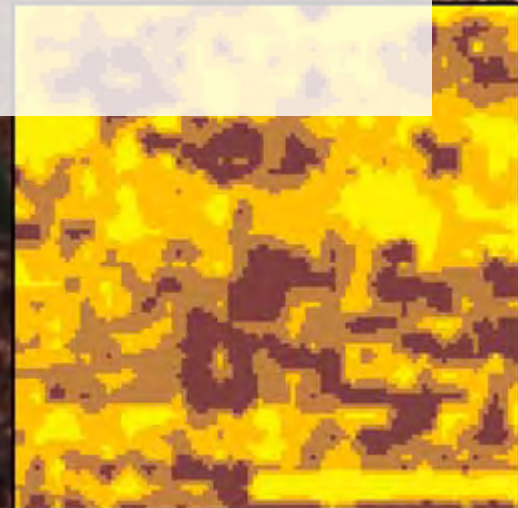


Projet Forest Focus :

Test de nouvelles méthodes
d'échantillonnage et de cartographie
des propriétés du sol et des formes
humus forestiers

Yoan Paillet, Nathalie Cassagne,
Lauric Cecillon, Jean-Jacques Brun

Séminaire Ecofor « Suivi continu des forêts »
3 Avril 2007, Paris



Objectifs du projet : utilisation de la résistivité pour l'échantillonnage et la cartographie de propriétés du sol forestier

1. Vérifier l'applicabilité de la méthode de mesure électrique en forêt;
2. Identifier les propriétés du sol et d'humus corrélées à la résistivité

Plan de l'exposé

1. Contexte scientifique, théorie et principes
2. Matériels et méthodes
3. Premiers résultats : 3 exemples
4. Conclusions et perspectives



1. Contexte scientifique, théorie et principes

2. Matériels et méthodes

3. Premiers résultats : 3 exemples

4. Conclusions et perspectives

Méthodes électriques très utilisées en agriculture dite « de précision » et en sciences du sol (Samouëlian *et al.*, 2005 ; Pozdnyakova, 1999) :

- Diagnostic de salinité des sols (Texas, Californie);
- Cartographie des propriétés du sol;
- Mise en place de dispositifs expérimentaux « à sol constant »;
- Site Specific Management Methods (SSMM).

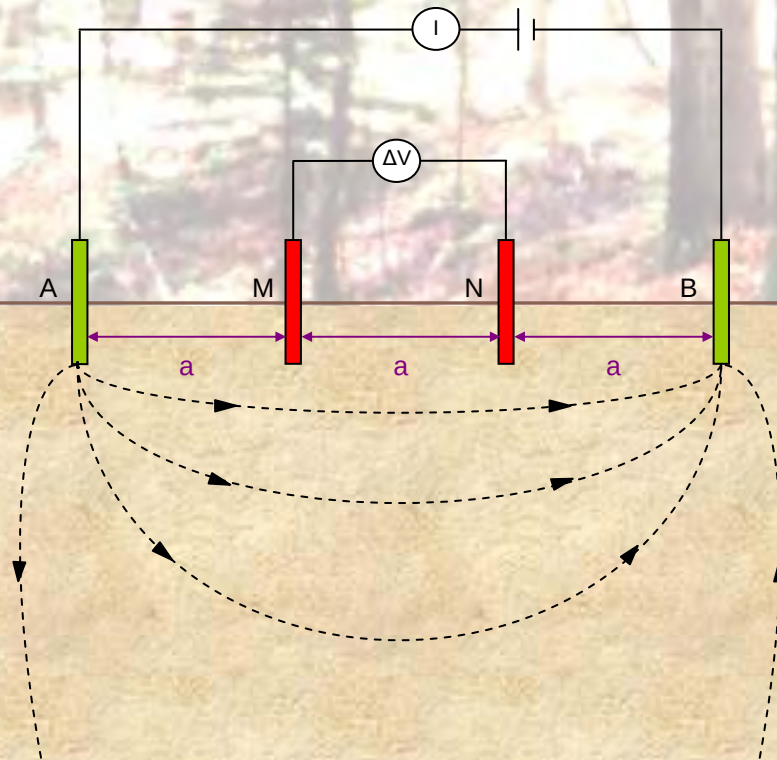
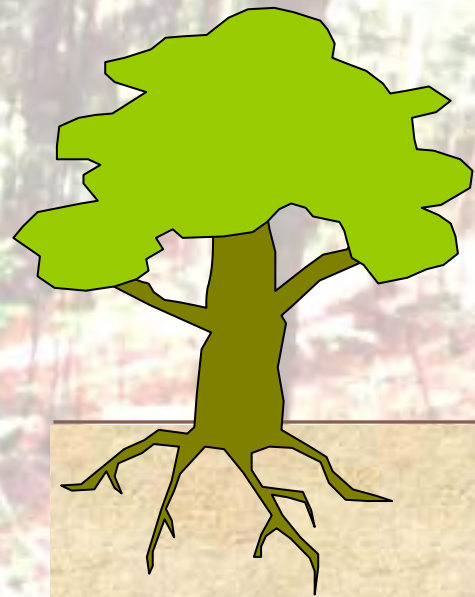


