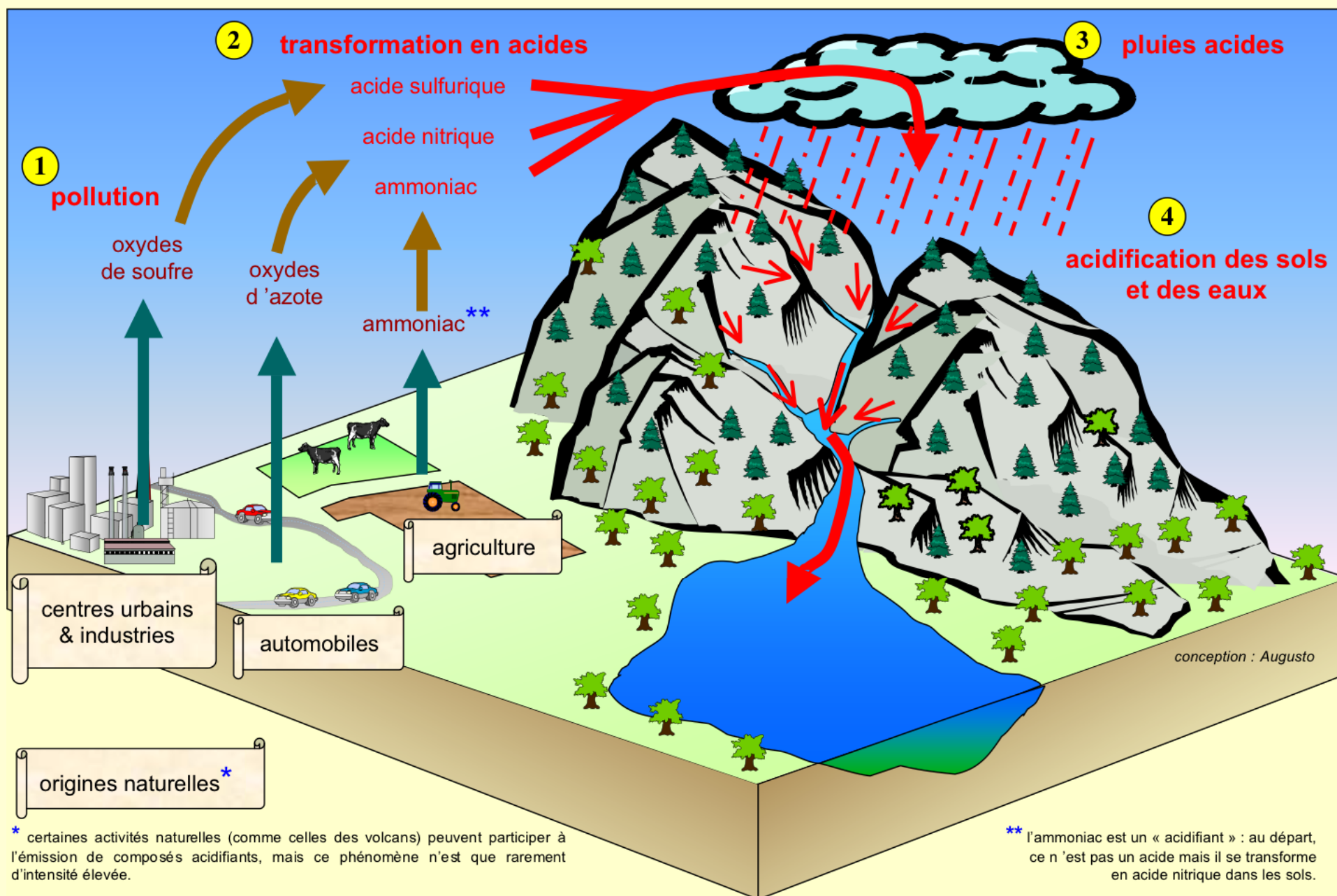


Pollution atmosphérique acide et azotée: des effets variés, des dynamiques lentes

Etienne Dambrine, INRA Nancy
Jean Luc Dupouey, INRA Nancy
A. Probst, CNRS Toulouse
F. Guerold, Université Metz

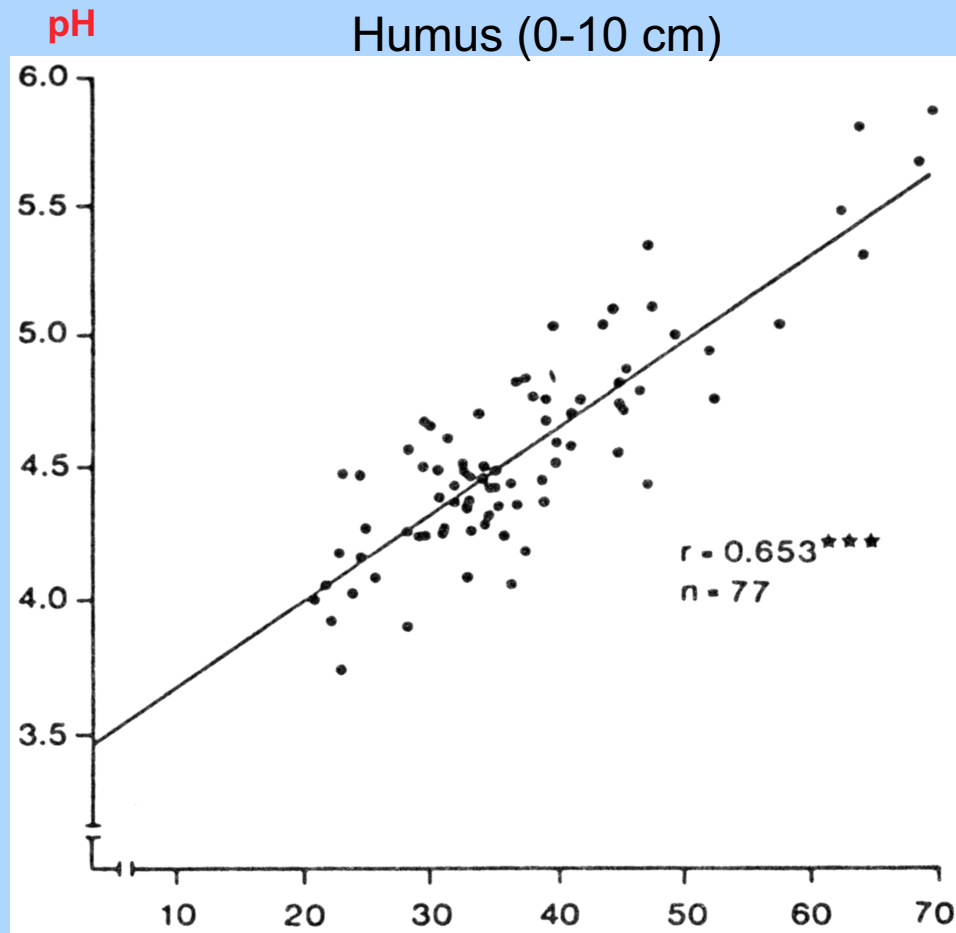
<http://www.nancy.inra.fr/acidification/index.html>.

La pollution atmosphérique est à l'origine des dépôts d'acides

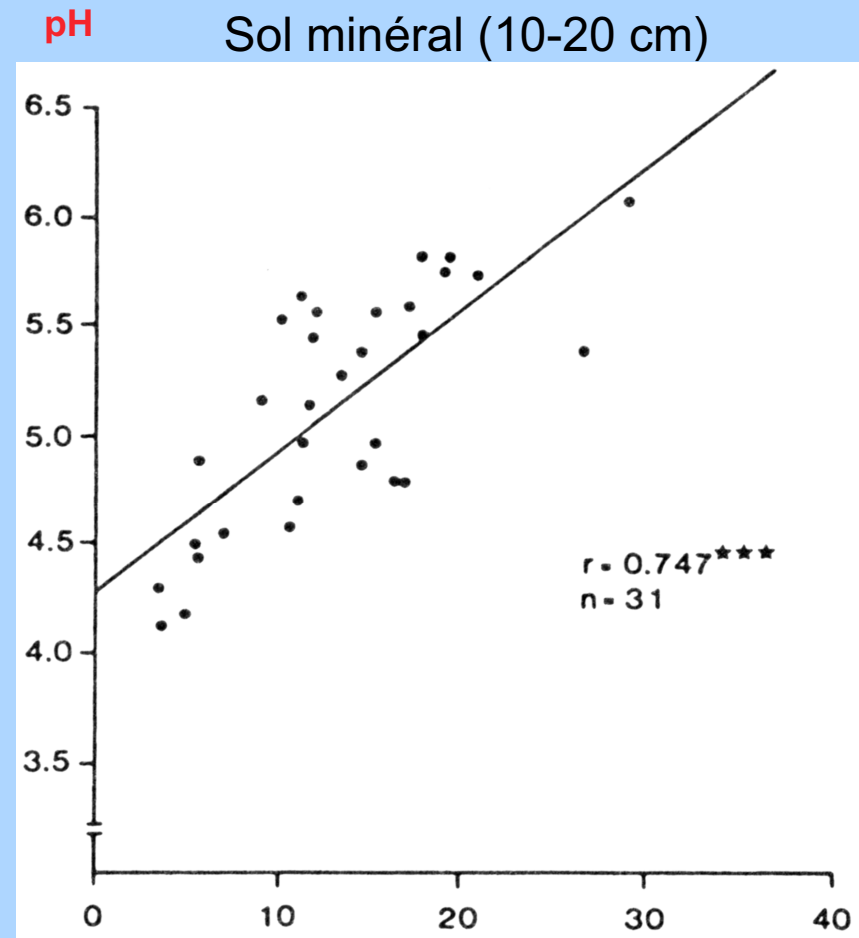


le pH des sols varie comme le taux de saturation
en Ca + Mg + K de la capacité d'échange des sols

