



Gestion forestière et sols : connaissances, pratiques et progrès possibles

F. de Morogues, E. Cacot (FCBA),

J.J. Brun J.M.Gonzalez (Irstéa)

Rencontres FORGECO 4-5 décembre 2012, ENS Lyon

- Jusqu'à l'utilisation des énergies fossiles à la fin du XVIII^{ème} siècle, la ressource forestière est surexploitée avec une diminution des surfaces et appauvrissement des sols (soutrage).
- Depuis, il s'ensuit une phase d'extension de la forêt.
- Aujourd'hui, l'intensification possible de la récolte (raccourcissement des révolutions, récolte des menus bois, ...) rend nécessaire, par précaution, de bien connaître les relations entre gestion forestière et fertilité des sols.





Contexte

- Pour le forestier, l'action exercée sur les écosystèmes provient de la sylviculture (essence, itinéraire technique, ...) et des méthodes de récolte (abattage, débardage).
- La littérature est importante sur le lien entre sol et récolte de bois énergie à l'étranger (pays nordiques) mais avec un contexte pédoclimatique différent qui rend les résultats peu extrapolables.
- Interactions gestion forestière - sols
 - Physique (tassement, ...)
 - **Biologique** et biodiversité (interne au sol, en relation avec le couvert)
 - **Chimique** (exportations dues au bois énergie)



Plan de la présentation

- Biomasse, minéralo-masse et exportation minérale
- Les conseils pratiques de prévention (dans l'état actuel des connaissances techniques et scientifiques)
- L'apport de FORGECO
- L'influence du passé cultural sur la biologie des sols : résultats en Vercors
- Conclusion



Biomasse et minéralo-masse

- Biomasse : ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale
- Minéralo-masse : contenu en éléments minéraux de la biomasse (Azote N, Phosphore P, Potassium K, Calcium Ca, Magnésium Mg et autres oligoéléments)
- Ainsi, les petits compartiments de la biomasse forestière (brindilles, feuillage), les jeunes arbres et l'écorce sont plus concentrés en éléments minéraux que le tronc.
- Par ailleurs, le sol lui-même contient un volume plus important de minéralo-masse que la partie aérienne.