Théorie et principes : la méthode Wenner

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$



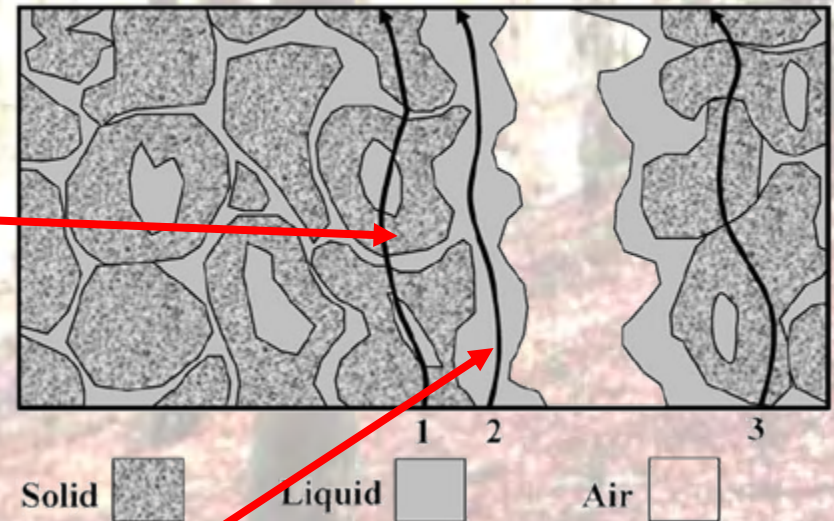
$$K = 2\pi a$$



Facteurs d'influence de la résistivité du sol

- Propriétés du sol « en bloc »: porosité, teneur en eau, structure, texture;
- Propriétés des particules solides du sol: forme et orientation, distribution des tailles, CEC, « mouillabilité »;
- Propriétés de la solution du sol: force ionique, composition en cations, SAR, température.