Les sols acides sont pauvres en Ca échangeable = assimilable

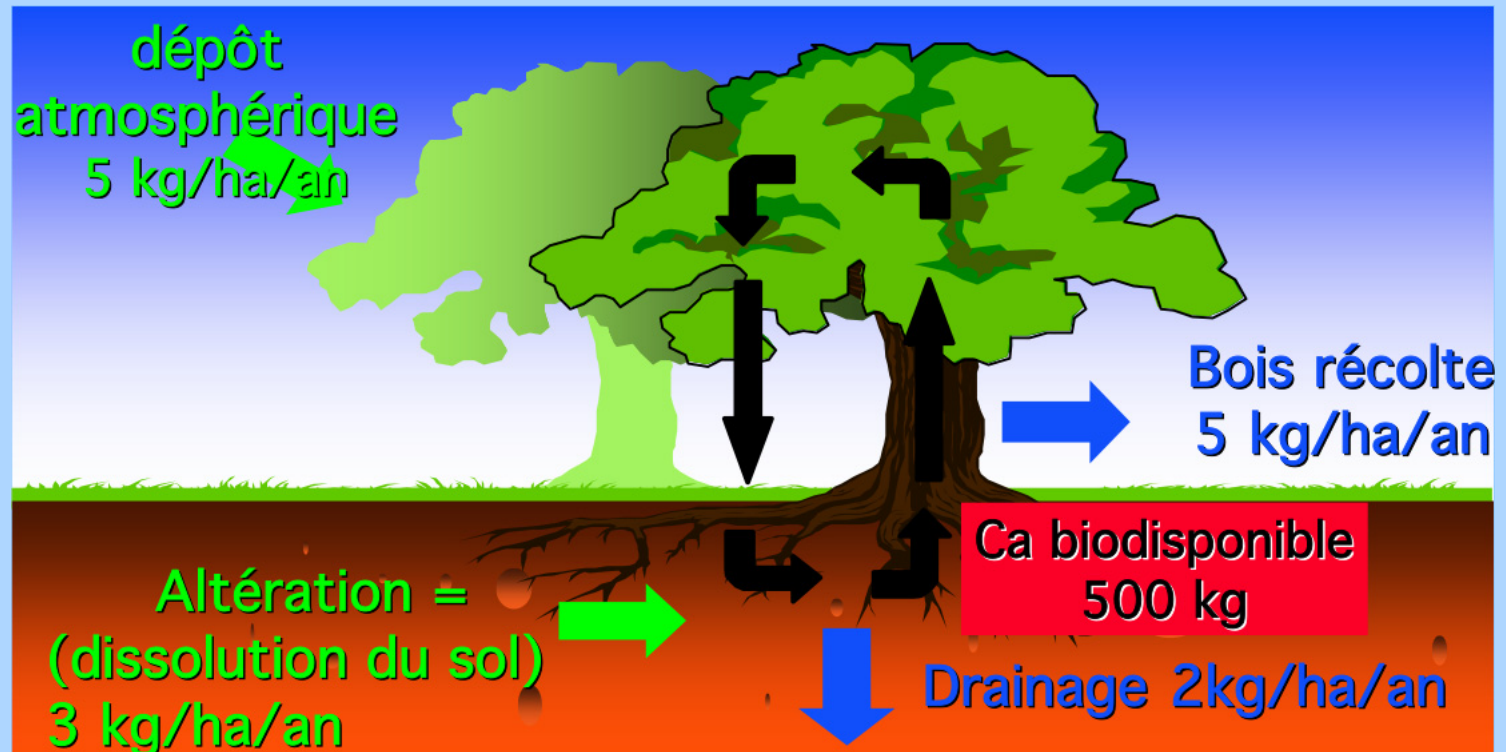


Taux de saturation en Ca+Mg+K (%)



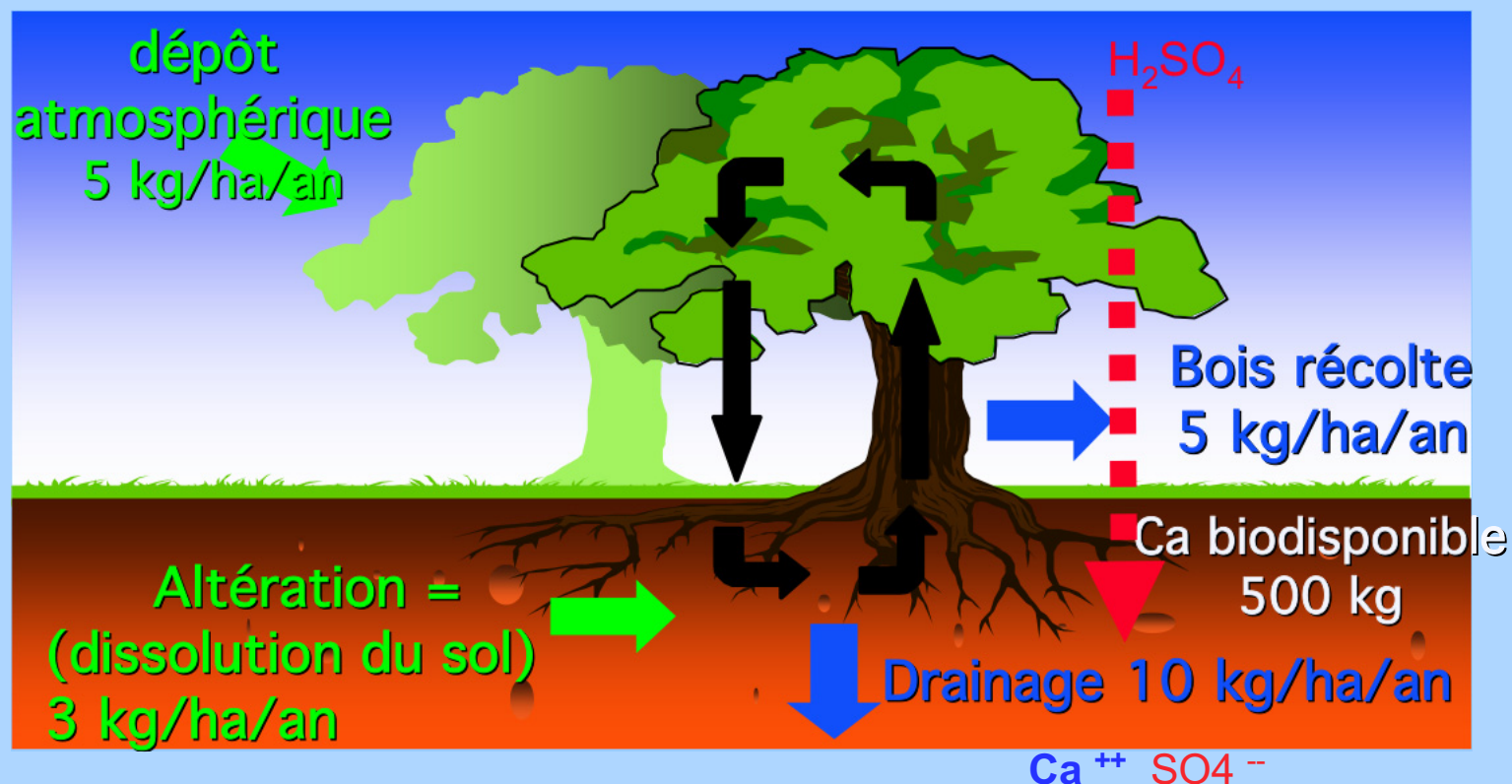
Taux de saturation en Ca+Mg+K (%)

Origine du Ca d'un sol forestier acide et pauvre



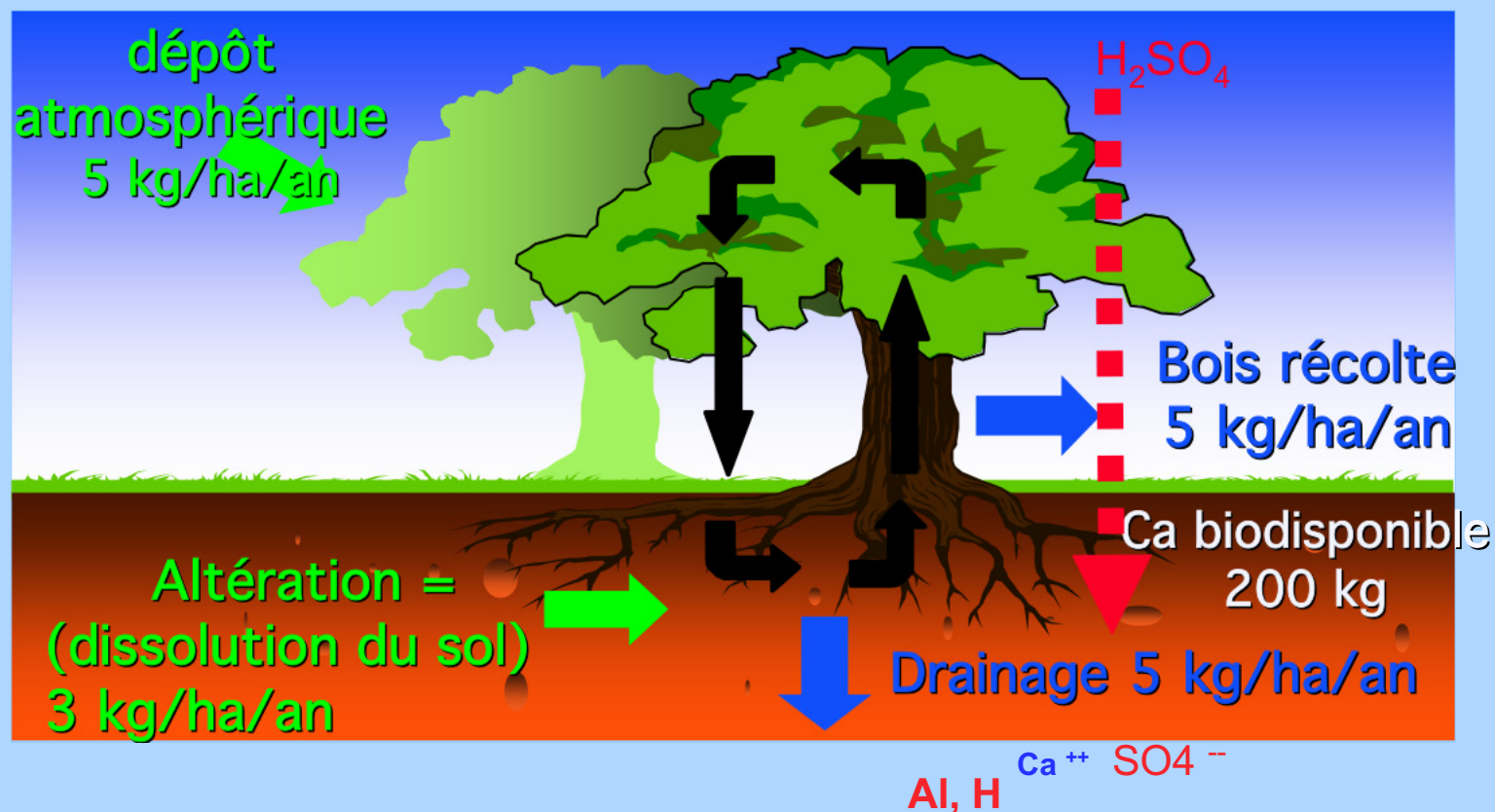
Etat stable = bilan équilibré: apports \geq pertes
dépôt atmosphérique + altération = Drainage + récolte

Ecosystème forestier acide pauvre



ACIDIFICATION initiale: Bilan déséquilibré: apports (8kg) < pertes (15 kg)
déficit = $7/500 = 1,5\%$ du stock biodisponible

Ecosystème forestier acide pauvre



ACIDIFICATION finale: Bilan déséquilibré: apports (8kg) < pertes (10 kg)
déficit = $2/500 = 1\%$ du stock biodisponible
Drainage d'Al et H⁺

Effets des pluies acides et de l'exploitation forestière

- On peut quantifier leurs rôles relatifs en mesurant
- la proportion des éléments minéraux perdus par drainage, provoqué par l'acidité des pluies. **Pb de référence*
- la proportion des éléments minéraux contenus dans le bois et exportés lors de l'exploitation forestière.
- Grossièrement, dans les Vosges:
 - En 1980: dépôts acides = 50-80 % de l' acidification
 - Actuellement: dépôts acides = 20-50% de l' acidification

Mais c'est un peu plus compliqué...

