

ECOFOR
ECOSYSTEMES FORESTIERS

INRAE



Office National des Forêts

SUIVI INTENSIF ET RÉSEAUX EXPÉRIMENTAUX A LONG TERME DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS, EN PARTICULIER DU COMPARTIMENT SOL

Guy Landmann, GIP Ecofor, Manuel Nicolas, ONF, Laurent-Saint-André, INRAE

- 1. Bref panorama des principaux dispositifs d'observation et d'expérimentation en forêt**
- 2. Exemples de connaissances acquises (sols)**
- 3. Conclusions : acquis, questions ouvertes, pistes pour l'avenir**

- 1. Bref panorama des principaux dispositifs d'observation et d'expérimentation en forêt**
2. Exemples de connaissances acquises
3. Conclusions : acquis, questions ouvertes, pistes pour l'avenir

3 RÉSEAUX (OU ENSEMBLE DE RÉSEAUX)

- **Sites-ateliers (14) ANAEE**

Ecosystèmes forestiers – Cycles – Suivi, Expérimentation

Très haut niveau d'instrumentation

Processus (tendances)

- **Suivi intensif (102) Réseau RENECOFOR**

Ecosystèmes – santé, cycles, production...

Fort niveau d'équipement

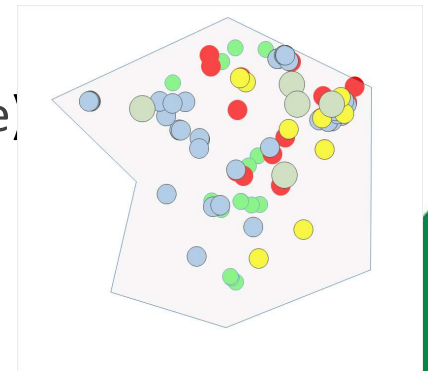
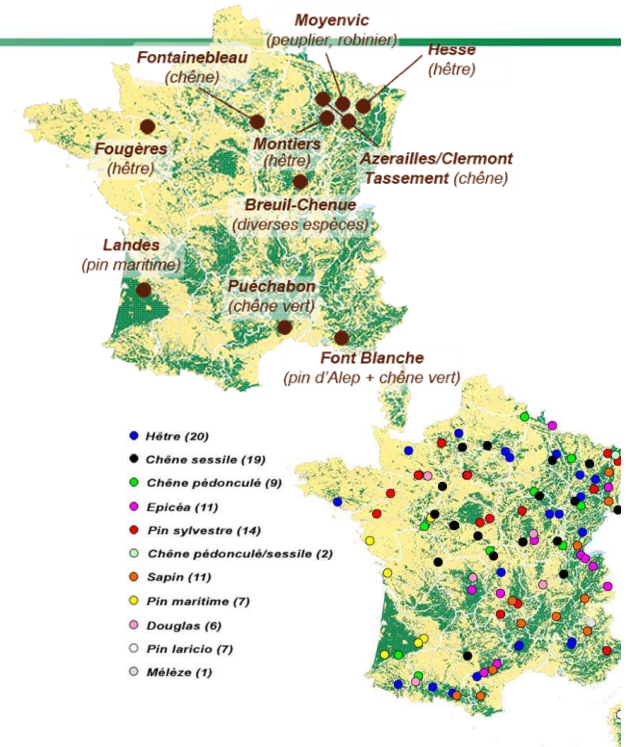
Tendances, relations (correl.) causes- effets