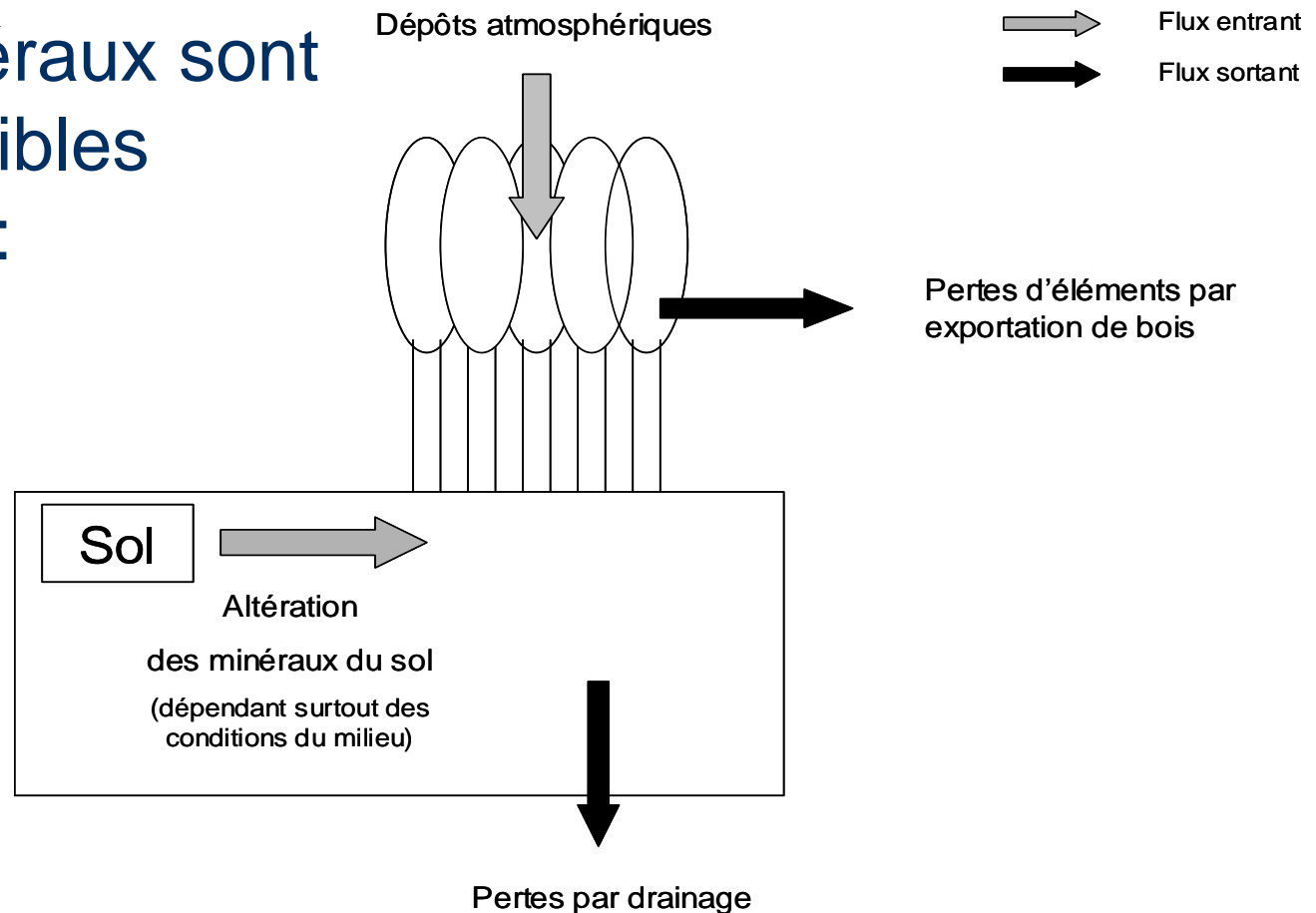


Récolte en arbre entier et exportation minérale

- La récolte en arbre entier (troncs + menus bois) par rapport à une exploitation conventionnelle (bois fort) c'est :
 - Une exportation de biomasse légèrement accrue
 - Une exportation minérale 1,5 à 3 fois supérieure
- **Est-ce que les sols forestiers peuvent supporter une telle intensification de la récolte, sans remettre en question leur fertilité chimique ?**

L'analyse des bilans minéraux sur une révolution complète

- Bilan minéral = flux entrants – flux sortants, sur la durée d'une révolution !!
- 3 éléments minéraux sont les plus susceptibles d'être en déficit :
 - Calcium
 - Azote
 - Phosphore





Une intensification de la récolte à raisonner suivant les sols

La capacité des sols à supporter une intensification de la récolte dépend :

- de la dynamique du cycle biogéochimique qui se caractérise par :
 - type de sol ;
 - acidité du sol (pH) ;
 - recyclage des nutriments ;
 - ...
- de ses réserves
 - composition de la roche mère ;
 - présence de carbonates ;
 - ...

- Guide national, simple d'utilisation, publié en 2004 par l'ADEME
- Il existe des guides similaires dans d'autres pays en lien avec les systèmes de certification PEFC/FSC (USA, Canada, Suède, Finlande, Royaume-Uni, Autriche...)

■
La récolte raisonnée
des rémanents en forêt



Récolte raisonnée par type de sol

Sols faiblement sensibles	Sols moyennement sensibles	Sols fortement sensibles
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne richesse minérale • Sol pouvant supporter une sylviculture relativement intensive 	<ul style="list-style-type: none"> • Rester vigilant lors de la récolte des rémanents • Pratiquer une seule récolte des rémanents dans la vie du peuplement 	<ul style="list-style-type: none"> • Sols très pauvres • Accompagner toute récolte de rémanents d'une fertilisation compensatoire au risque sinon de voir la production du peuplement forestier baisser
<ul style="list-style-type: none"> • Pas de fertilisation compensatoire nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Au-delà d'une récolte des rémanents par révolution, fertiliser avec une quantité minérale égale aux exportations 	<ul style="list-style-type: none"> • Fertiliser après récolte des rémanents avec une quantité égale à 1,5 fois les exportations