- *L'extension des plantations d'Epicea*

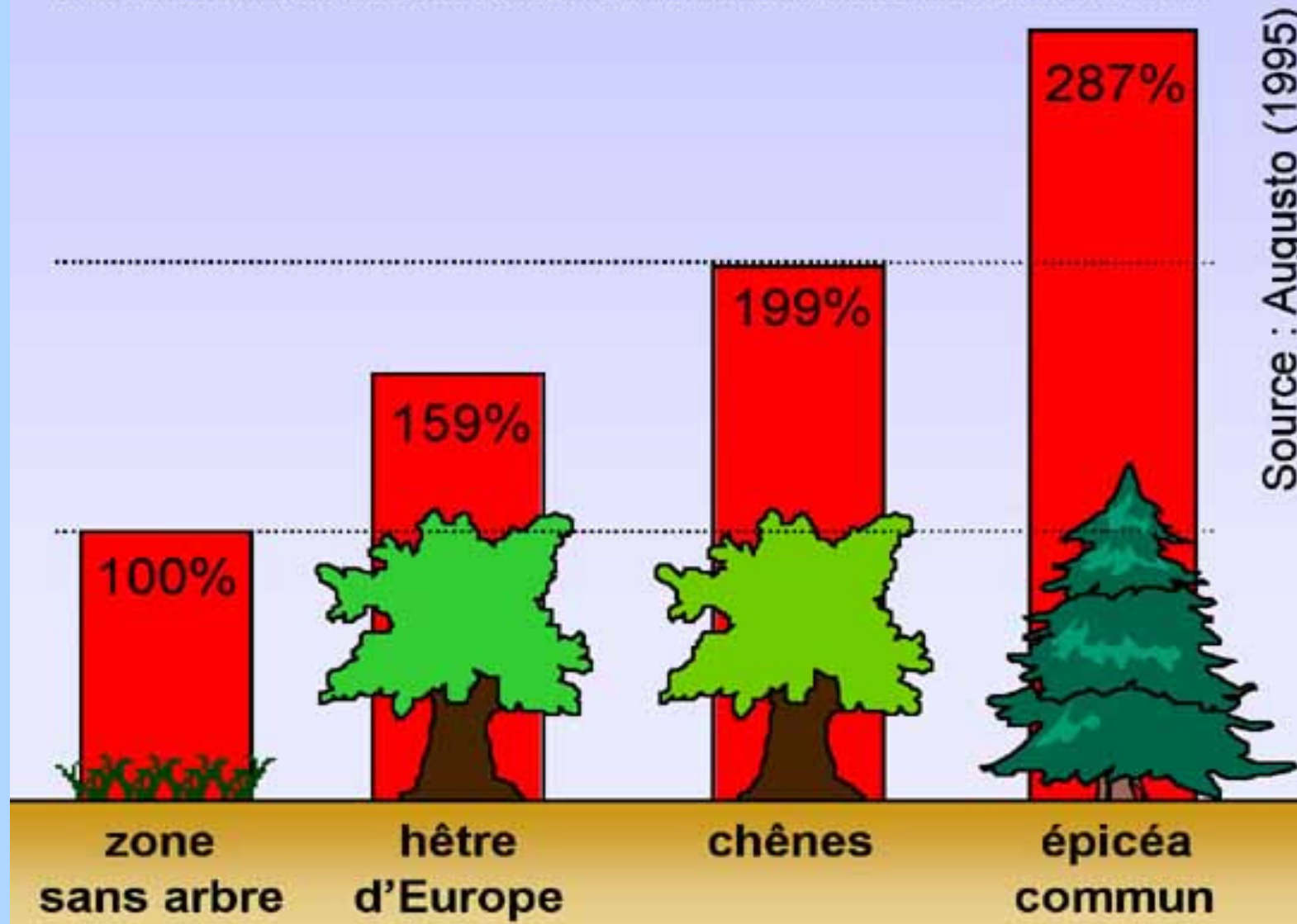


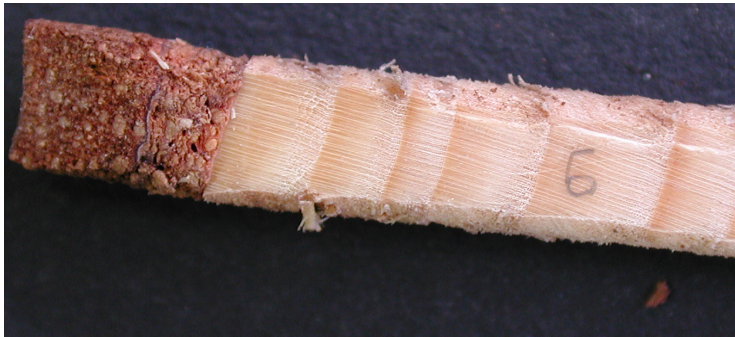
1914



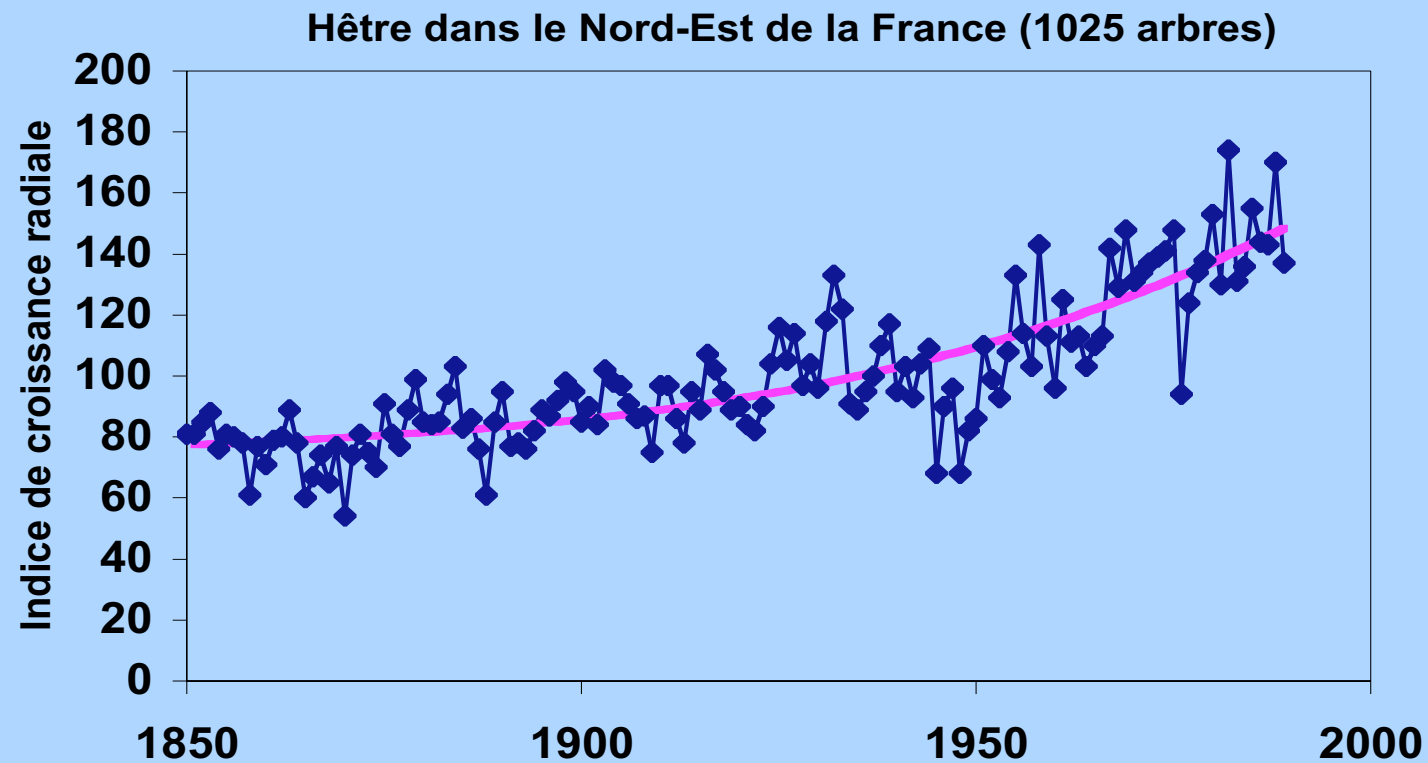
1995

dépôt atmosphérique de Soufre
(en % par rapport à une zone sans arbre)

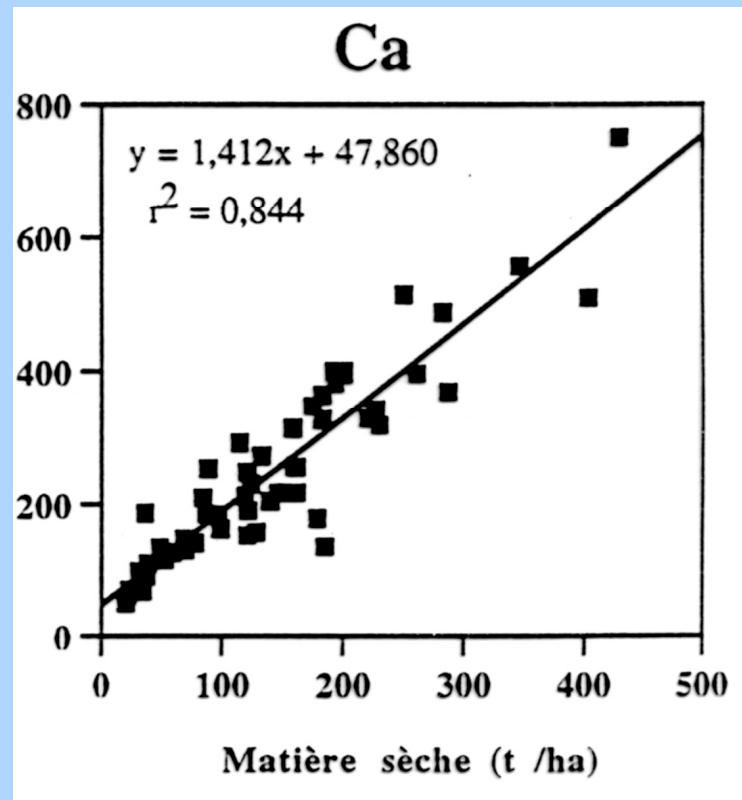




La croissance forestière augmente

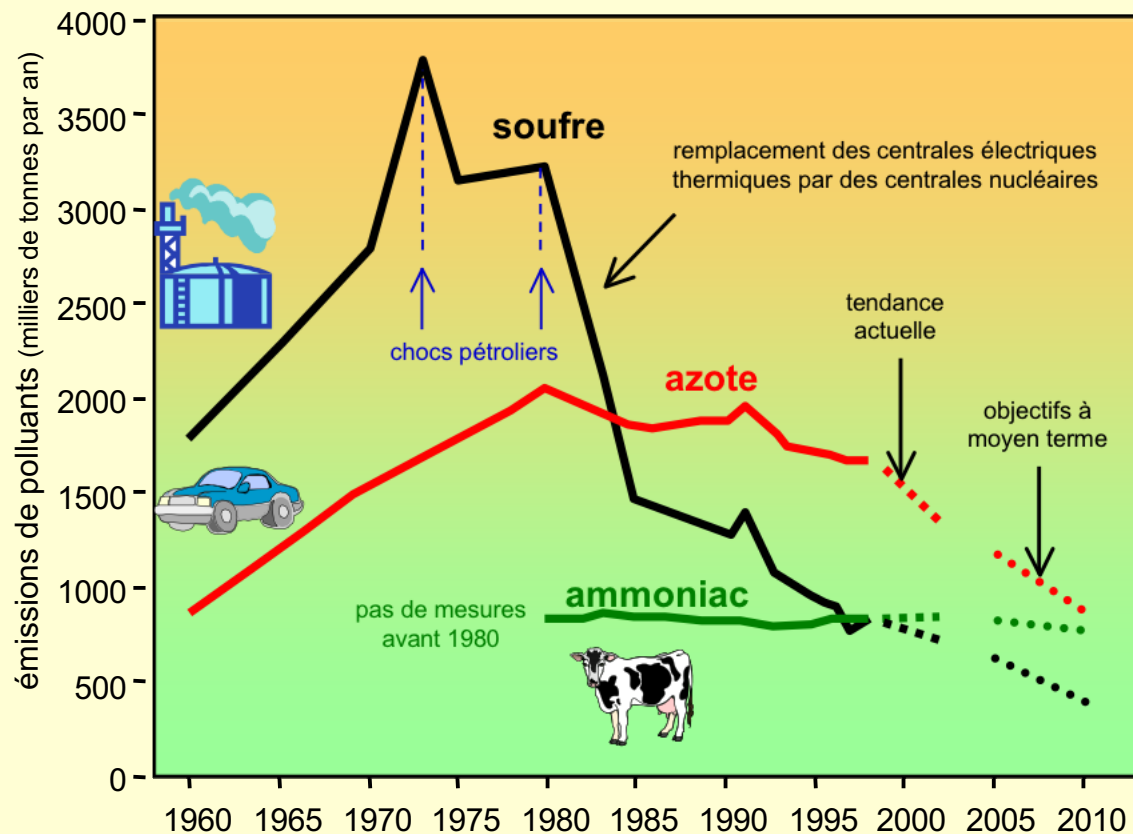


Immobilisation de Ca dans le bois
proportionnelle à la biomasse de tronc produite