- **Réseaux expérimentaux (4600, 5000 ha) IR In-SYLVA**

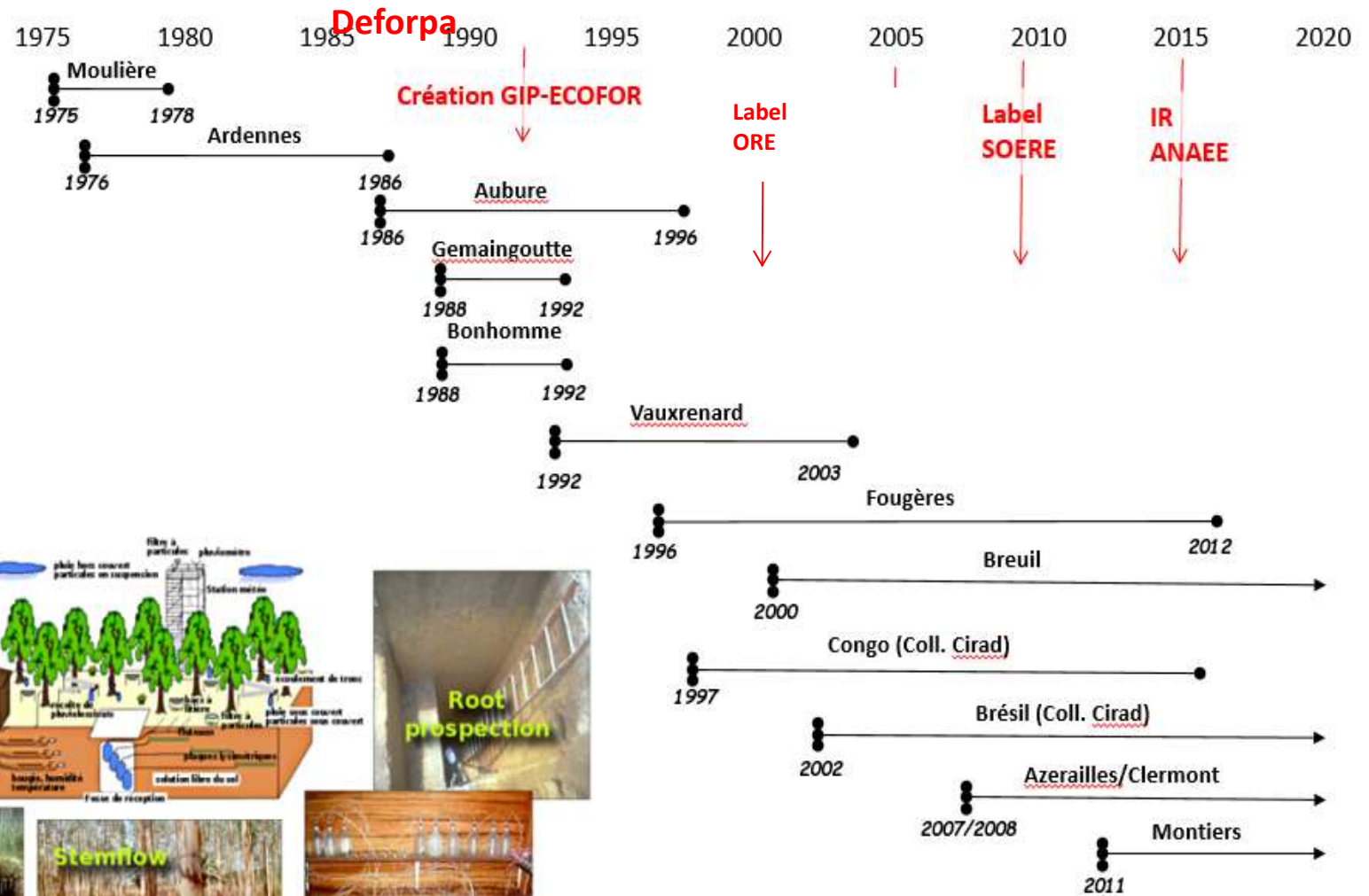
Domaines sylvicoles, génétiques, sol,...

Terrain + technol. in-lab (haut débit) + modélisation fonctionnelle,

Gestion adaptative et durable des peuplements forestiers



Sites ateliers – Cycles biogéochimiques en forêt



Réseaux d'expérimentation Cycles biogéochimiques en forêt

1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020

IR
IN-SYLVA



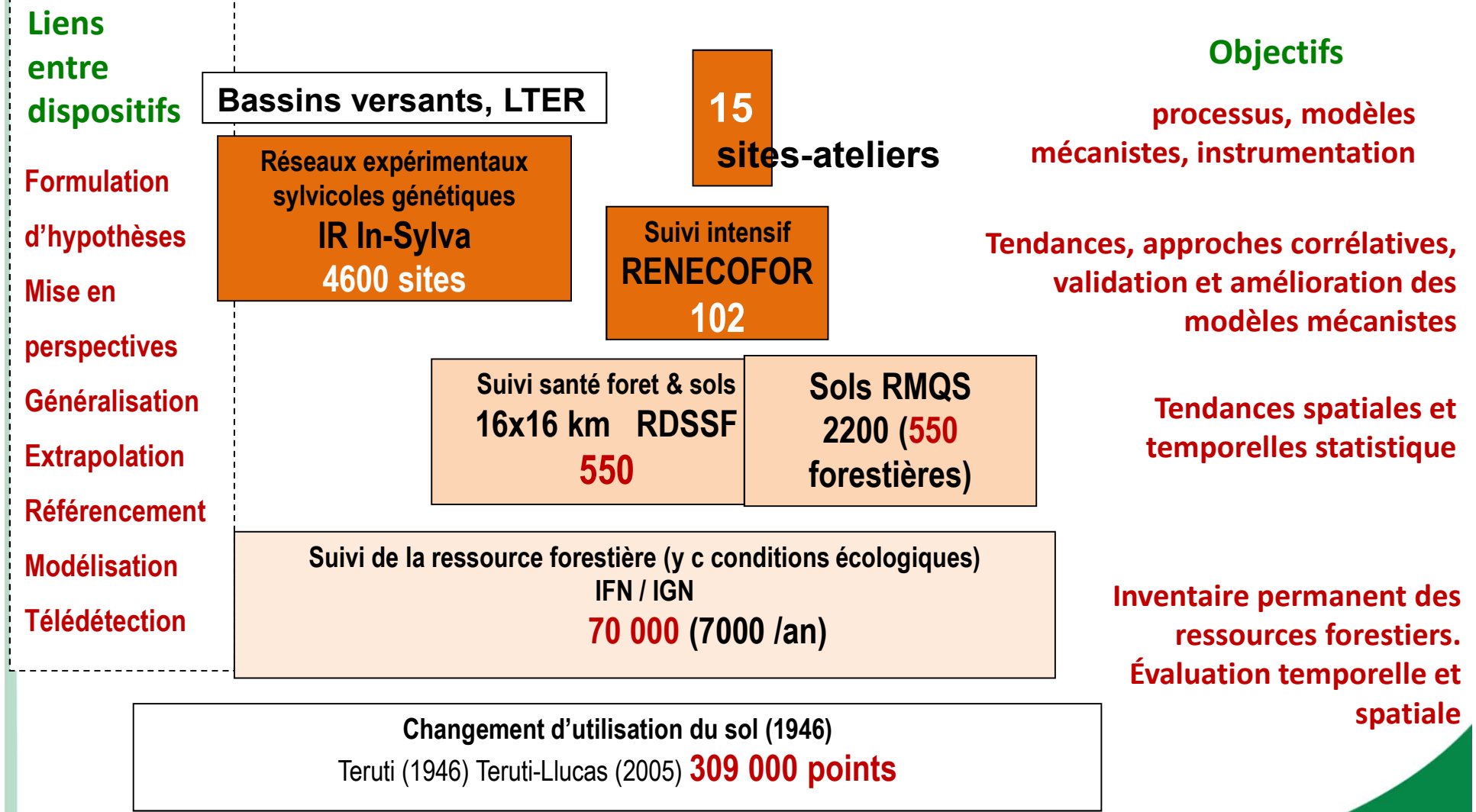
Réseau FERTILISATION – AMENDEMENT – 20 dispositifs expérimentaux

