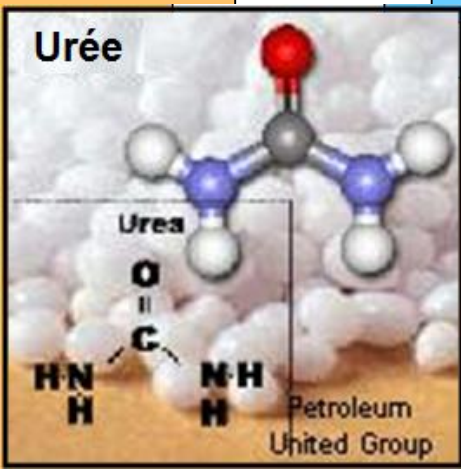
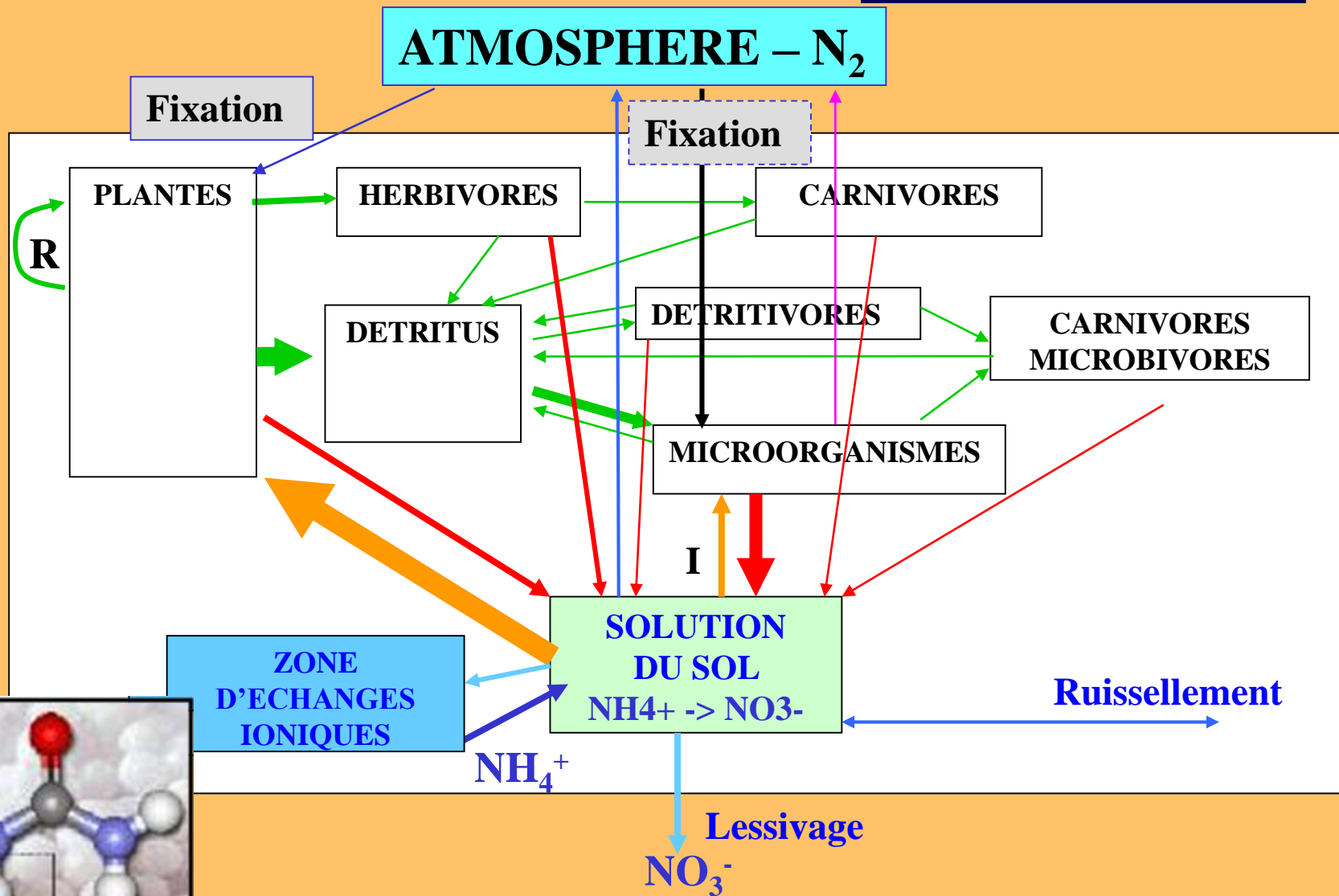
Certains organismes peuvent fixer le N_2 de l'atmosphère. Ils peuvent être libres ou fixés sous forme de symbiotes. Ils ont besoin de beaucoup d'énergie (consomme 20% de glucides)