In Ranger., 2000

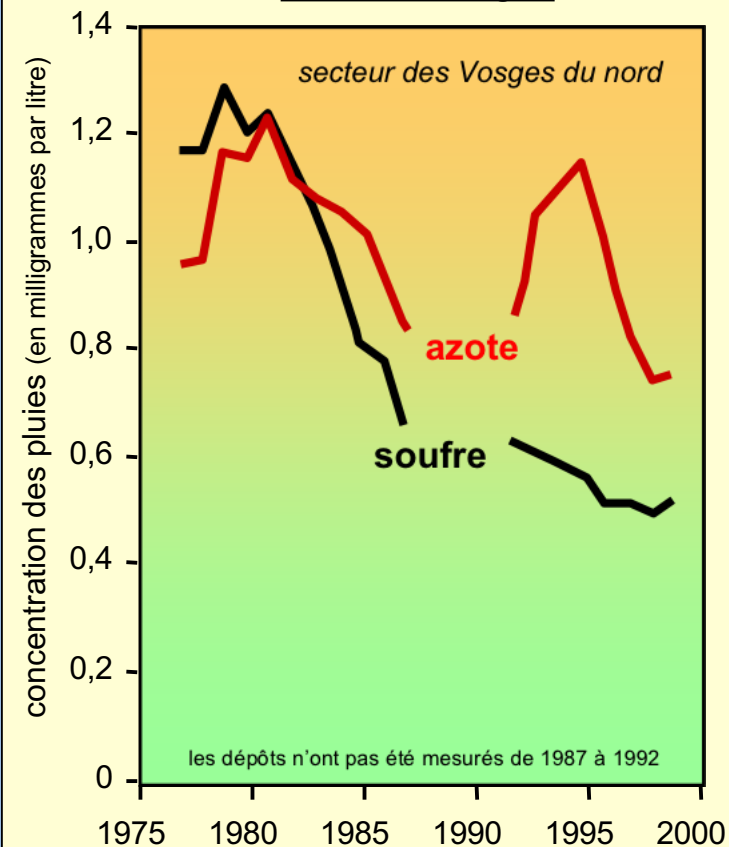
La pollution atmosphérique azotée reste élevée en France



les **industries** émettent plus de 80% des oxydes de soufre
 les **transports routiers** émettent 50% des oxydes d'azote
 l'**agriculture** émet plus de 90% de l'ammoniac

Sources :
 CITEPA (1960-2002)
 EMEP (2005-2010)

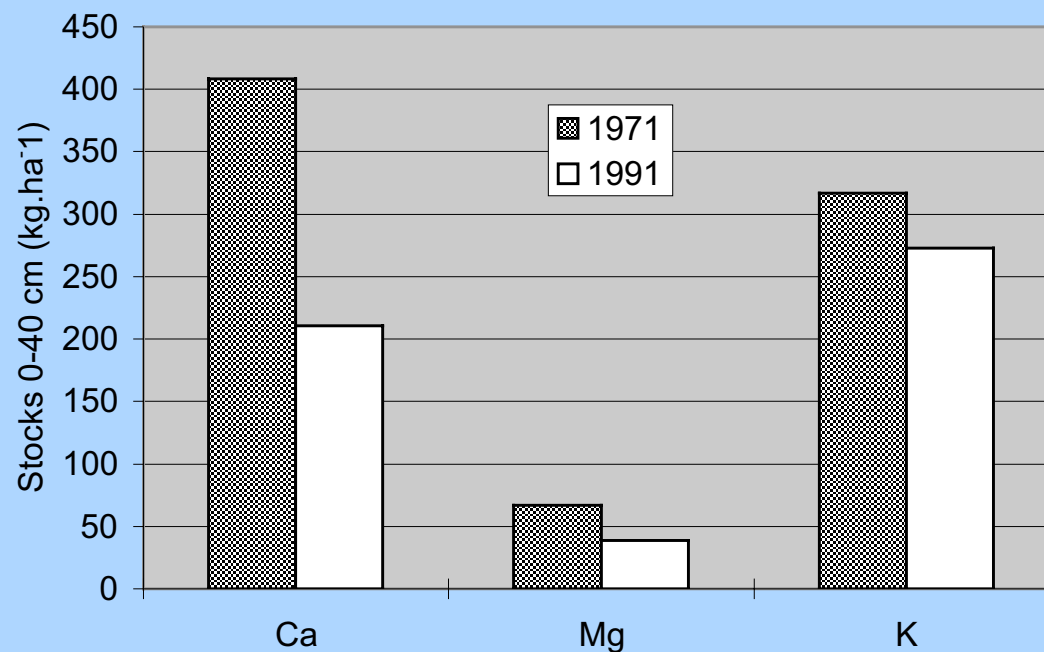
Les dépôts d'azote restent élevés dans les Vosges



Source : ONF

Pertes de cations dans les hêtraies sur sol acide du NE

Thimonier *et al.*, 2000

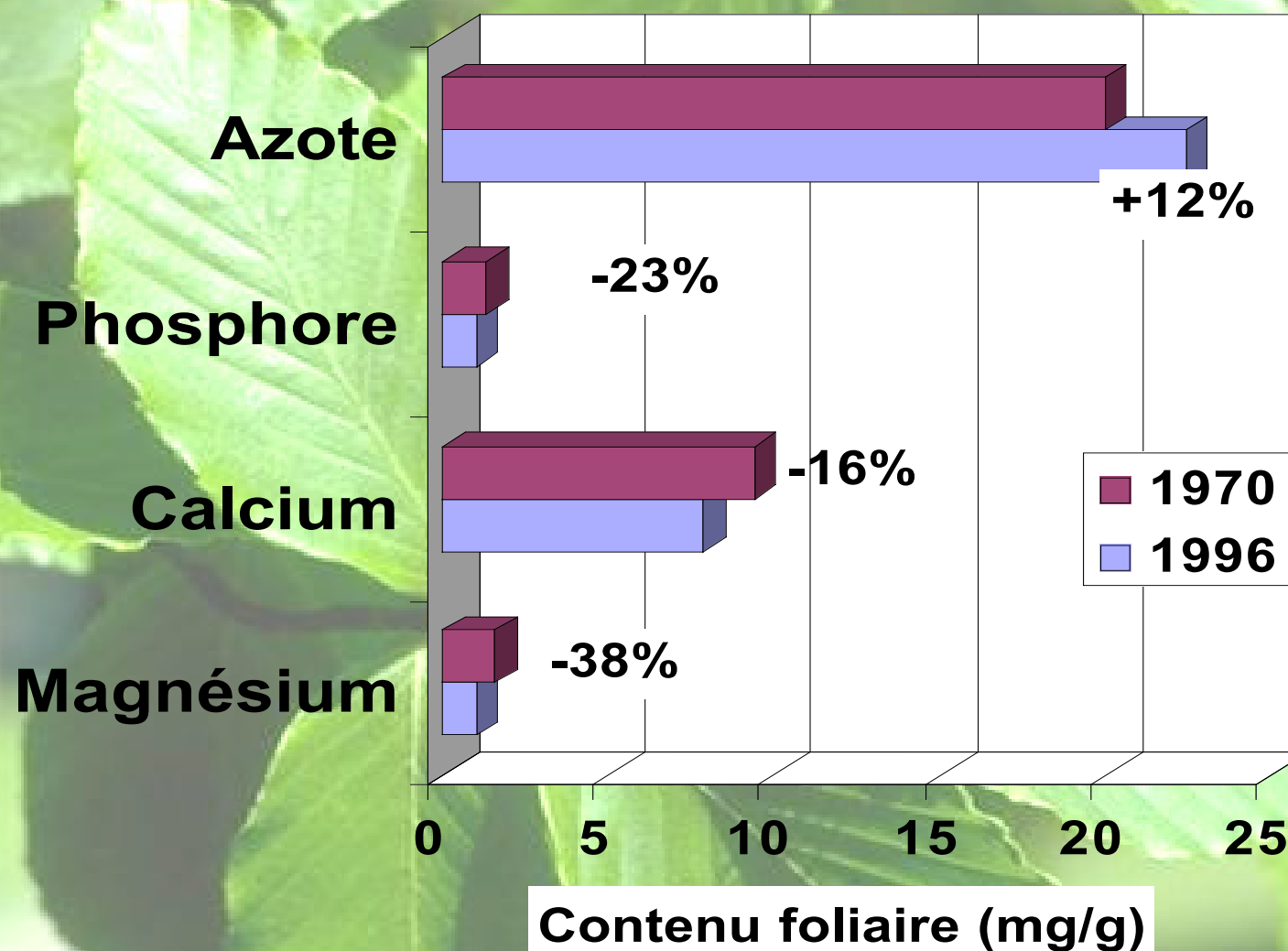


Ca : -15 kg.ha⁻¹.an⁻¹

Mg : -2 kg.ha⁻¹.an⁻¹

Peu de données plus récentes. Résultats prochainement grâce au réseau Renecofor

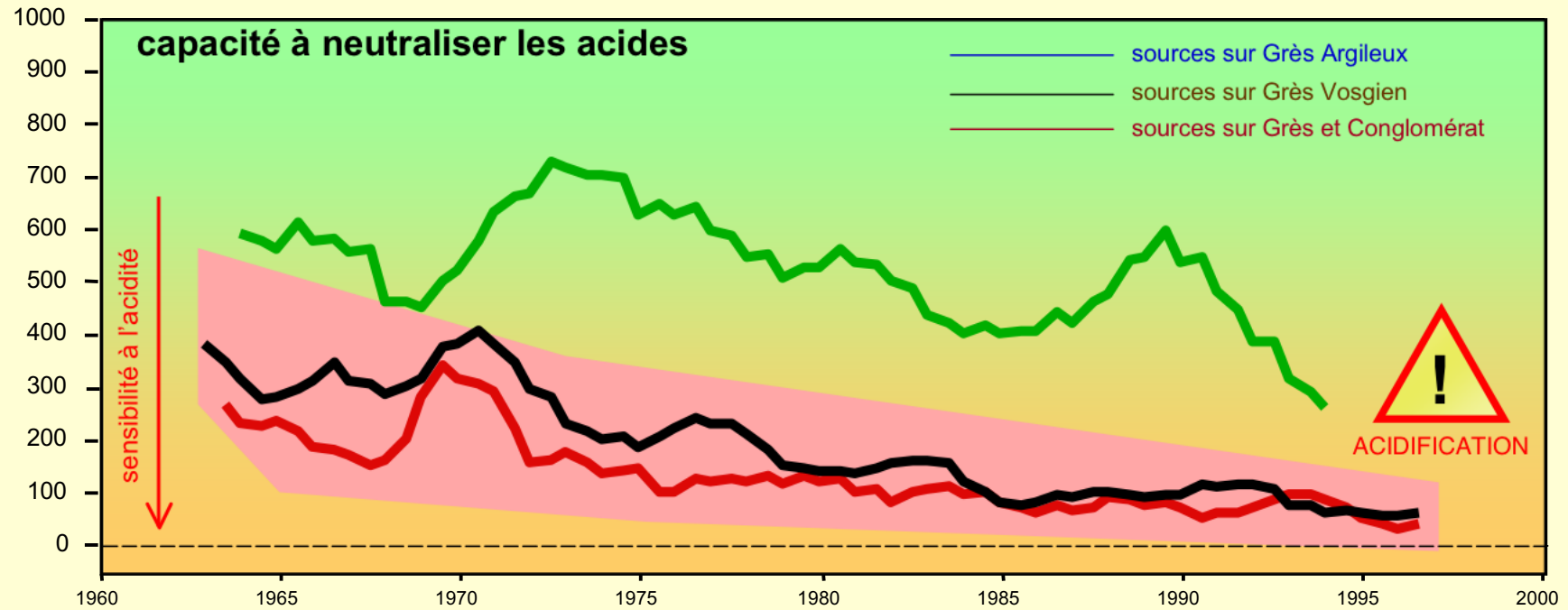
Des déséquilibres de nutrition des arbres