Pathways of Electrical Conductance
Soil Cross Section



Corwin & Lesch., 2005

1. Contexte scientifique, théorie et principes

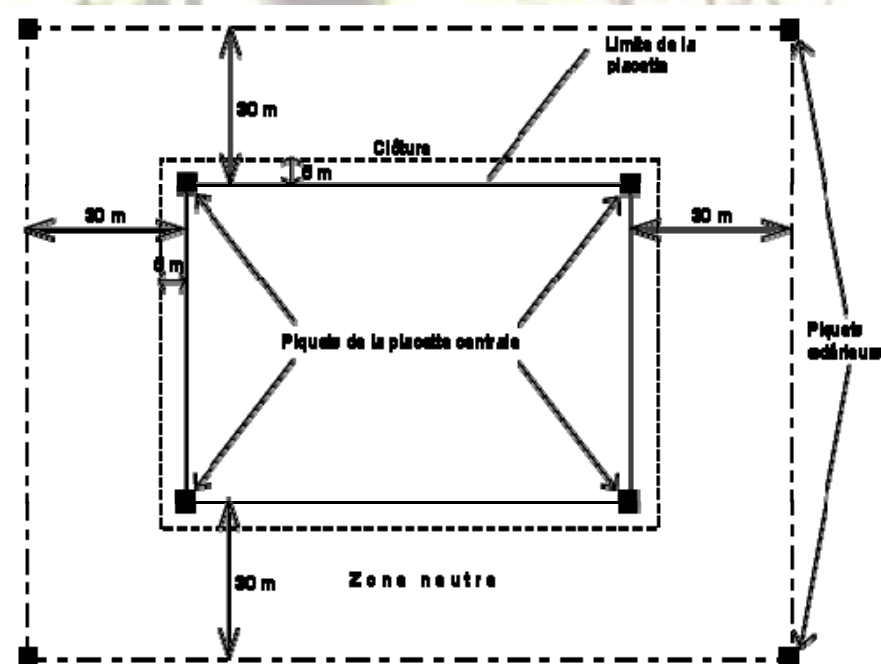
2. Matériels et méthodes

3. Premiers résultats : 3 exemples

4. Conclusions et perspectives

Echantillon de placettes

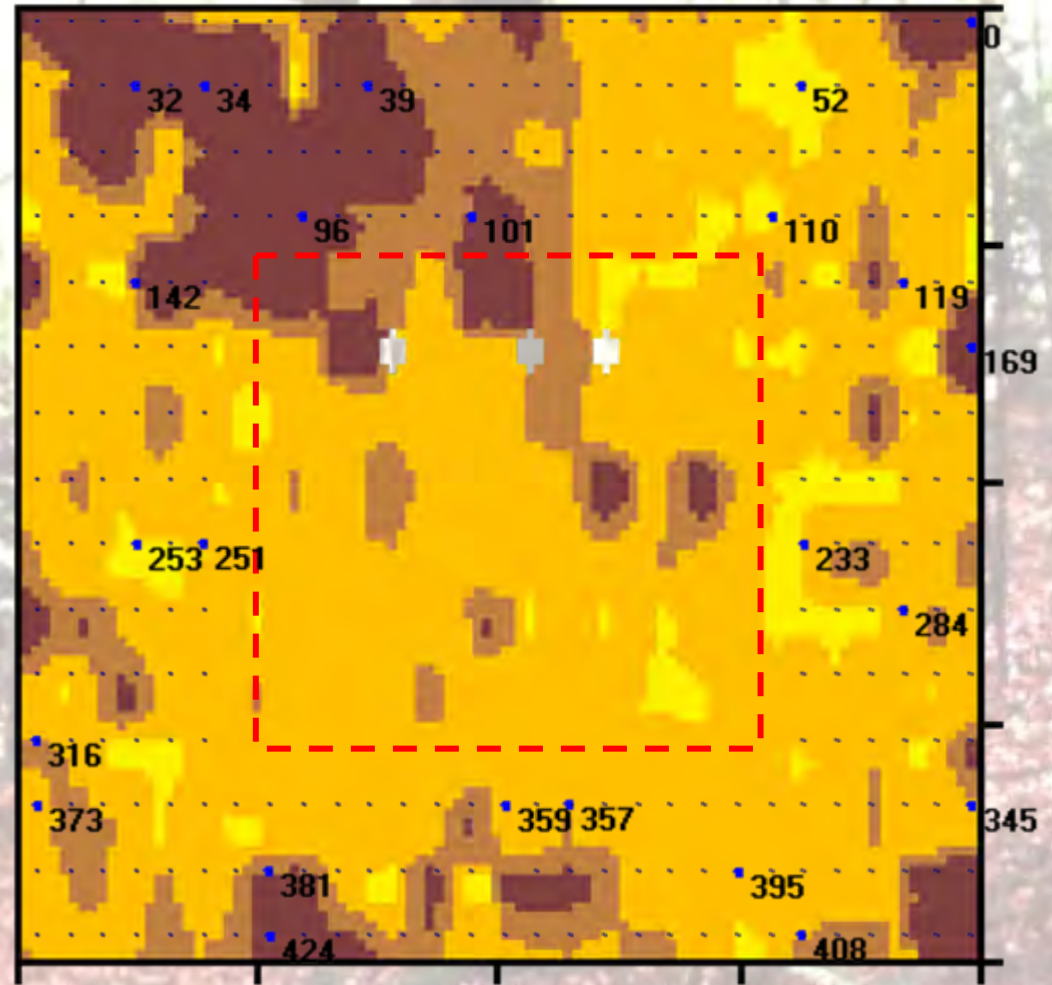
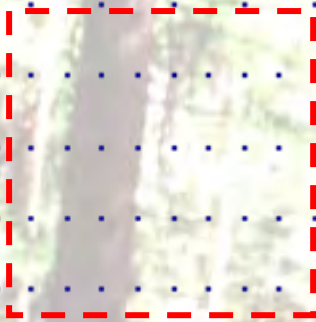
Les placettes RENECOFOR