Cycle de l'azote



Le N circule dans les organismes en faisant partie de la M.Q₁₆

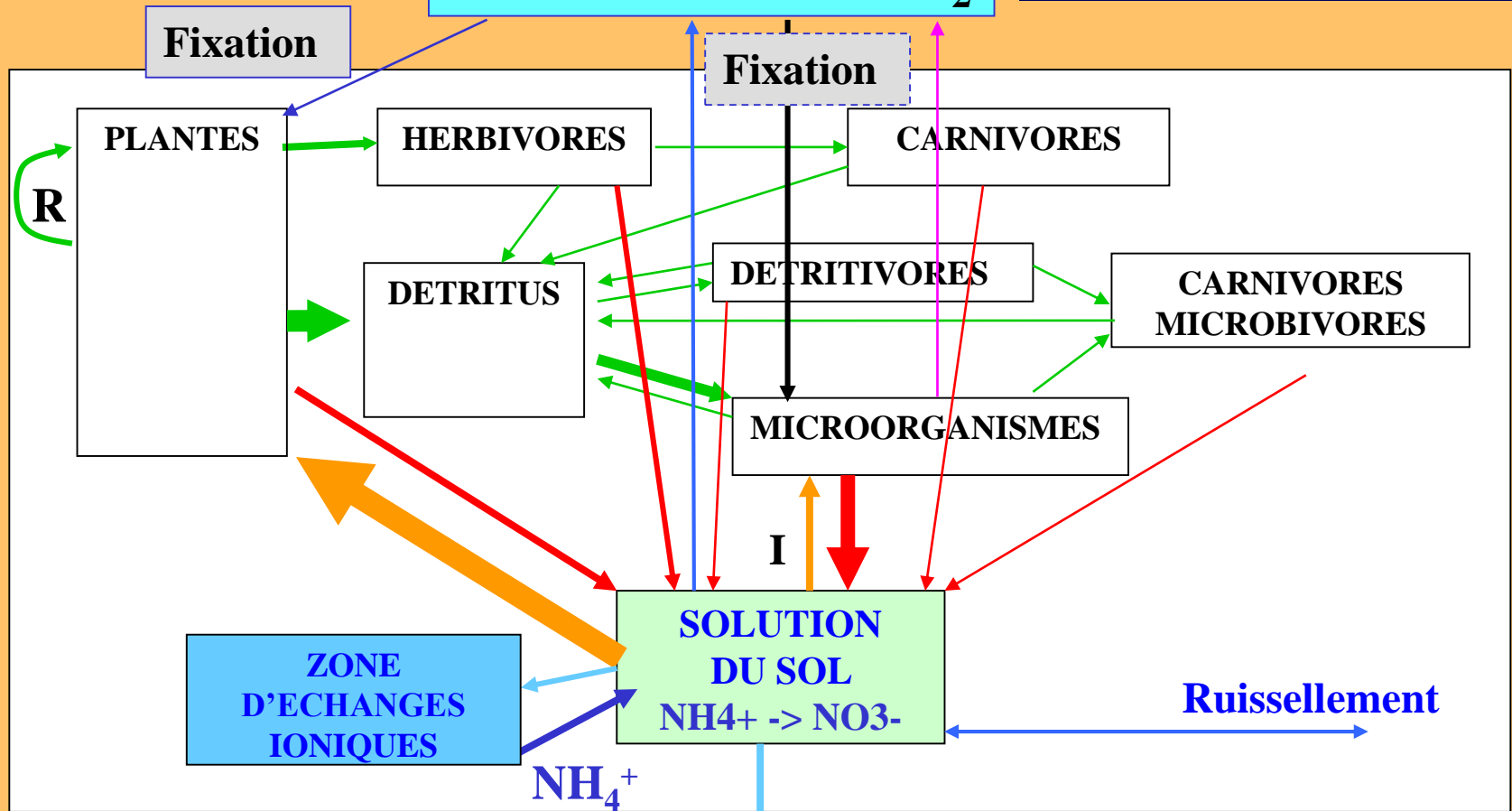
Cycle de l'azote



L'azote est libéré (**minéralisation**) dans la solution du sol sous forme d'ammonium (NH_4^+) lors de la respiration