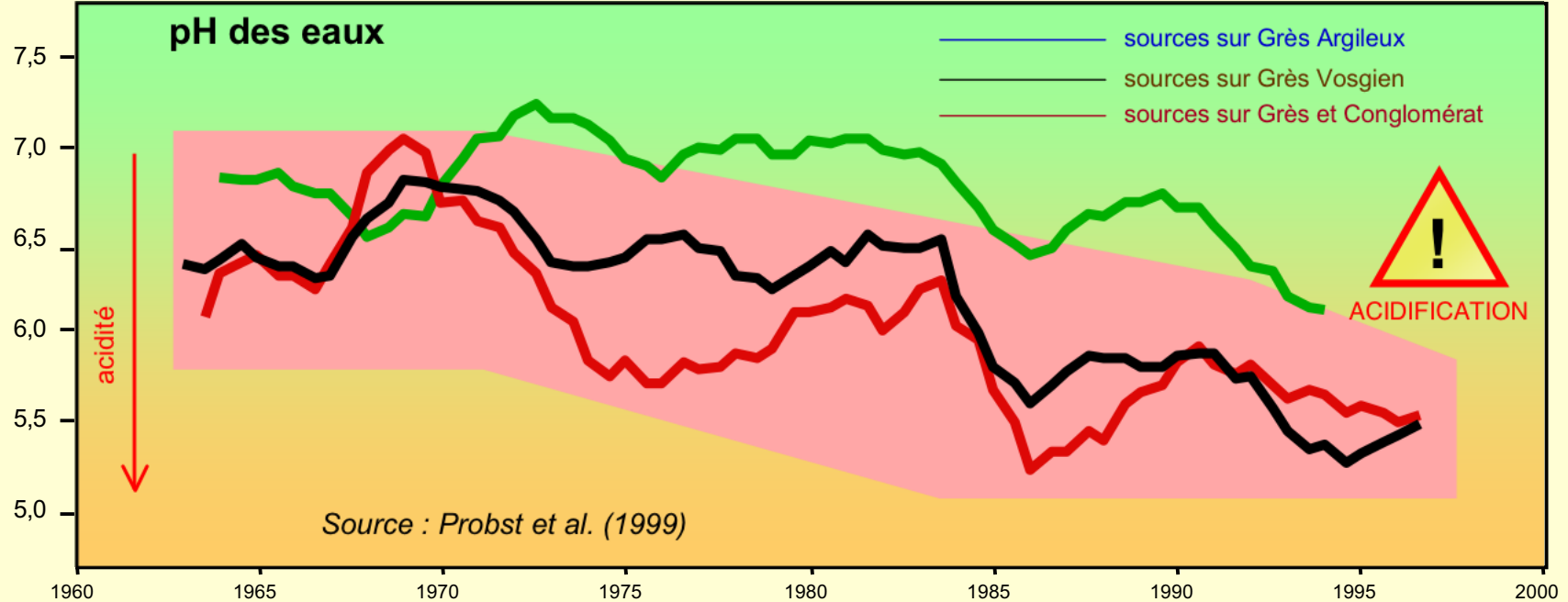
Duquesnay et Dupouey 2001

L'eau des sources issues du grès vosgien devient acide

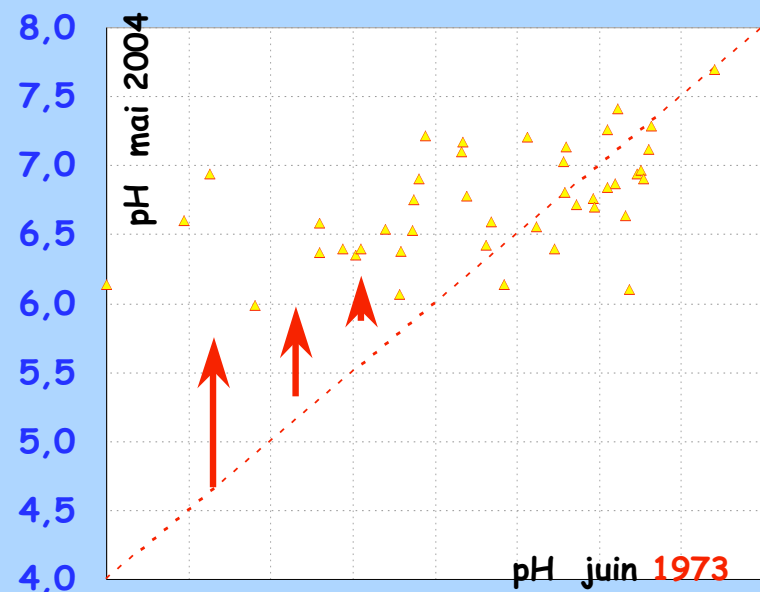
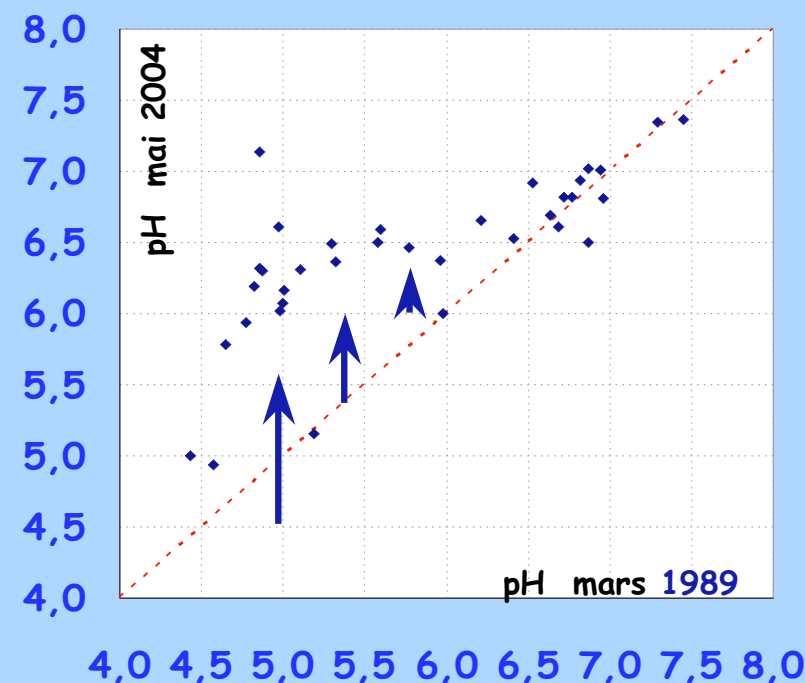
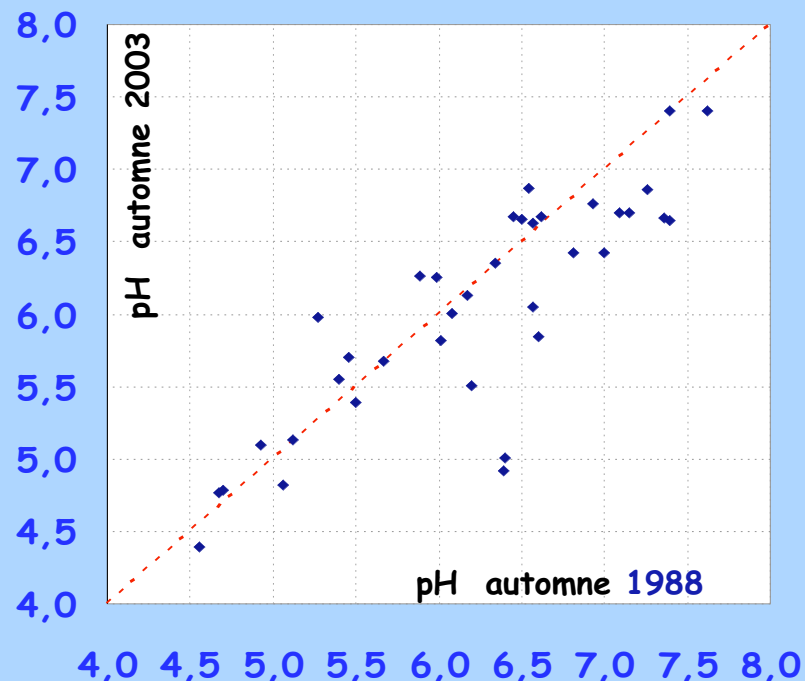
Capacité à neutraliser les acides
(microéquivalents par litre)