Le plan d'échantillonnage orienté « forme d'humus »

	Altitude > 1000m	Altitude < 1000m
Humus actifs Eumull → Oligomull	EPC 74 HET 26 SP 38	CHN 10 CHS 01
Humus peu actifs Dysmull → Moder	HET 30	EPC 71 EPC 63

Protocole de terrain :



1. Mesure de résistivité, maille 5x10m (5x5m, SP38 et CHS01)

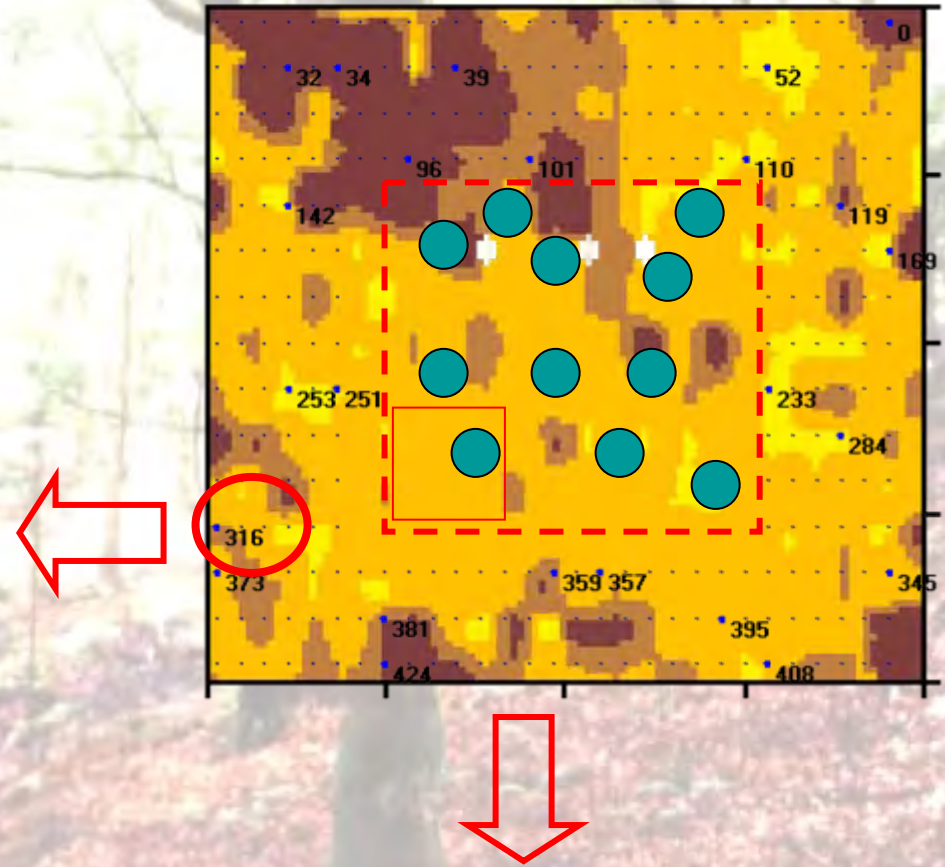
2. Carte de résistivité (logiciel ESAP 2.30, Lesch *et al.* 2003)

3. Protocole d'échantillonnage du sol (24 à 32 échantillons)

Propriétés du sol échantillonnées

Forme d'humus

Masse volumique, texture, teneur en eau, carbone organique, azote total, cations échangeables (Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na), pH.