Réseau CIFOR (tropiques) – 10 dispositifs expérimentaux

Réseau 15N (litières marquées) – 25 dispositifs expérimentaux

Réseau MOS (Matières organiques du sol) – 12 dispositifs expérimentaux

focus sur quelques dispositifs de suivi à long terme et d'expérimentation de la période récente (>1980)



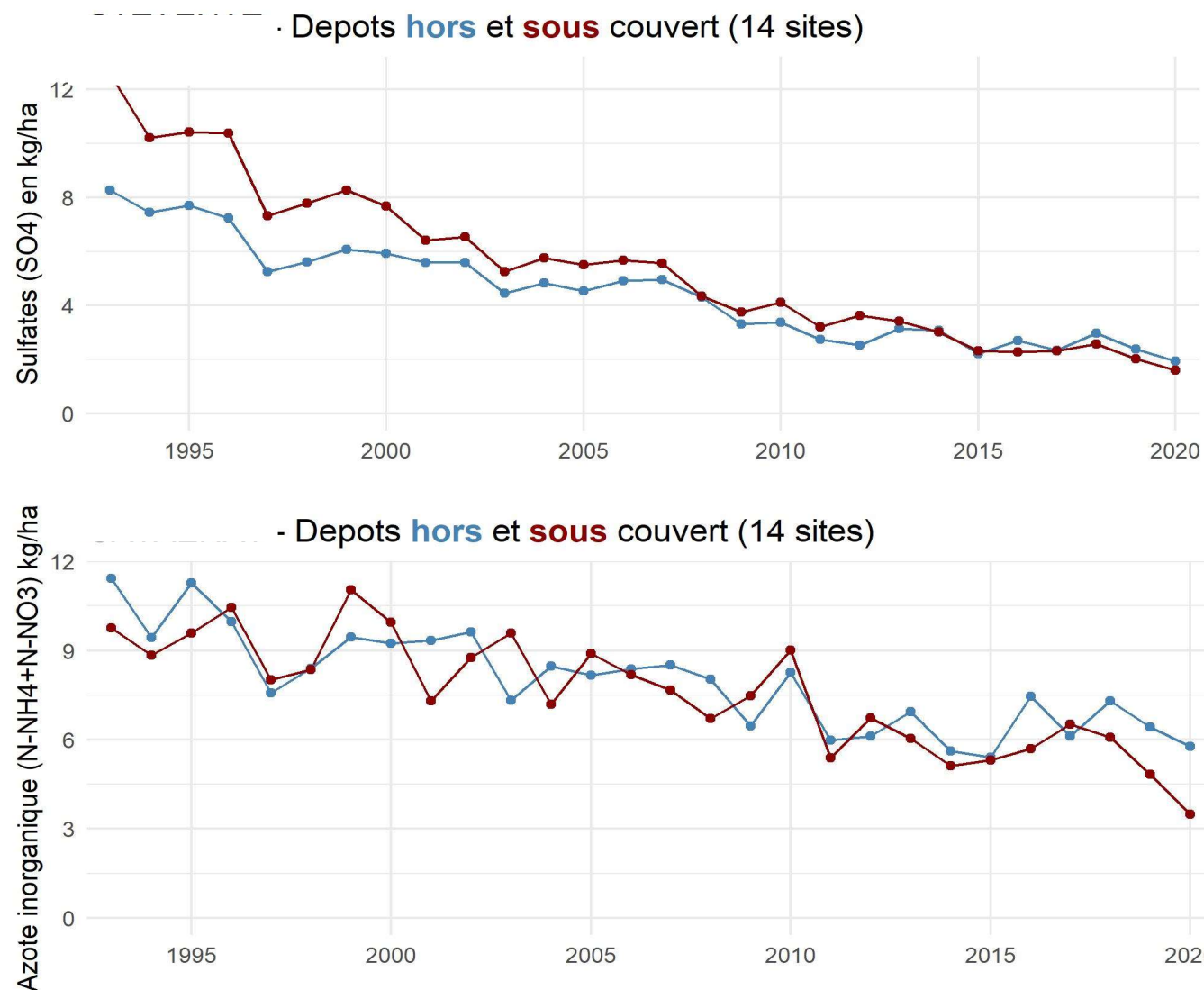
1. Bref panorama des principaux dispositifs d'observation et d'expérimentation en forêt
2. **Exemples de connaissances acquises**
3. Conclusions : acquis, questions ouvertes, pistes pour l'avenir

Baisse régulière et forte des dépôts acidifiants en forêt : efficacité d'une politique publique (RENECOFOR)

Dépôts atmosphériques

- Soufre (haut)
 - Azote (bas)
- dans les pluies.