ATMOSPHERE – N₂

Cycle de l'azote

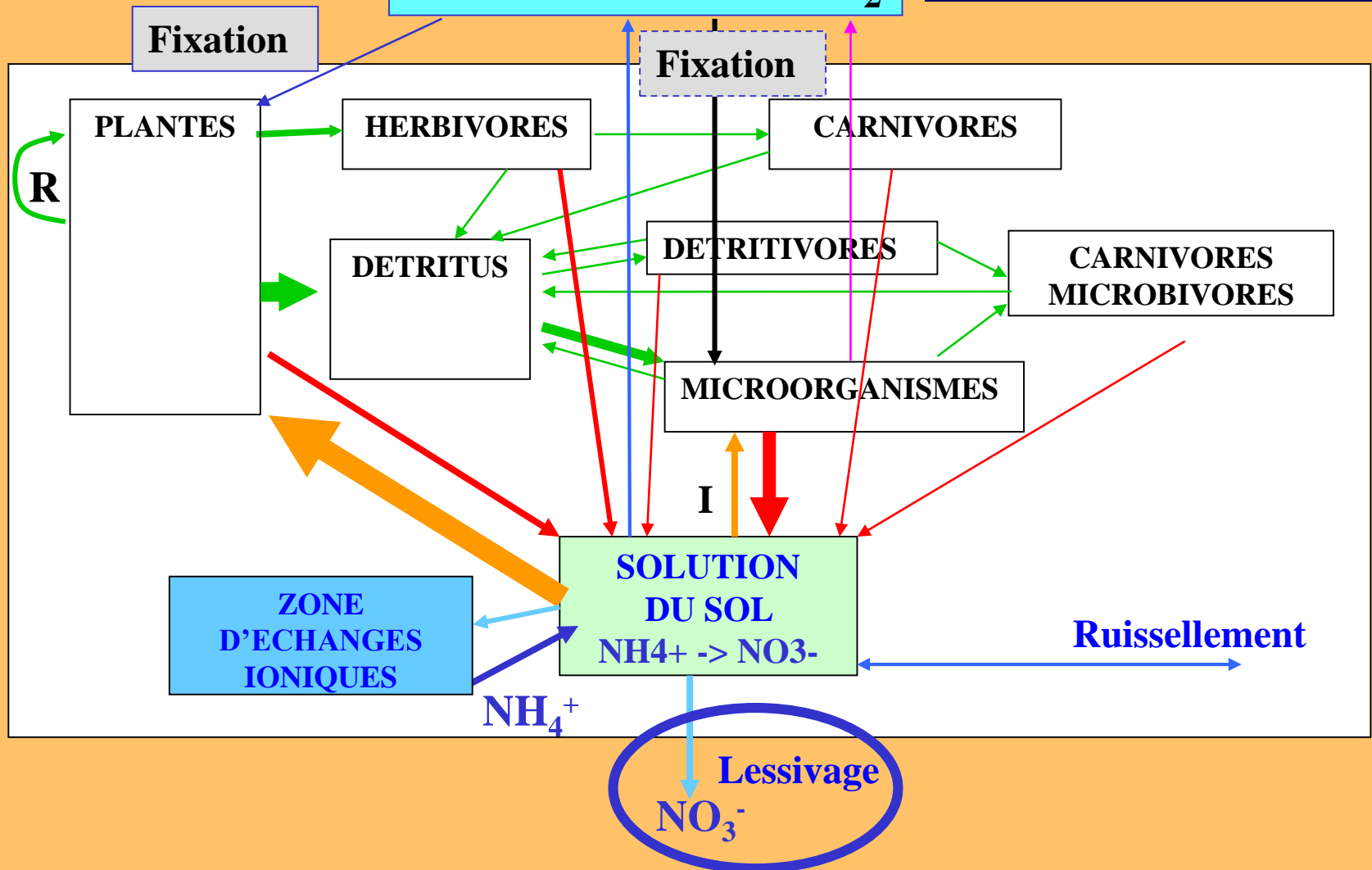


Sous forme d'ammonium, il peut suivre différentes voies:

1. Adsorption sur des particules chargées négativement (argiles et humus)
2. Absorption par des plantes ou des micro-organismes, et transformation sous forme d'azote organique.
3. Transformation en nitrate (NO_3^-) par une bactérie nitrifiante (nitrification)