+ Conseils par essence et type de peuplement :

- sur la durée minimale entre 2 récoltes de rémanents
- sur les quantités minérales éventuelles à rapporter en fertilisation



Conseils et limites de la démarche

- Laisser sécher les rémanents sur la parcelle 4 à 6 mois avant leur récolte ou récolter les rémanents de feuillus en hiver
 - Les éléments minéraux su feuillages et des brindilles restent sur le sol
 - Lien avec la biodiversité associée !!!
- Selon la sensibilité du sol, récolter les rémanents jusqu'à 2 fois au maximum dans la vie du peuplement
 - Sans apports de fertilisant.
- Limites : une démarche nationale trop grossière
 - Localiser l'analyse de sol, les dépôts atmosphériques, ...
 - Différencier selon les essences



Des conseils affinés par une modélisation sous Excel (projet FORGECO)

- L'objet de cet outil est d'estimer le bilan de fertilité chimique d'un sol à l'échelle d'une révolution forestière et ce pour les éléments N, K, Ca et Mg.
- Cette estimation est basée sur des données préenregistrées (extraites de BDD nationales) et sur les paramètres climatiques, pédologiques et sylvicoles fournis par l'utilisateur.
- L'outil est réalisé pour les deux zones géographiques du projet (Orléans et Vercors)
- Un outil pour technicien forestiers avisés (paramètres d'approche \pm complexe à intégrer, interprétation des résultats)



Les paramètres

- **Zones géographiques**
 - La pluviométrie ;
 - L'évapotranspiration potentielle ;
 - Les dépôts atmosphériques.
- **Paramètres du sol**
 - Type de sol, matériaux parental, pH
 - Description du sol (l'épaisseur de l'horizon, la texture, la teneur en éléments grossiers)
- **Description de la gestion**
 - Onglet Futaie régulière ;
 - Onglet Taillis & Taillis avec Futaie;
 - Onglet Futaie irrégulière;
 - Avec notamment la récolte des rémanents ou non



Des conseils affinés par une modélisation sous Excel (projet FORGECO)

Paramètres de la parcelle

parcelle n°

Contexte climatique

Zone géographique :

Caractéristiques pédologiques

Type de sol :

Matériau parental :

pH :

Horizon	Épaisseur (cm)	Texture	Éléments grossiers (%)
Horizon 1 :			
Horizon 2 :			
Horizon 3 :			
Horizon 4 :			
Horizon 5 :			
Horizon 6 :			

Peuplement

Traitement :

Récapitulatif

Bilan hydrique annuel (mm)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Pluviométrie	55	50	52	48	69	48	52	45	49	58	60	54
ETP	12	21	45	67	91	102	112	104	84	57	24	13
RUD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drainage	44	29	7	0	0	0	0	0	0	1	36	41

RUM (mm)

pH:

Altération (kg/ha/an)