1993-2020



Poursuite de l'acidification des sols sans appauvrissement en nutriments (RENECOFOR)

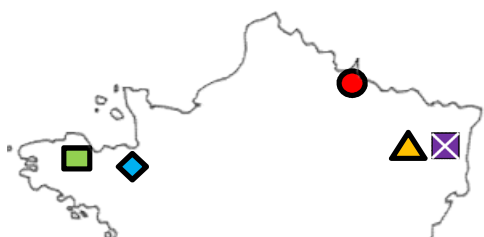
Echantillonnage des sols des 102 placettes RENECOFOR : 1993/1995 et 2007/2012

Catégorie	Couche	pH H2O	pH CaCl2	Corg (g/kg)	Ntot (g/kg)	C/N	P (g/kg)	ECEC (cmolc/k g)	S/T (%)	Al ech (cmolc/k g)	Ca ech (cmolc/k g)	Mg ech (cmolc/k g)	K ech (cmolc/k g)
Toutes placettes	0-10 cm	↘	↘↘	↗↗	↗↗	↗↗	0	↗↗	↗	↗↗	↗	↗↗↗	↗↗↗
	10-20 cm	0	↘	0	↘↘	↗↗↗	0	↗↗	↘	↗↗	↗	↗↗	↗↗
	20-40 cm	↗	0	↘	↘↘↘	↗↗↗	0	↗	↘	0	↗	0	↗
	0-40 cm	0	↘	↗↗	↘	↗↗↗	0	↗↗	↘	↗	0	↗↗	↗↗

- Les sols les plus riches ne s'appauvrissent plus
- **Les sols les plus acides et sensibles continuent de s'acidifier MAIS sans perdre en moyenne de nutriments : influence probable de l'évolution des matières organiques**

Effet positif à long-terme (40 ans) d'un amendement Ca-Mg en forêt (sites expérimentaux)

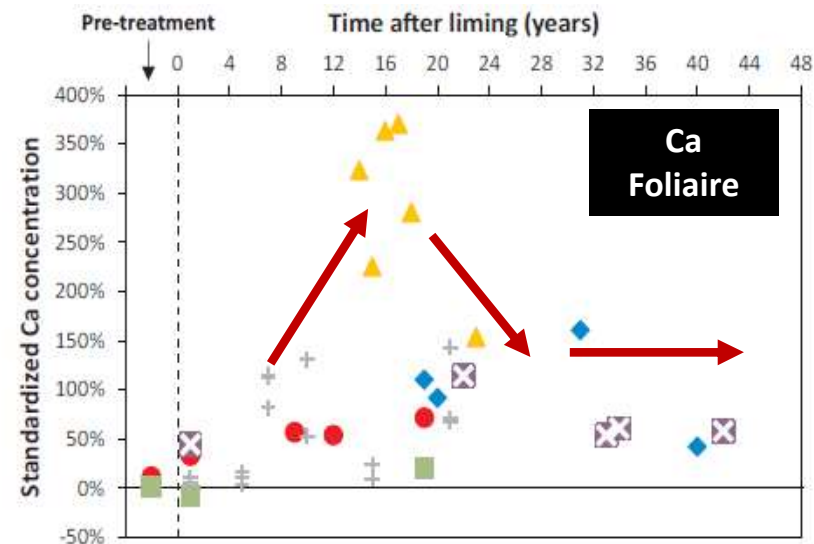
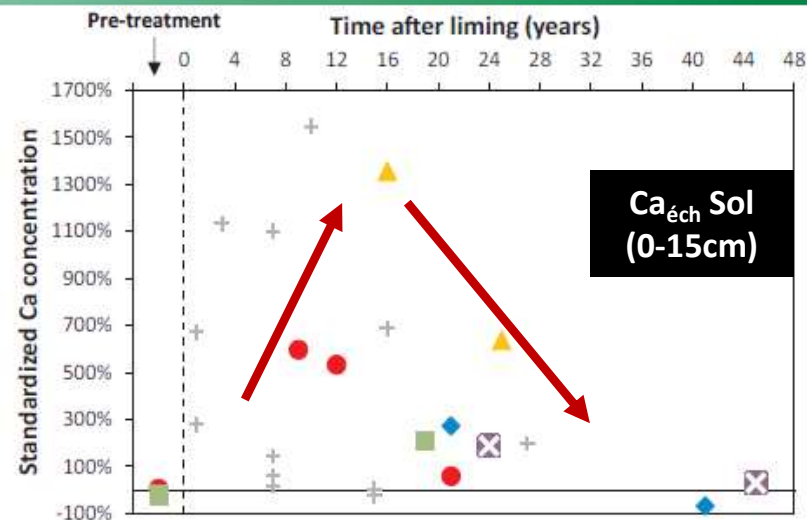
● Potées ▲ Humont ■ Coat-an-Hay ◆ Fougères ✕ Darney



Réseau Amendement
Sites : 5 hêtraies
Sols : Alocrisols
Chronique : > 40 ans

Pattern de réponse :

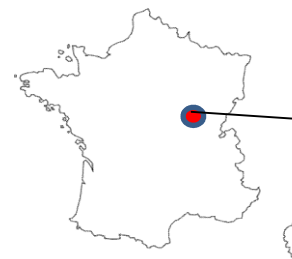
- Réponse maximale 10 -15 ans après l'apport
- Réponse plus forte pour les sites 'pauvres'
- 40 ans après l'apport, pas de différence traité / non traité pour le sol mais **différences persistantes pour le peuplement** → recyclage par le cycle biologique