pH des sources



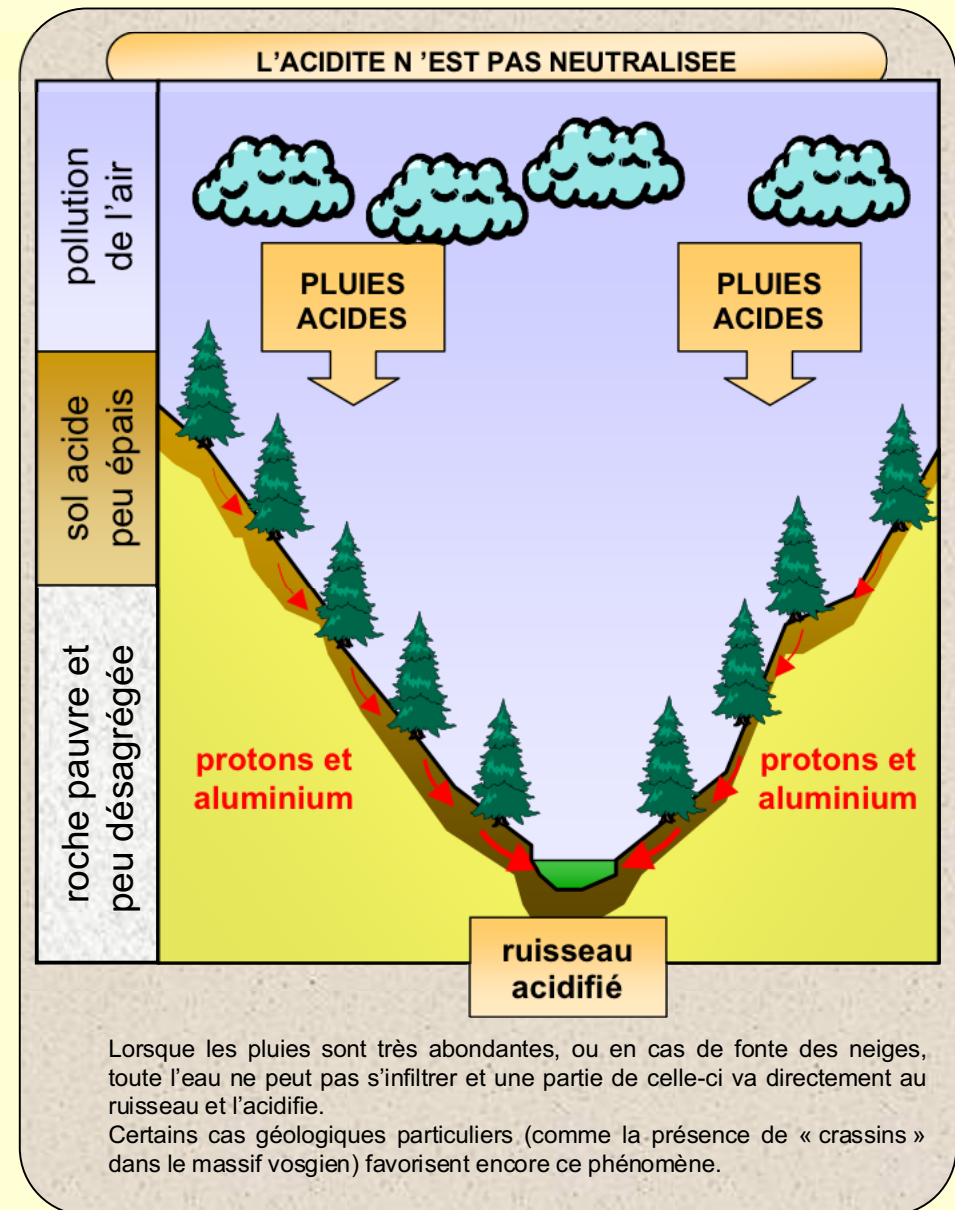
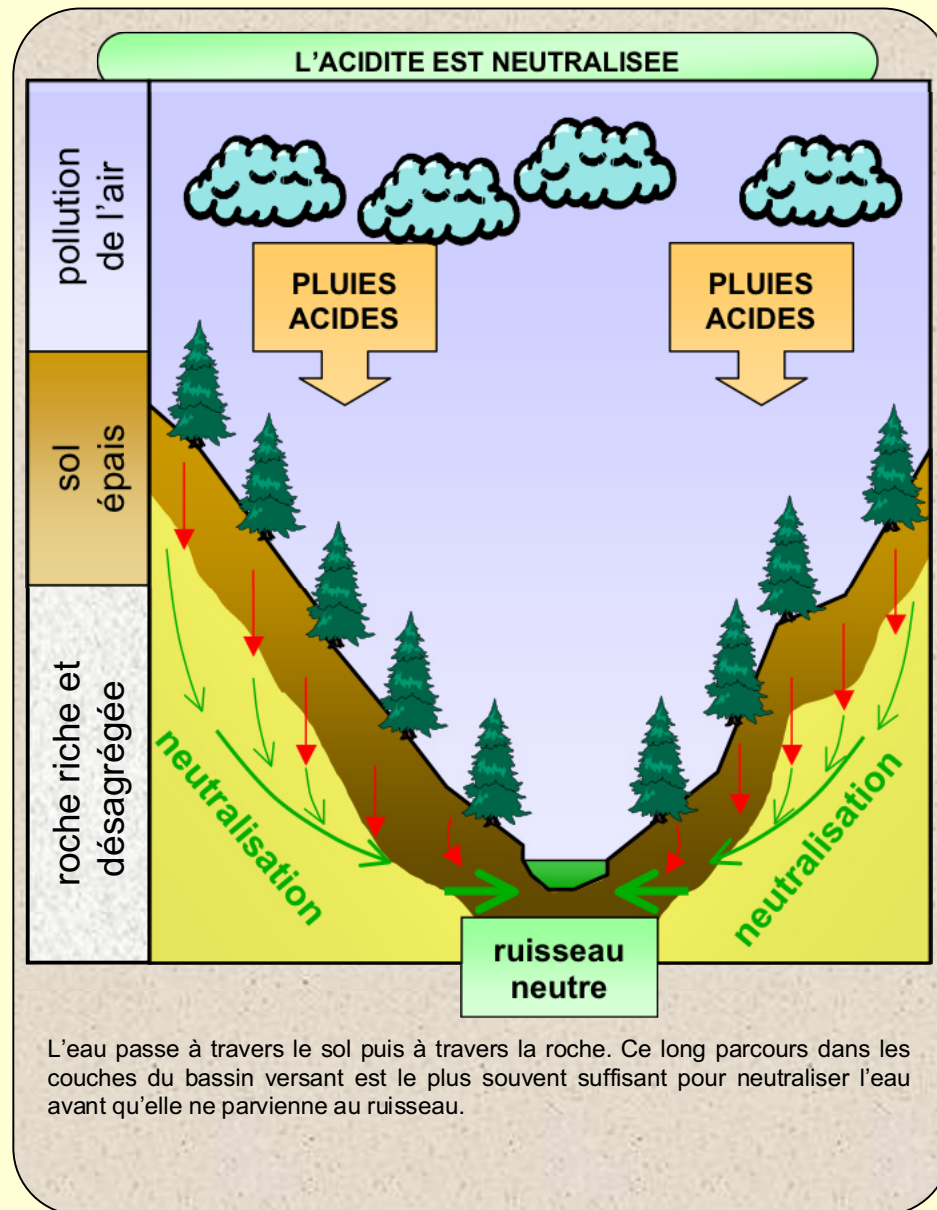
Réduction de l'acidité des ruisseaux au printemps



→ amélioration printanière du pH sur 15 et 30 ans, pour les ruisseaux les plus acides

Angéli et al., 2005

L'évolution de l'acidité des cours d'eau dépend du chemin de l'eau



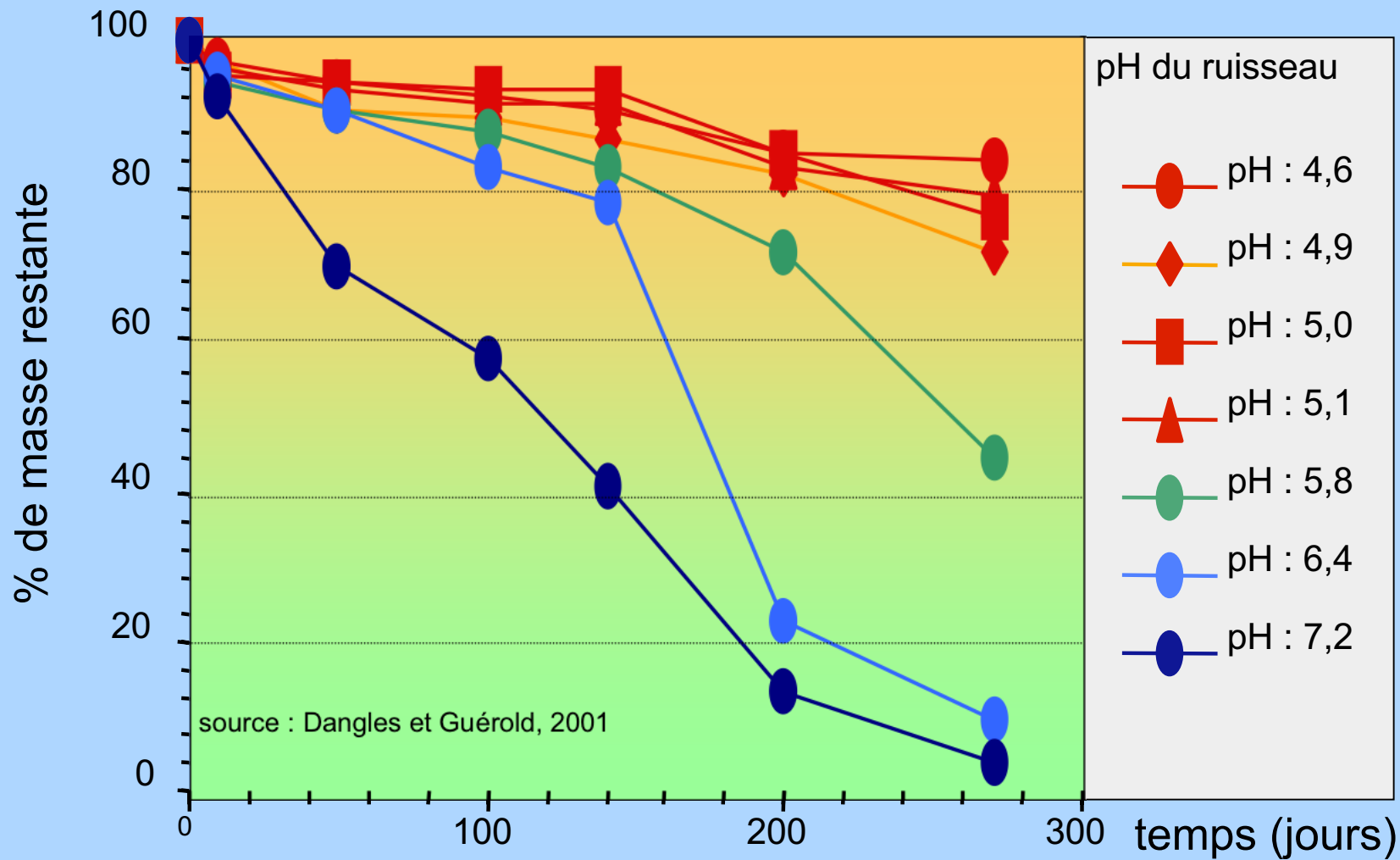
→ eau neutre et sans aluminium

→ eau acide et contenant de l'aluminium

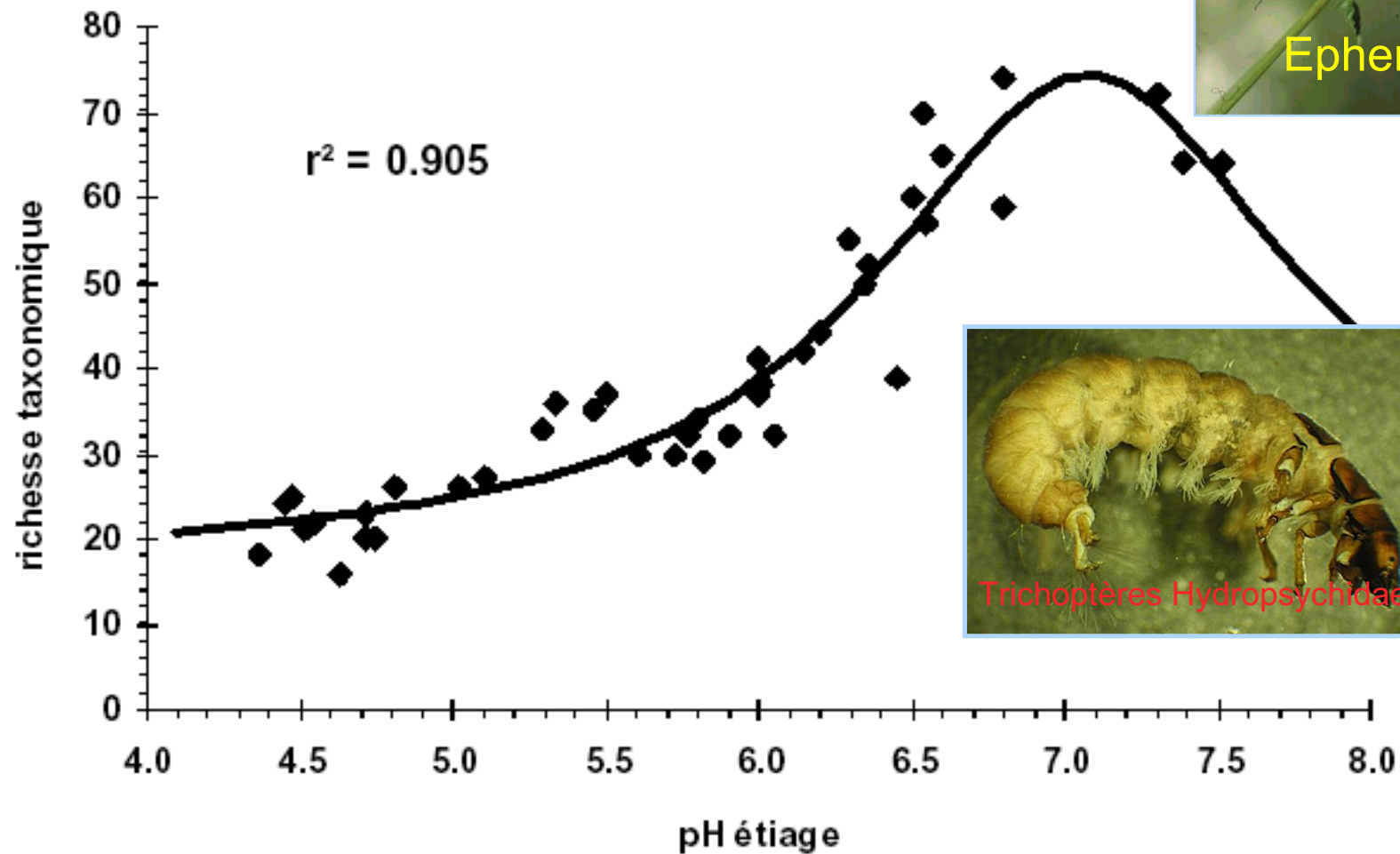
conception : Augusto

Conséquences:

Les litières se décomposent lentement dans les eaux acides



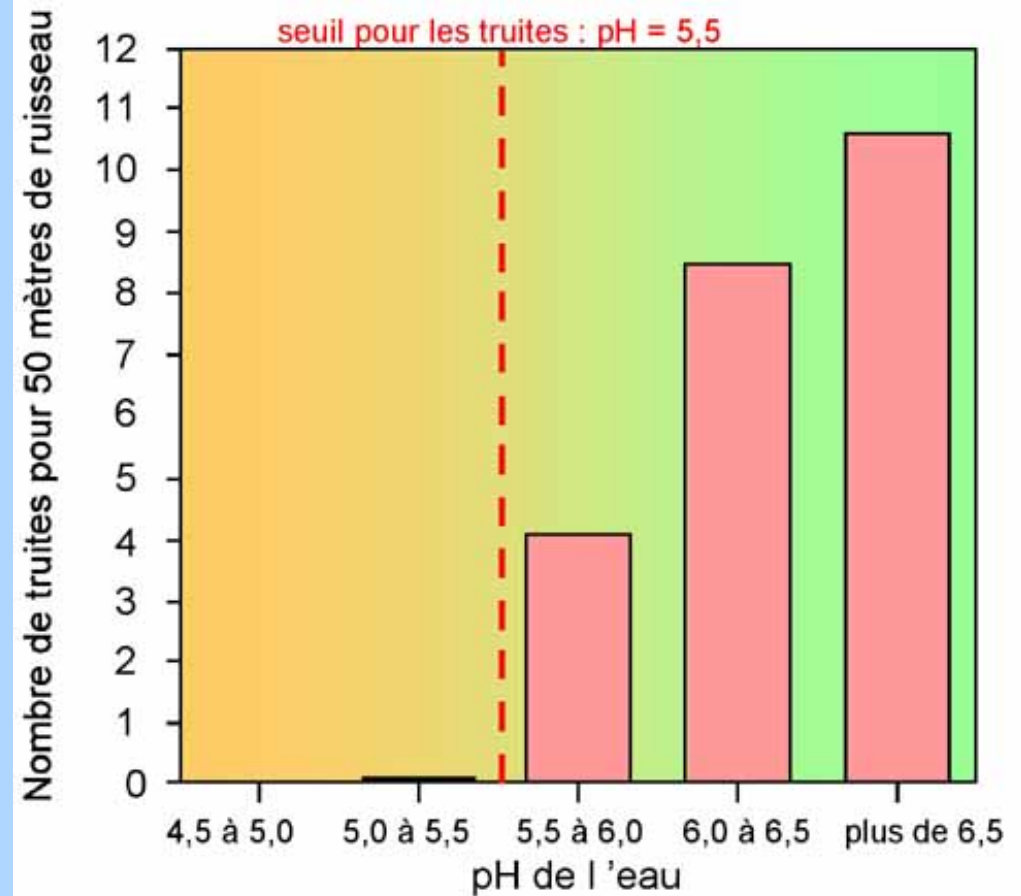
La biodiversité en invertébrés est réduite dans les eaux acides (nombre de genres ou d'espèces)



Source: Guerold et Dangles

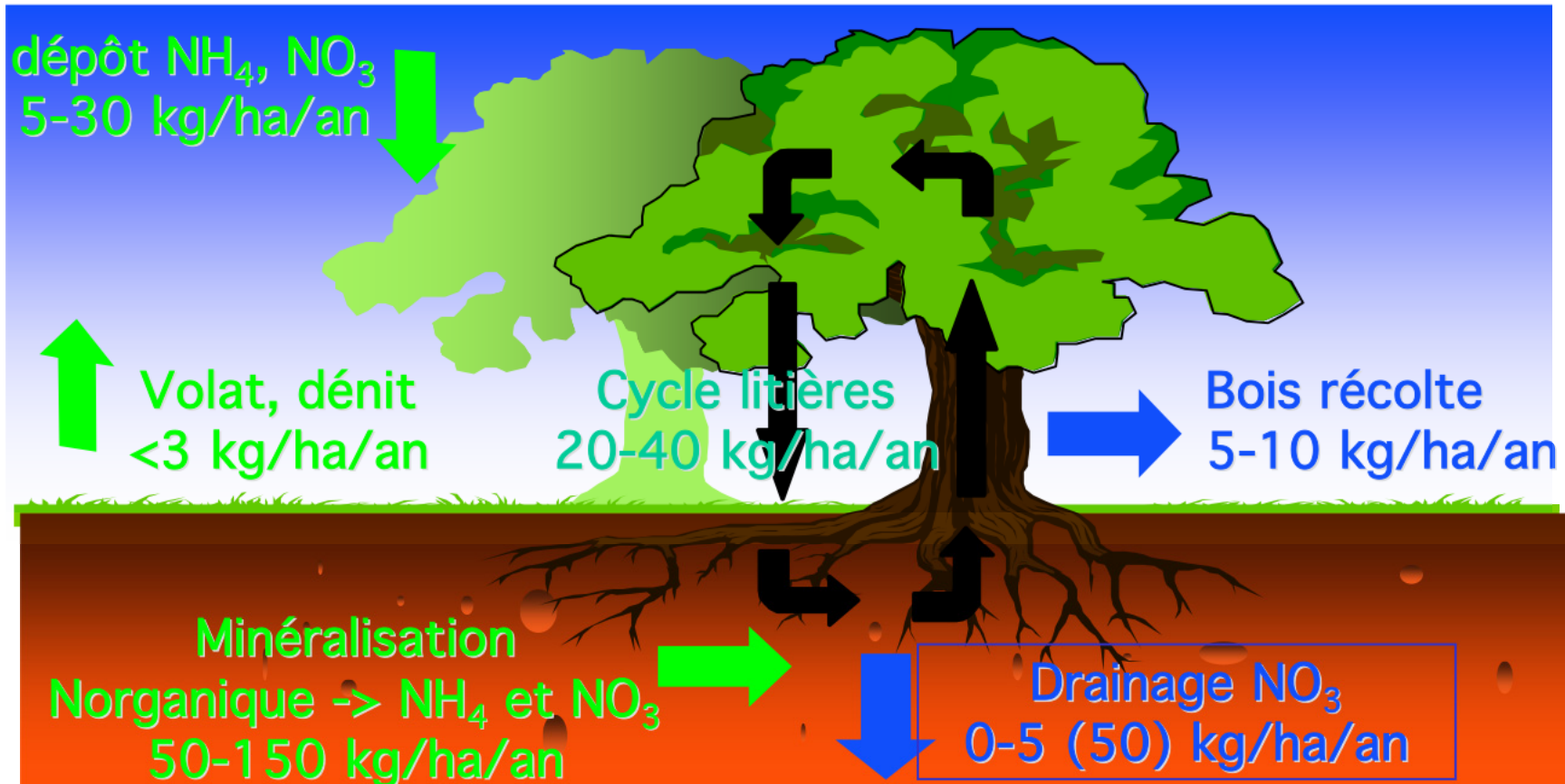


L'acidité des ruisseaux est néfaste aux truites



Source : Probst et al. (1990)