N	0,00
K	0,32
Ca	0,75
Mg	0,29

Drainage	µmol/L	kg/ha/an
N	410	9,0
K	24	1,5
Ca	31	1,9
Mg	18	0,7

Placette dépôts	Essence	Chêne-Ligérien
Hauteur		28

Dépôts	kg/ha/an	HC	SC
N	6	7,5	
K	1,2	21	
Ca	3,6	12,4	
Mg	1,5	2,6	

Traitement

Peuplement

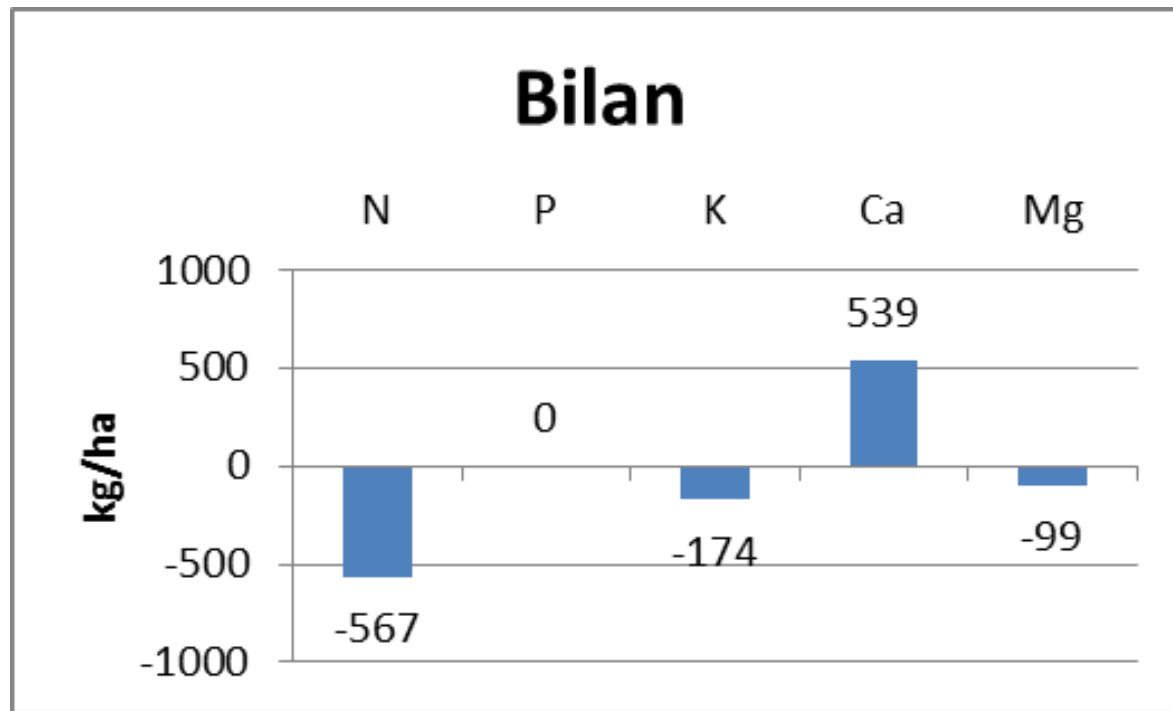
Essence Taillis	Hêtre-Nord-Est	100%	Potentialité	Moyenne	Rotation (ans)	30
-----------------	----------------	------	--------------	---------	----------------	----

	Essence	Années depuis le début de la révolution	Intensité	Récolte des rémanents	Récolte du feuillage
Récolte 1	Taillis	30	100%	Non	Non

Calculer le bilan chimique

Résultats (exemple fictif)

- Des ordres de grandeur
- Compensations envisageables pour garantir un équilibre chimique de l'écosystème



Les limites du bilan minéral

Grande variation :
suivant le peuplement
(feuillus/résineux)
et au cours de la vie du
peuplement (hauteur
des arbres, feuillage,
...)