Evolution à long terme du N-NO₃ dans les solutions du sol en réponse à des perturbations (site-atelier)

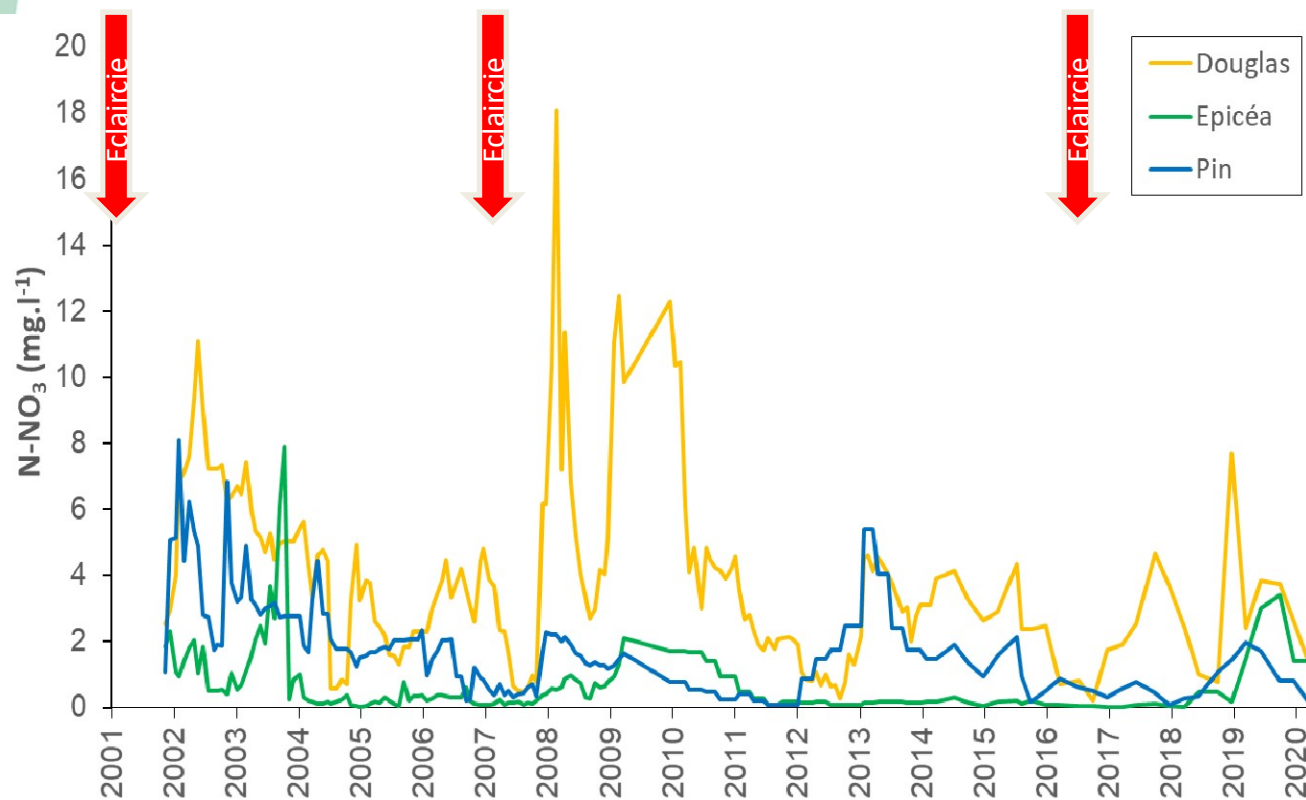
Effet des éclaircies sur les solutions de sol

→ Solutions de sol = indicateur pertinent du fonctionnement du sol et de l'écosystème



Site atelier Breuil-Chenue
Essence : multi-essence, 45 ans
Sol : Alocrisol sur granite
Chronique : 25 ans