ATMOSPHERE – N₂

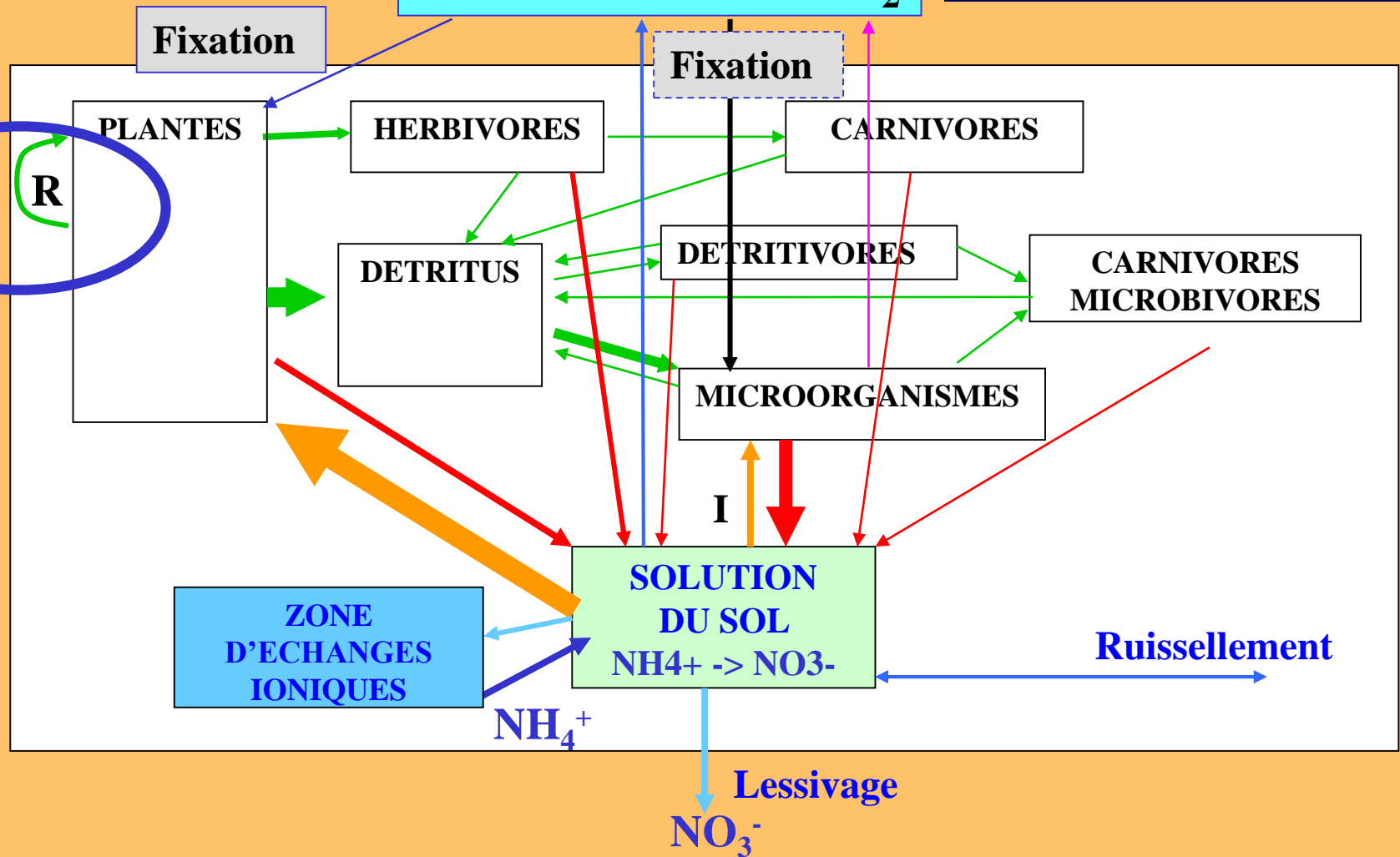
Cycle de l'azote



Le nitrate (NO_3^-) est **absorbé** par les plantes ou bien il **est perdu** par **lessivage** (à cause de sa charge négative, il n'est pas adsorbé sur les particules du sol)

ATMOSPHERE – N₂

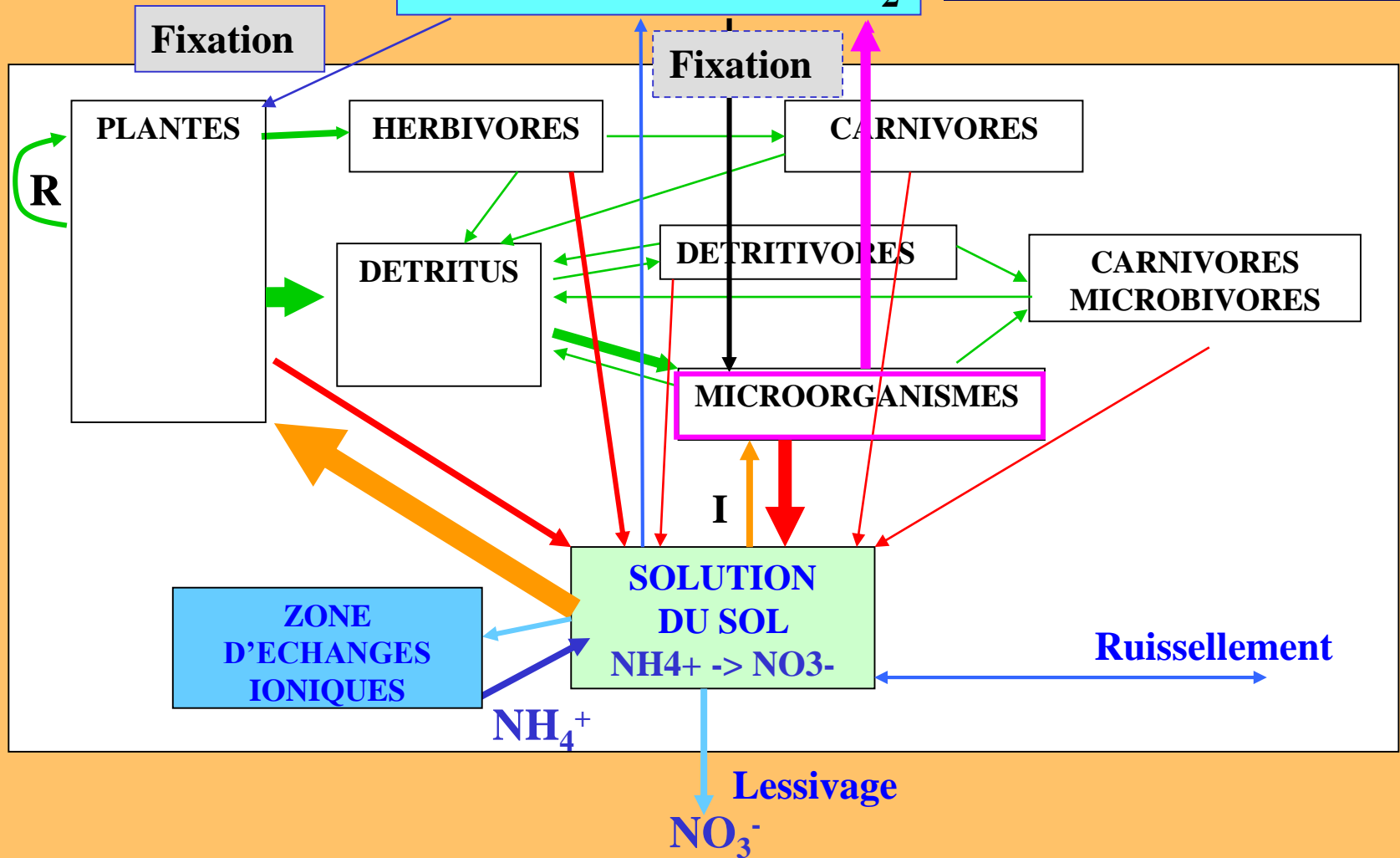
Cycle de l'azote



Le **N** est essentiel pour les plantes. C'est un élément limitant.
Les plantes le réutilisent par **retranslocation** de tissus sénescents pour fabriquer de nouveaux tissus.