Le cycle biogéochimique de l'azote

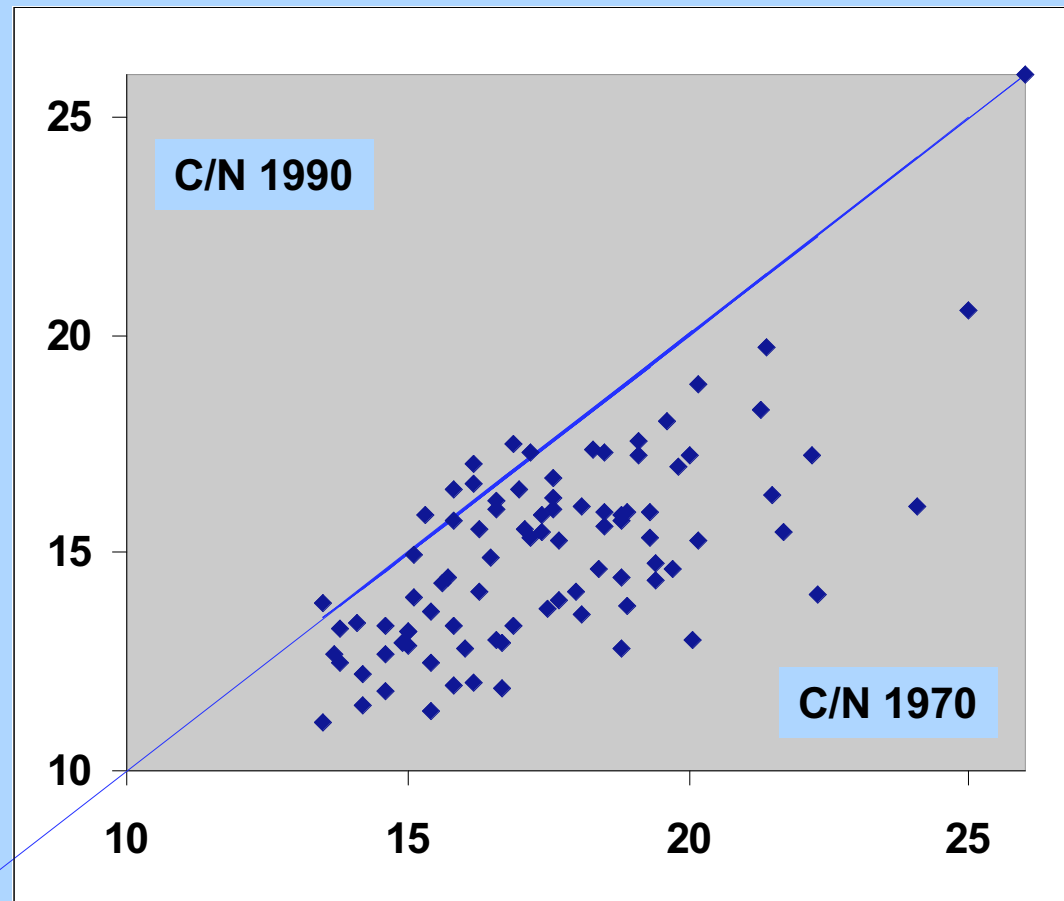


Azote : effets sur les sols

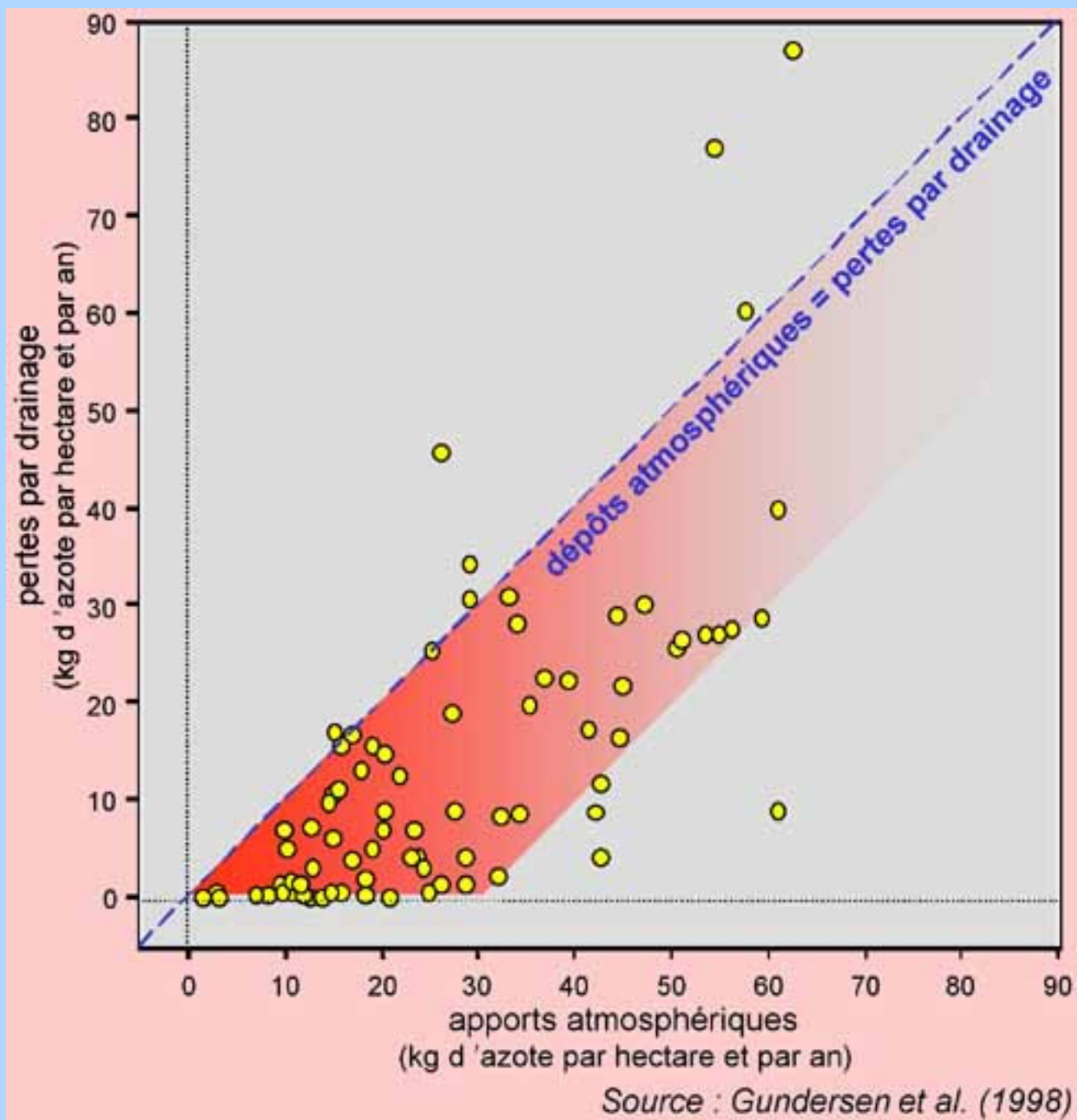
- L'azote se stocke dans les sols, sous forme organique. Ce stockage d'azote n'entraîne pas de stockage de carbone
- L'accumulation d'azote augmente la minéralisation
= formation de NO_3
- Au delà d'un certain seuil (?) le sol draine du nitrate
- Ce drainage de nitrate dépend de l'activité racinaire, mais on connaît mal son contrôle

Hêtraies du Nord-Est

Les sols forestiers
accumulent les dépôts
azotés



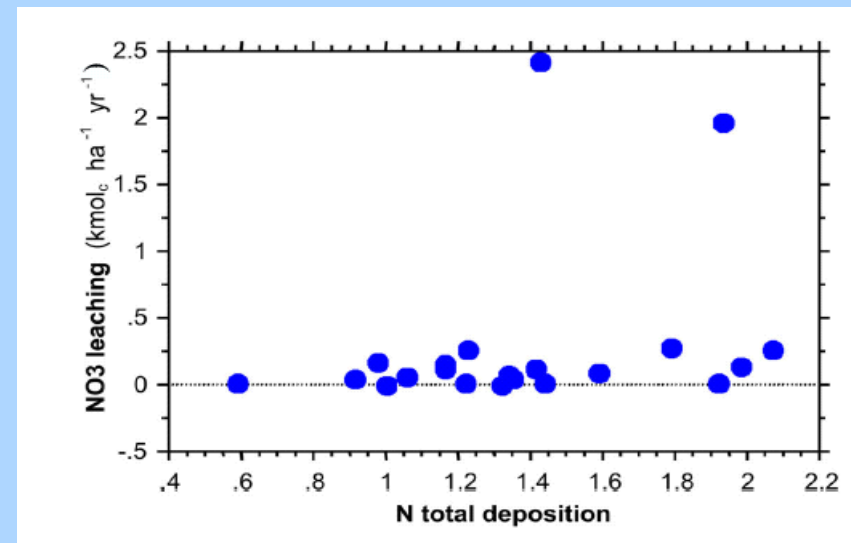
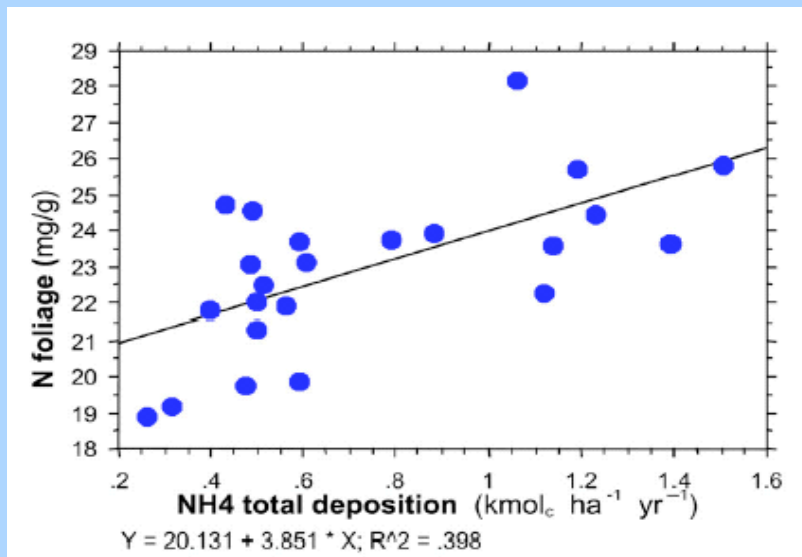
Source : Dupouey, INRA



Peuplements Européens de Hêtre



Le dépôt d'N enrichit les feuilles en azote,
Mais ne provoque que très rarement
le lessivage de nitrate



Azote : effets sur la végétation

- Les arbres poussent plus vite
- Leur nutrition est parfois déséquilibrée
- Des interactions possibles avec d'autres stress (sécheresse, vent,...)
- La végétation herbacée évolue

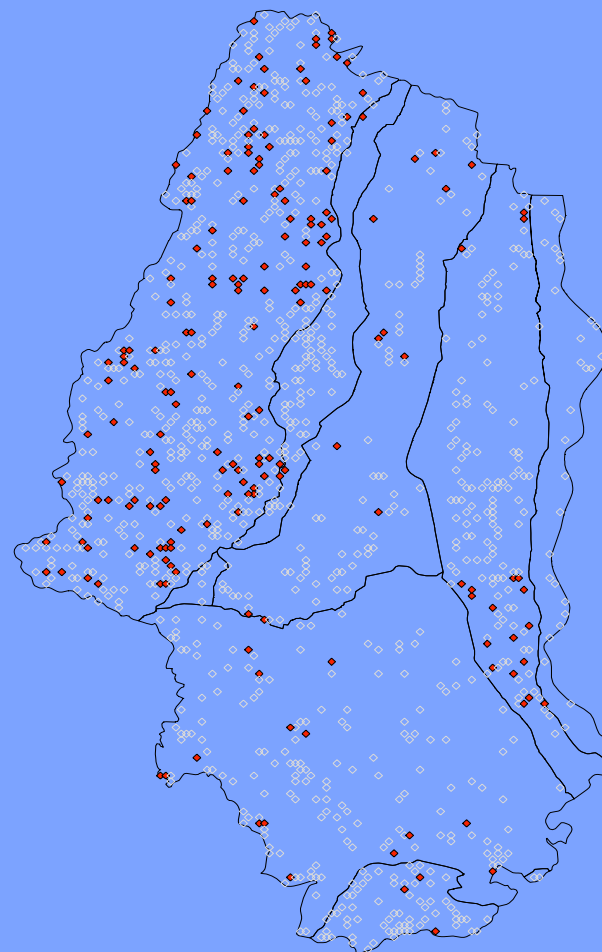
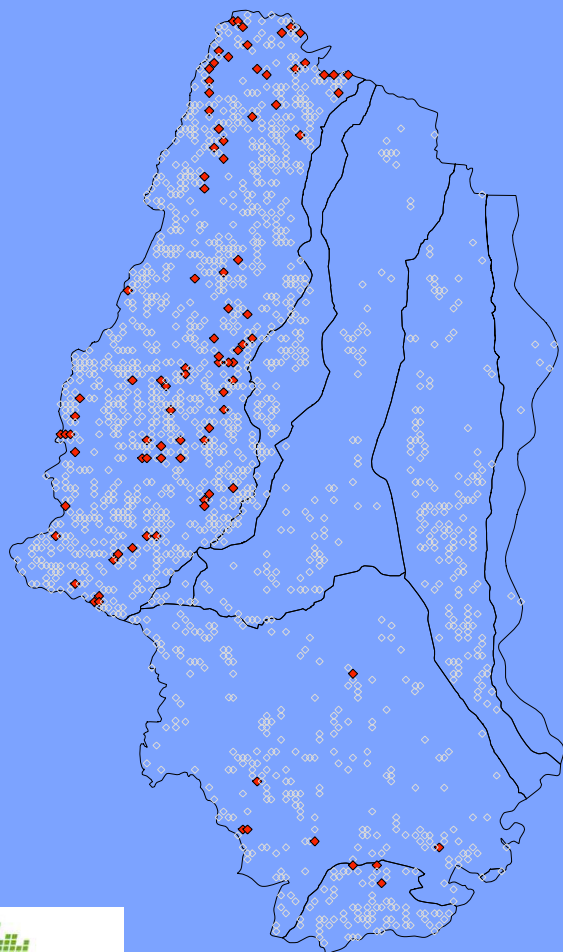
Eutrophisation/acidification : progression de *Galeopsis tetrahit* dans le Haut-Rhin

◇ sans *Galeopsis*

◆ avec *Galeopsis*



+13%



Des remèdes: Quelques conseils aux gestionnaires

Savoir attendre (le pire n'est pas toujours le plus probable)

Mélanger

Corriger avec discernement

Récolter à maturité

Brûler les rémanents

Diriger les tempêtes