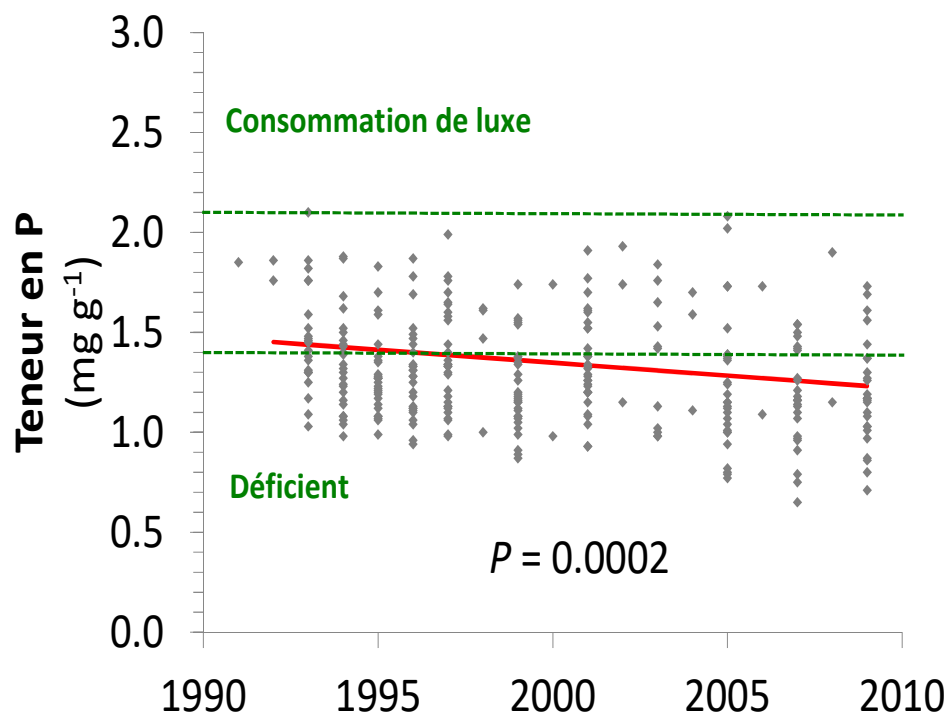
N-NO₃ bougies poreuses - 60cm



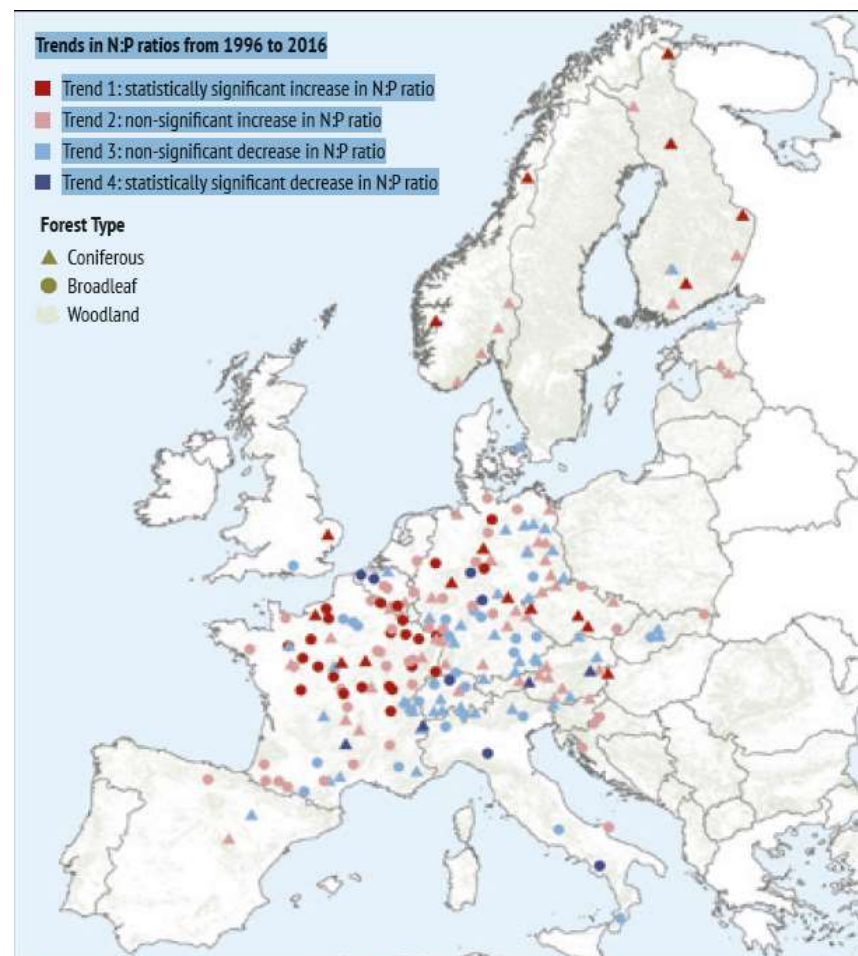
- **3 éclaircies** entre 2001 et 2020
- **Réponse différente selon l'essence**
- Réponse différente selon l'éclaircie

Dégradation graduelle inattendue de la nutrition en P des arbres forestiers (RENECOFOR ; ICP Forest Europe)

Baisse tendancielle de la nutrition en P (France)