ATMOSPHERE – N₂

Cycle de l'azote



L'azote peut revenir dans l'atmosphère par **dénitrification**

DÉNITRIFICATION

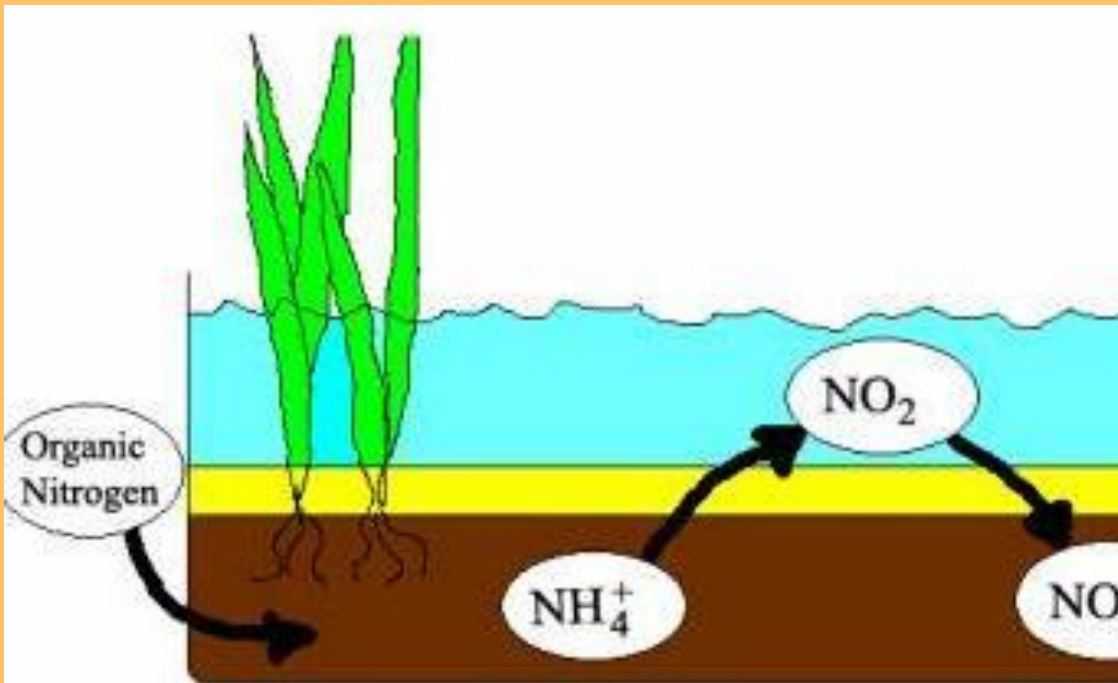
Cycle de l'azote

- Lors de la **dénitrification**, les bactéries hétérotrophes du sol (*Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*) sont capables de transformer les nitrates en azote gazeux, produisant ainsi de l'énergie.

Ce processus se produit lorsque le nitrate est utilisé dans la respiration dans des conditions anoxiques. Ainsi les inondations dans les écosystèmes agricoles, dues à une irrigation excessive, entraînent une perte de l'azote suivant ce processus.

Quel autre
système agricole
libère d'habitude
du N à
l'atmosphère?

Les rizières



Wetland Nitrogen Cycle (Gooselin



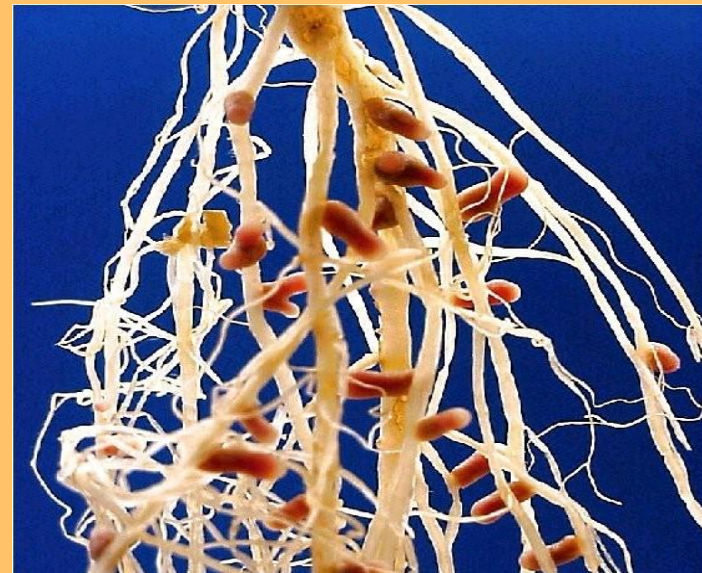
Circulation des nutriments dans les écosystèmes

-La plupart des nutriments absorbés par les végétaux proviennent du recyclage de la matière organique.

Une proportion beaucoup **plus faible** est importée: 18% de l'azote provient de l'atmosphère par fixation biologique, et un tiers du calcium et du magnésium provient de l'altération des roches.