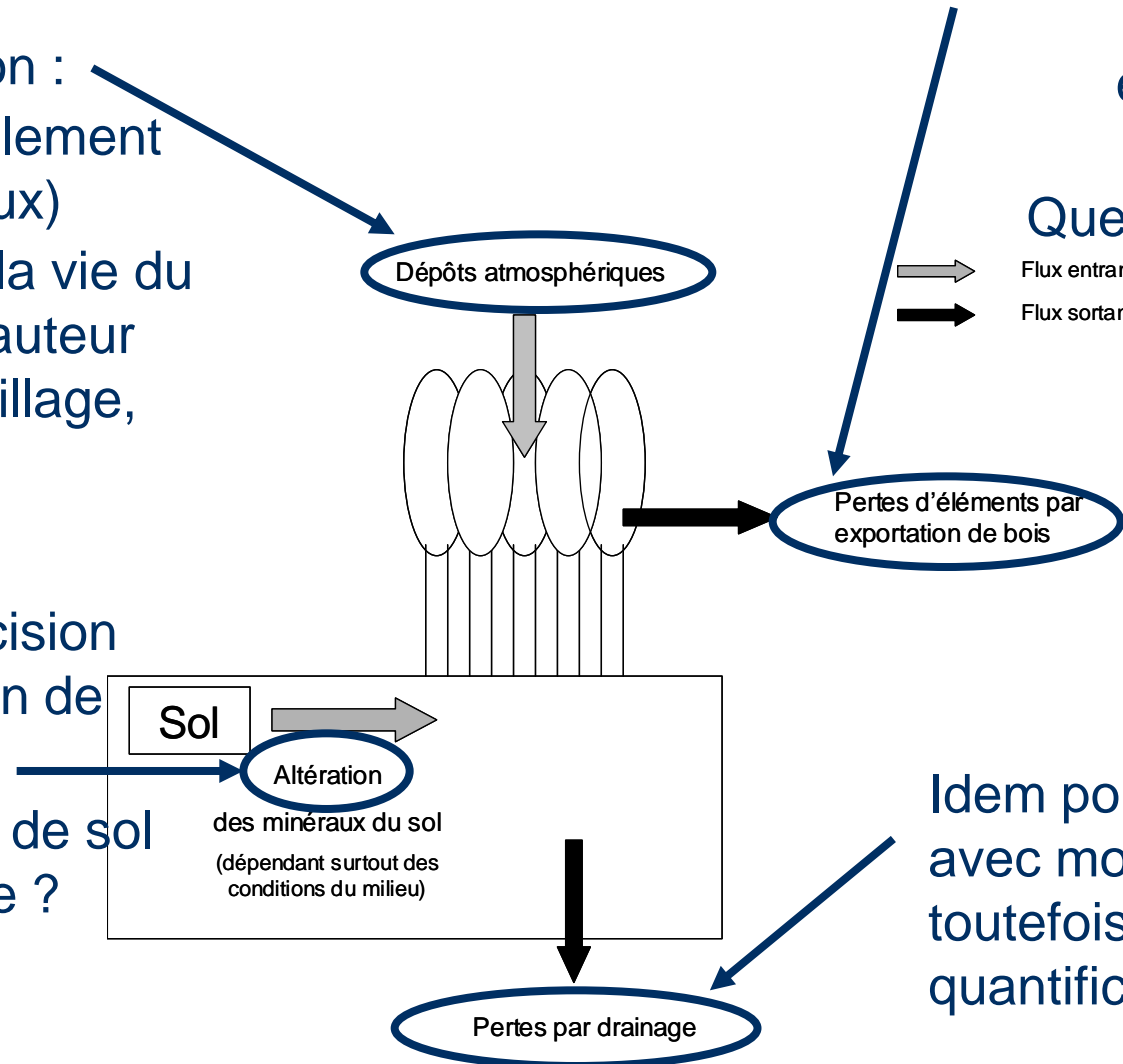
Pertes d'exploitation
largement sous-
estimées dans les
études

Quel suivi assurer sur
une révolution
forestière ?

Difficulté et imprécision
sur la quantification de
l'altération

Quelle profondeur de sol
prendre en compte ?

Idem pour le drainage
avec moins d'imprécision
toutefois sur la
quantification de ce flux



=> Des ordres de grandeur mais reste encore des incertitudes



Influence du passé culturel sur les sols forestiers actuels en Vercors

Modalités évaluées et présentation des milieux



Services écosystémiques

Stockage de carbone organique

Activité biologique

- Densité apparente + C organique = Stock C à l'ha

- Bactéries
- Champignons



Pâquis et Cultures

1830



2000



1

Forêt résineuse gérée en futaie



3



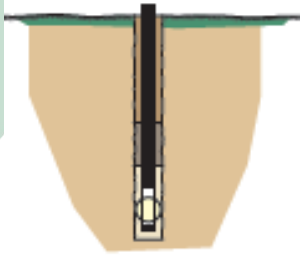
2

Futaie résineuse témoin

Mesure de l'activité biologique

PLFA (phospholipidic fatty acid): Détermination de l'activité microbienne en se basant sur l'étude des acides gras phospholipidiques des membranes microbiennes du sol. Cette technique permet de déterminer les différents groupes fonctionnels, qu'ils soient d'origine fongique ou bactérienne.