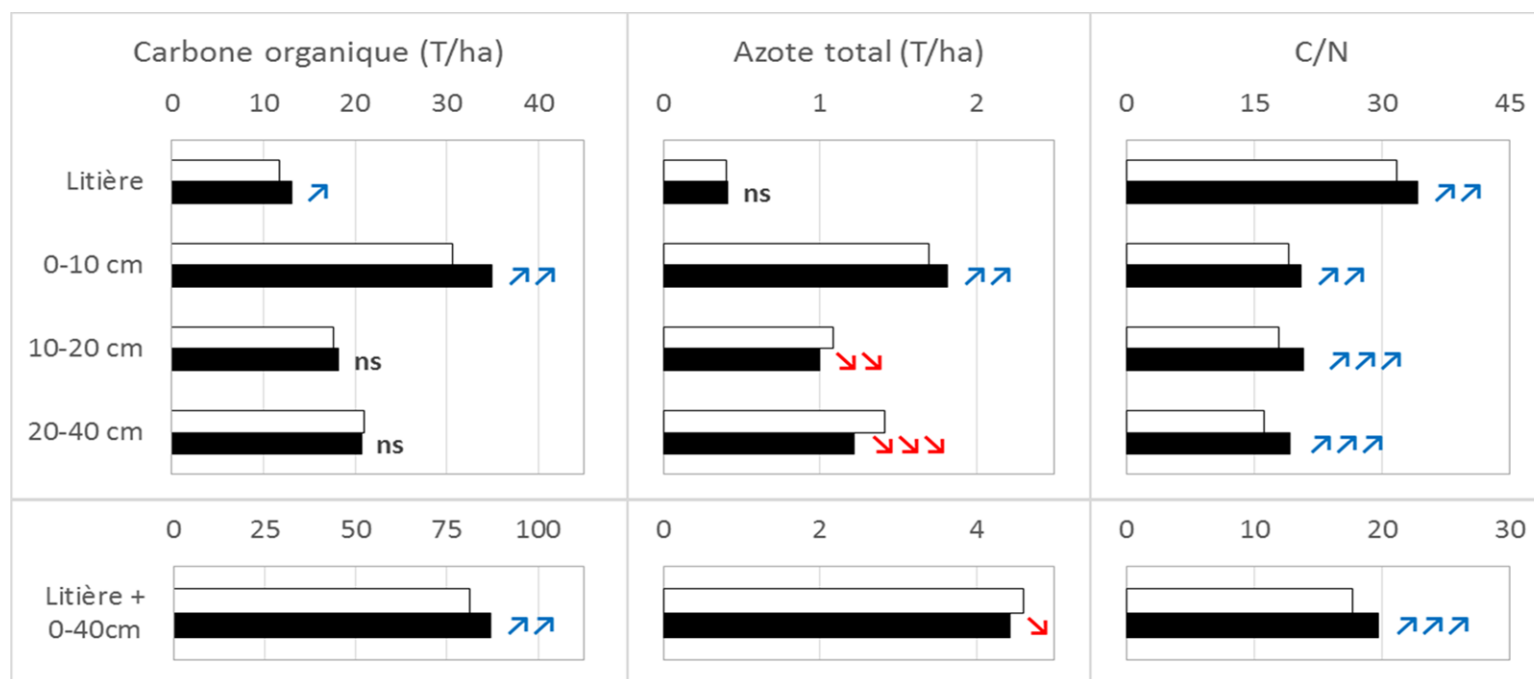
Déséquilibre du rapport N/P en Europe (Jonard et al., 2015 ; ICP Forests, 2020)



Augmentation inattendue des stocks de matières organiques des sols (RENECOFOR)

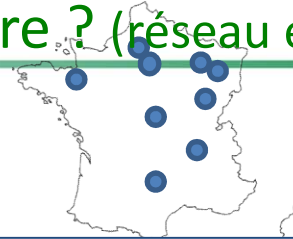
Echantillonnage répété des sols des 102 sites RENECOFOR en 1993/1995 (barres blanches) et 2007/2012 (**barres noires**) :

- hausse des stocks de **C** (en moyenne **+0,35 t/ha/an, soit > 4%/an**) (Jonard *et al.*, 2017)
- hausse du rapport **C/N** dans toutes les couches prélevées jusqu'à 40 cm.



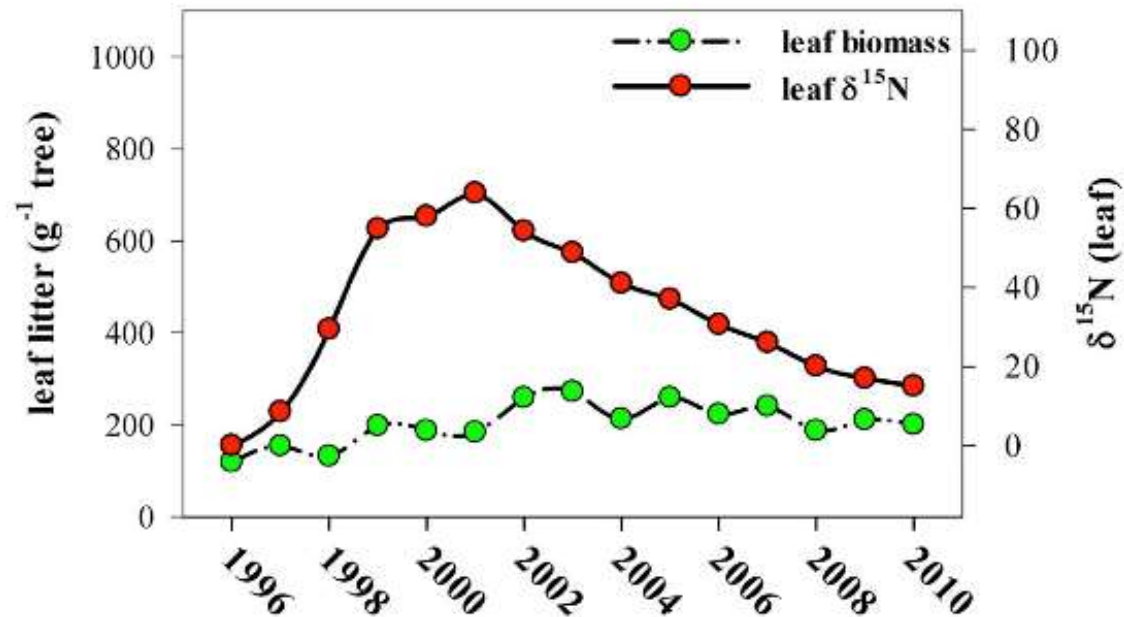
Etude du devenir à long-terme de N des litières en forêt : disponibilité de N pour l'arbre ? (réseau expérimental) (1/2)

Traçage ^{15}N
indicateur pertinent du fonctionnement
du sol et de l'écosystème



Réseau ^{15}N (pluri-dispositifs)

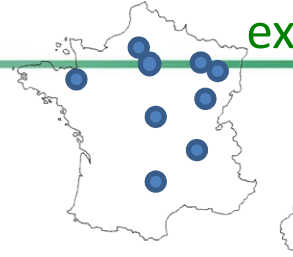
- Sites ateliers, Aubure, Hesse, Breuil, Fougères,
- RENECOFOR (HET 02, 25, 26, 30, 55 60, 88)
- Sites EU, Ebrach (D), Leinefelde (D), Soro (Dk), Collelongo (It)
- Sites Sibérie (Barnaul, Tomsk, Salair)
- Site Afrique, Pointe Noire (Congo)



- Phase 1 : augmentation de la minéralisation de N des litières et du prélèvement par l'arbre.
- Phase 2: diminution de la minéralisation de N des litières et prélèvement par l'arbre.