Pour les éléments rares et essentiels tels que le N et le P, la **retranslocation** dans les plantes est très importante.



Le N est l'élément principal qui limite la production dans les écosystèmes terrestres.

Et la raison de que ce soit le principal engrais attirant l'attention des agriculteurs

Voies par lesquelles la matière circule

	N	P	K	Ca	Mg
Éléments incorporés a la PPN (Kg/ha/a)	115,4	12,3	66,9	62,2	9,5
Pourcentage qui provient de:					
Atmosphère	18	0	1	4	6
Altération de la roche	0	1	11	34	37
Retranslocation au niveau des plantes	31	28	4	0	2
Recyclage à travers la solution du sol	69	67	87	85	87

Tableau. Eléments incorporés annuellement à la biomasse végétale (PPN) dans les forêts du nord-est des États-Unis, et origine de ces éléments.

Le recyclage est la voie principale par laquelle les éléments circulent.

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

AGRICULTURE: Perte constante d'éléments

- exportation de cultures
- taillage de branches
- sous-produits (paille, feuilles)
- érosion causée par le labour

Le recyclage n'est pas la principale voie par laquelle les éléments circulent

- Ils entrent par les engrais (N, P, K,...)
- Ils sortent lors des récoltes, de l'érosion et autres sorties du système agricole.

L'agriculture moderne est plutôt linéaire que circulaire

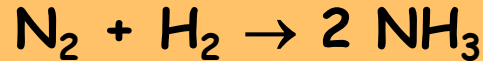
Les engrais inorganiques proviennent dans le cas du P des **phosphates**, et dans le cas de N de **l'atmosphère**.

Les engrais inorganiques sont solubles et passent directement à la solution du sol, où ils sont immédiatement disponibles pour la plante.

S'ils ne sont pas absorbés par les plantes, l'azote et le phosphore se perdent par lessivage.

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

N fixé par la méthode Haber&Bosch et transformé en ammoniac:



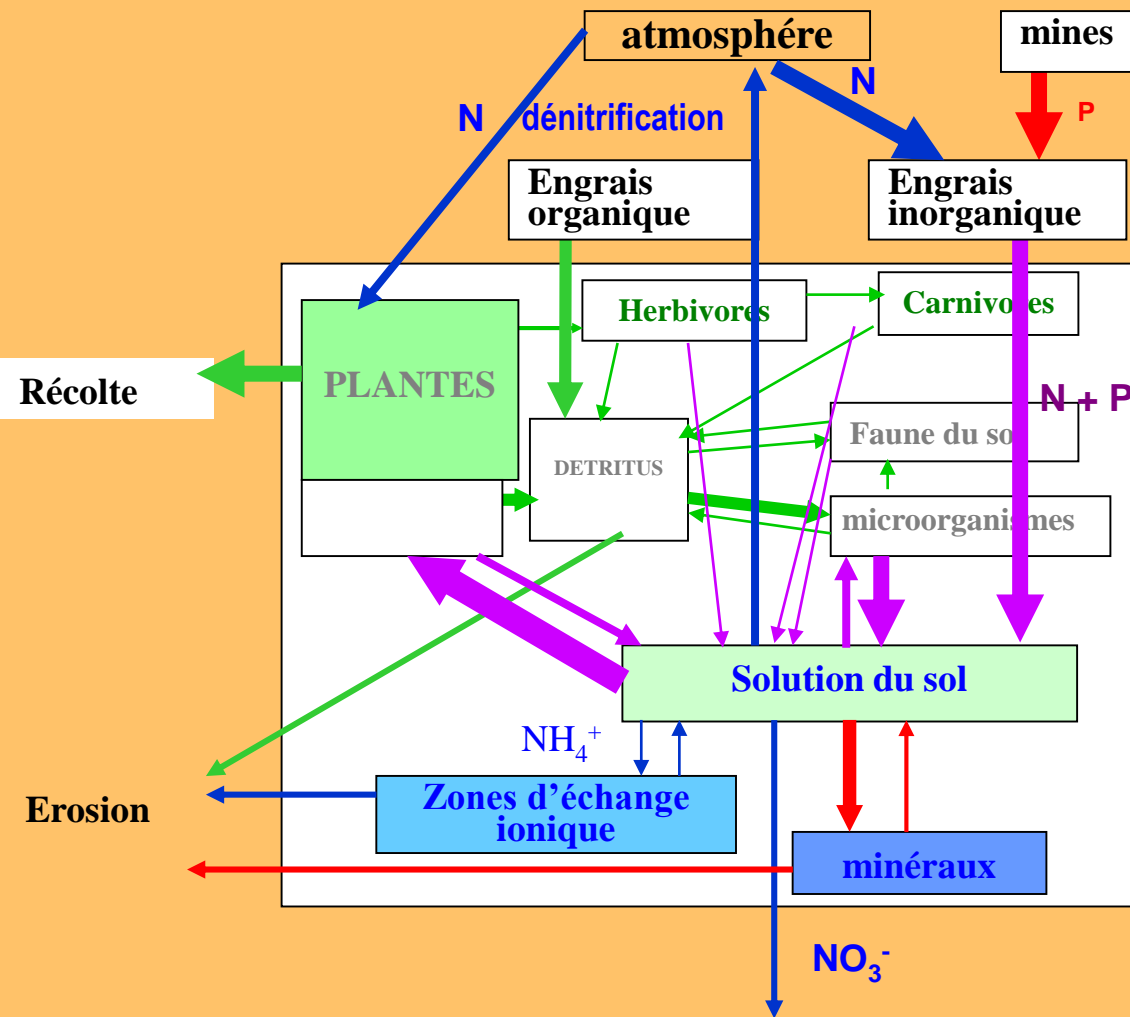
À partir de cet ammoniac, différents engrais azotés sont synthétisés:

Hydroxyde d'ammonium	NH_4OH	Phosphate diammonique	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Nitrate d'ammonium	NH_4NO_3	Nitrate de potassium	KNO_3
Phosphate d'ammonium	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Nitrate de sodium	NaNO_3
Sulfate d'ammonium	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Urée	H_2NCONH_2
Ammonium anhydre	NH_3		

La fixation industrielle de l'azote atmosphérique nécessite beaucoup d'énergie, entre 12300 et 18300 kcal par kg de N (Fluck & Baird, 1980), provenant de combustibles fossiles.

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Circulation de N et P dans les cultures



Fleches vertes: N et P comme matière organique.
Fleches mauves: N et P inorganiques. **Fleches rouges,** P inorganique. **Fleches bleues:** N inorganique.

Une **fertilisation excessive** avec N, ou à un moment du cycle des plantes où elles poussent peu, produit des quantités importantes de nitrates provenant de l'agroécosystème, qui aboutissent dans les **aquifères et les écosystèmes aquatiques**. Ceci modifie profondément leur fonctionnement biologique et rend l'eau inutilisable pour la consommation humaine (les nitrates ont des effets néfastes sur la santé). Les conséquences de l'excès de nutriments dans les eaux s'appelle **eutrophisation**

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Engrais organiques

fumier, compost, résidus de récolte, engrais verts, etc.

- Ils ne fournissent pas d'azote et de phosphore à la solution de sol immédiatement. Tout d'abord, la matière organique doit être décomposée par les micro-organismes pour que les matériaux soient libérés.
- Une libération graduelle freine la perte d'azote par lessivage, et le P par immobilisation, car lorsqu'elle est libérée à un faible rythme, la libération est équilibrée par rapport à l'absorption des plantes.
- Il dépend des caractéristiques des éléments utilisés comme engrais, notamment de la teneur en N (rapport C / N).



Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Composé	C/N	% N	Quantité nécessaire pour obtenir 100 kg/ha
Urée	0,43:1	45	220 kg
Paille de légumineuse	20:1	2,5	4000 kg
Paille de graminée	60:1	0,5	20000 kg

Un engrais organique très pauvre en azote se décompose lentement, libérant de l'azote à un taux qui ne répond peut-être pas aux besoins des cultures.

Un engrais qui se décompose rapidement peut libérer de l'azote à un taux supérieur aux besoins de la culture, et sera perdu par lessivage.

Il est important de choisir un composé organique qui se décompose dans un rythme qui suit les besoins en azote de la plante.

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Sortie des nutriments des cultures.

- Perte de sols agricoles due à l'érosion hydrique et éolienne (agriculture mécanisée)

- On estime que mondialement, environ $75 * 10^9$ tonnes de sol fertile par an sont perdues des sols agricoles. En moyenne, **13 à 40 Tm/ha/an**.

Dans les sols non destinés à l'agriculture, entre **0,01 et 2 Tm/ha/an** sont perdues.



Cela représente une perte de nutriments très remarquable:

- 1 - 6 kg de N,
- 1 - 3 kg de P
- 2 - 30 kg de K

par **tonne de sol perdu / an**

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles



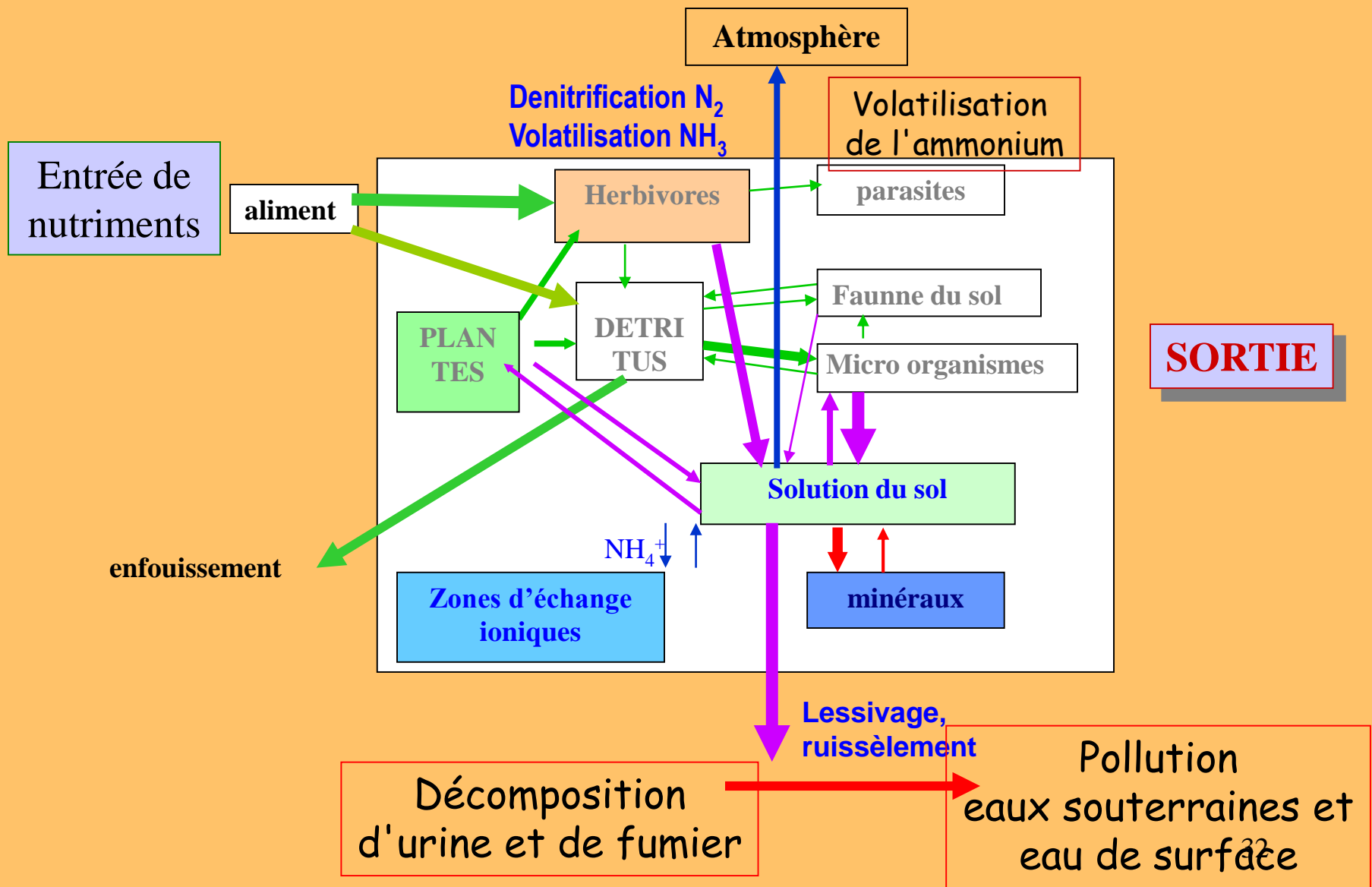
Perte de N par dénitrification
dans les cultures inondées telles
que le riz.

Traditionnellement, cette perte était compensée par la fixation de l'azote par des cyanobactéries qui se développent dans l'eau.

Actuellement, elle est compensée par une augmentation de la dose d'engrais.

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Circulation de N et P dans les élevages



Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

Le recyclage des éléments des exploitations vers les cultures éviterait:

- 1- Les problèmes environnementaux dérivés de la pollution de l'eau,
- 2- Cela permettrait d'économiser beaucoup de pétrole (exploitation minière, fixation industrielle de l'azote)
- 3- Cela signifierait une utilisation beaucoup plus efficace des éléments.

On a estimé que le fumier produit dans les fermes américaines représenterait 12% de l'azote, 32% du phosphore et 30% du potassium requis pour les cultures.



Les limites du recyclage sont fondamentalement économiques: coût élevé du transport du fumier et de son extension sur le terrain.

Pour quoi?

À cause de la déconnexion entre l'agriculture et l'élevage

Circulation des éléments dans les écosystèmes agricoles

- Paradoxe: les agriculteurs dépensent des sommes énormes pour l'acquisition d'engrais, alors que les éleveurs en font autant pour se débarrasser du fumier.
- Un moyen qui permettrait d'accroître le recyclage des éléments serait d'intégrer dans une même exploitation l'agriculture et l'élevage.



Distributeur de fumier en tant qu'engrais

Bibliographie

Citations basiques.

- Atlas, R.M.; Bartha, R. (2002) **Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental**. Addison Wesley. Madrid. 4º edición. 477 páginas. Páginas para este tema: 97-166.
- Begon, M.; Harper, J.L. y Townsend, C.R. (1987). **Ecología: individuos, poblaciones y comunidades**. Ediciones Omega. Barcelona. 886 páginas. Páginas para este tema: 391-421.
- Fernández Alés R. & Leiva Morales M.J. (2003) **Ecología para la agricultura**. Mundiprensa, Madrid. Páginas para este tema: 91-100.
- Margalef, R. (1974). **Ecología**. Ediciones Omega. Barcelona. 951 páginas. Páginas para este tema: 543-546.

Citations complémentaires.

- Nebel, B.J.; Wrigth, R T. (1999) **Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible**. Prentice and hall. Madrid. Páginas recomendadas: 399-428.
- Schlesinger, W.H. (2000). **Biogeoquímica. Un análisis del cambio global**. Ariel Ciencia. Barcelona. 578 páginas. Páginas para este tema: 129-346.
- Terradas, J. (2001) **Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes**. Omega. Barcelona. 703 páginas. Páginas Páginas para este tema: 253-284.

Activité précédentes

Expliquez comment vous augmenteriez la production végétale d'une oliveraie, sans avoir de limitation dans l'investissement, quels impacts environnementaux pourraient entraîner les modifications proposées.

Indiquez les propositions que vous considérez comme étant, du point de vue économique, non viables.