Terrain



Laboratoire

Extraction des lipides



Bactéries
Mycorhizes
Champignons

Résultats:

Par rapport aux forêts anciennes (FA)
les forêts récentes sur d'anciennes cultures (FRc) ont une abondance fongique et bactérienne plus faible. Le résultat est inverse pour les forêts récentes sur d'anciennes prairies (FRp).

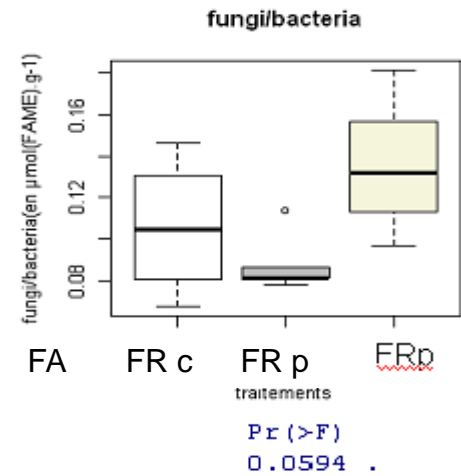
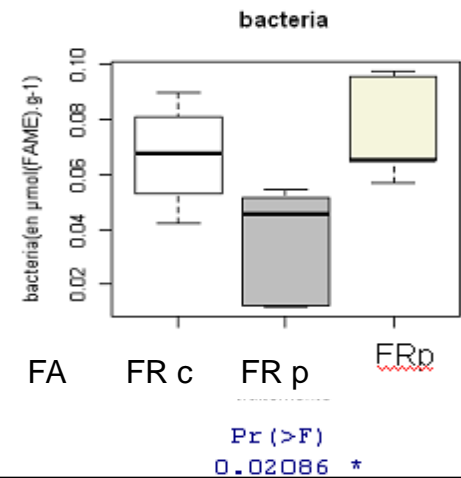
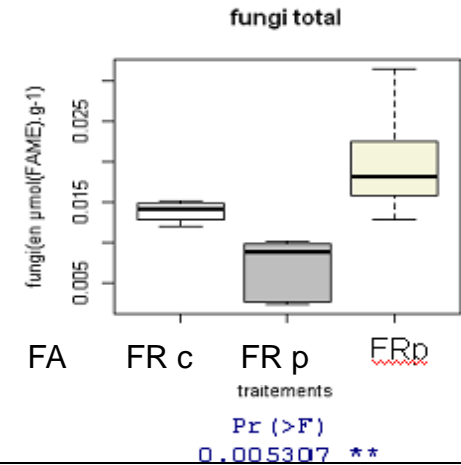
Interprétation : l'activité culturale ancienne a impacté les communautés microbiennes qui n'ont toujours pas retrouvé leur état d'origine plus de 100 ans après (témoin = FA).

Interprétation : les prairies semblent favoriser les communautés microbiennes qui sont encore actuellement plus nombreuses que dans l'état de référence (FA).

Fa = Forêt ancienne

FRc = Forêt récente sur d'anciennes cultures

FRp = Forêt récente sur d'anciennes prairies



Les prairies stimulent la vie microbienne des futures forêts, les cultures la diminue

Mesure du stock de carbone organique

Terrain



Laboratoire

- Pesée des sols de volume connu
- Analyses des taux de carbone organique des sols

Stock de Carbone: Le stock de carbone organique se détermine en combinant de la densité apparente du sol (prélevée à l'aide d'un cylindre en acier) et du taux de C organique mesuré. On obtient ainsi un taux de C correspondant à un volume et une masse donnée et qui peut être rapporté à l'hectare.

Interprétation des résultats:

Par rapport aux forêts anciennes (FA)

les forêts récentes sur d'anciennes cultures (FRc) ont un stock de C organique plus faible. On observe le résultat inverse pour les forêts récentes sur d'anciennes prairies (FRp).