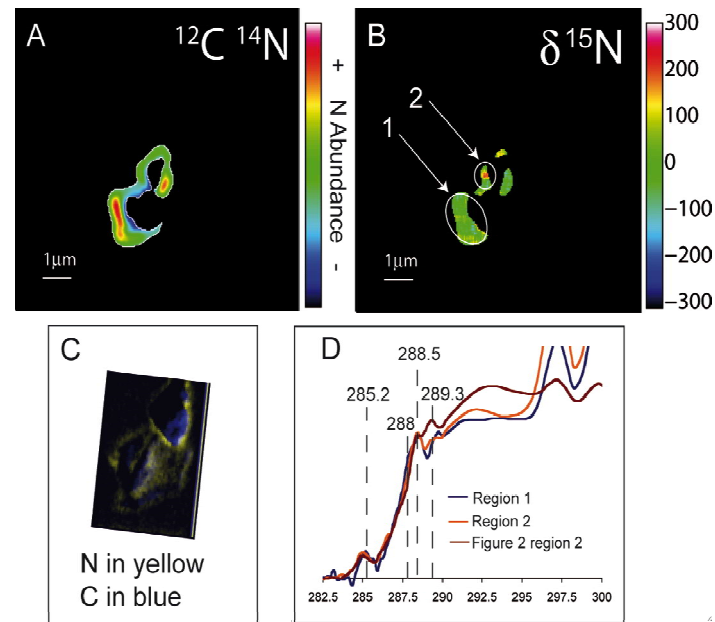
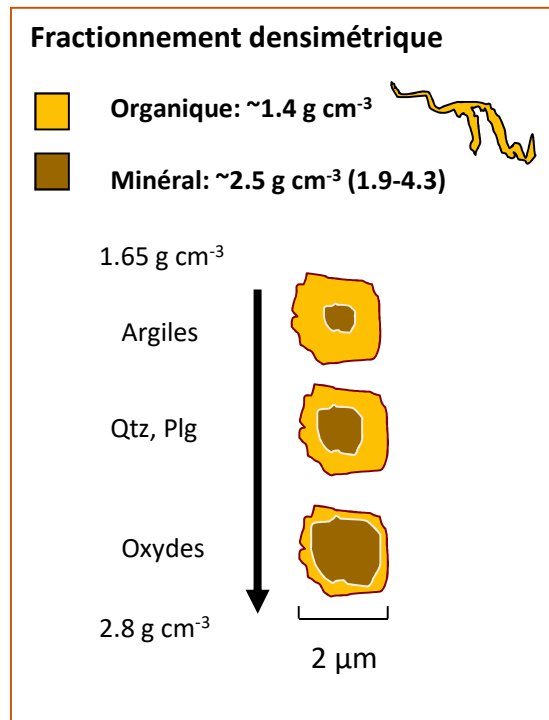
Etude du devenir à long-terme de N des litières en forêt : disponibilité de N pour l'arbre (réseau expérimental) (2/2)

→ A l'échelle d'une décennie, la préservation du N apporté par les litières se fait grâce à son **incorporation dans des molécules microbiennes polaires** qui peuvent s'associer avec les phases minérales protectrices.



12 ans après l'apport de litière ^{15}N , le traceur se retrouve dans des structures moléculaires typiques du végétal

Images NanoSims



1. Bref panorama des principaux dispositifs d'observation et d'expérimentation en forêt
2. Exemples de connaissances acquises
3. **Conclusions : acquis, questions ouvertes, pistes pour l'avenir**

3. CONCLUSION CONCLUSIONS : ACQUIS, QUESTIONS OUVERTES, PISTES POUR L'AVENIR

- En forêt, le suivi (intensif) et les expérimentations à long-terme constituent un **patrimoine inestimable et productif** pour suivre et mieux comprendre l'évolution des écosystèmes forestiers sous l'effet, notamment, des changements environnementaux. Résultats souvent inattendus.
- Le **(très) long-terme** basé sur des sites permanents : un exercice utile, mais très difficile (ex. RENECOFOR) et qui n'est pas forcément un objectif primordial dans tous les cas (Sites-Ateliers).
- Comment renforcer l'**articulation entre les dispositifs (inventaire forestier à sites-ateliers)** : nouvelle intelligence collective à rechercher.
- Quelle évolution pour ces dispositifs face **au changement globaux** ?
- Comment créer des **conditions favorables au développement** de ces activités? mobiliser plus de moyens financiers, développer de nouvelles conceptions de sites expérimentaux, identifier la place des sciences participatives, poursuivre le décloisonnement disciplinaire, ?

Merci pour votre attention !

Merci : B. Zeller, A. Legout INRAE