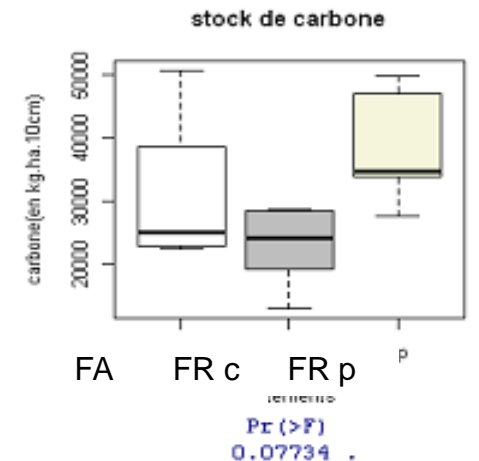
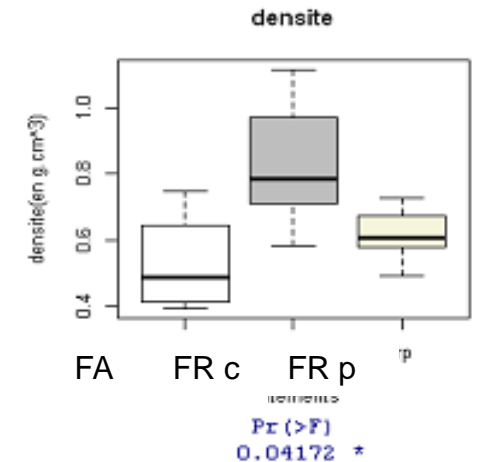
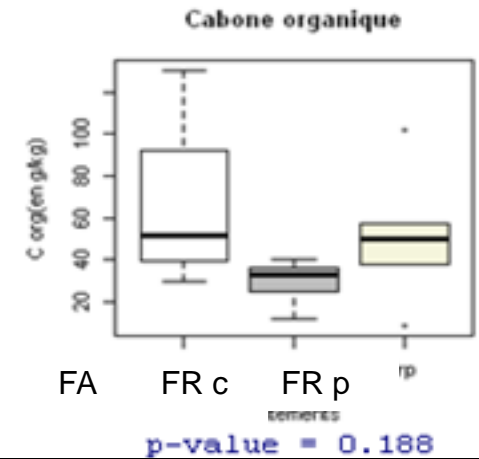
Hypothèse 1 : l'activité culturelle ancienne a impacté la matière organique des sols qui ne se stocke toujours pas comme à l'état d'origine près de 100 ans plus tard (témoin = FA).

Hypothèse 2 : les prairies semblent favoriser la décomposition de la matière organique ainsi que ses processus de stabilisation, puisque l'on retrouve des stocks de C qui sont encore actuellement plus élevés que dans l'état de référence (FA).

Fa = Forêt ancienne

FRc = Forêt récente sur d'anciennes cultures

FRp = Forêt récente sur d'anciennes prairies



Le passé prairial favorise le stockage du carbone dans les sols forestiers

- Une problématique complexe avec de nombreuses variables et incertitudes
- Pour la chimie des sols, des conseils de récolte des menus bois dans le guide ADEME
 - Précautionneux par rapport à la fertilité des sols (hors fertilisation)
 - Déjà intégrés dans les études de ressource sur le bois énergie (www.dispo-boisenergie.fr)
 - FORGECO a permis de les affiner régionalement en fonction des conditions pédoclimatiques locales, du passé cultural, des essences et des sylvicultures pratiquées, mais ...
 - ... limités aux deux zones d'étude
- Influence du passé cultural sur les sols
 - Le passé prairial stimule la vie microbienne et le carbone organique des futures forêts, un passé cultural les diminue
 - Une grande inertie du système

- Un besoin d'études complémentaires
 - Avoir des méthodes plus précises pour quantifier les flux du cycle biogéochimique
 - Mener un observatoire de peuplements et sylvicultures types (intégrant différents scénarios d'intensification de gestion forestière), à suivre dans le temps (> 10 ans)
 - Etudier les compensations minérales par apport de cendres des chaudières bois (cf. Suède, Finlande)
- Des acteurs à sensibiliser
 - Transfert des résultats scientifiques vers les praticiens
 - Une responsabilité partagée (propriétaires, gestionnaires, exploitants, conseils, ...)
 - Intégrer la gestion des incertitudes dans la gestion forestière



Merci de votre attention