... mais aussi :

Cartographie du couvert : arbres de la placette centrale et végétation au sol sur 400m² (SP38)

Faune du sol (IRD) (CHS01) ?

1. Contexte scientifique, théorie et principes

2. Matériels et méthodes

3. Premiers résultats : 3 exemples

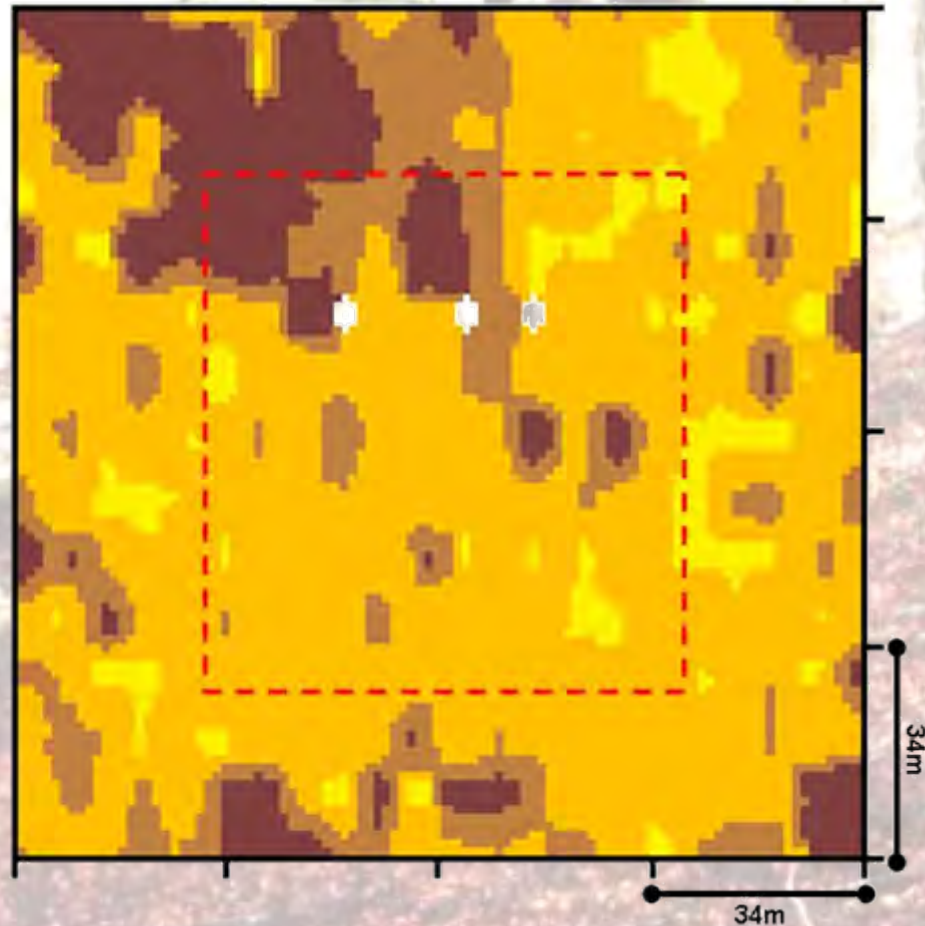
4. Conclusions et perspectives

3.1 Cas d'une placette « qui marche » : EPC74 (forêt domaniale des Voirons, Haute Savoie)

Scale ($\Omega.m$) quartile method

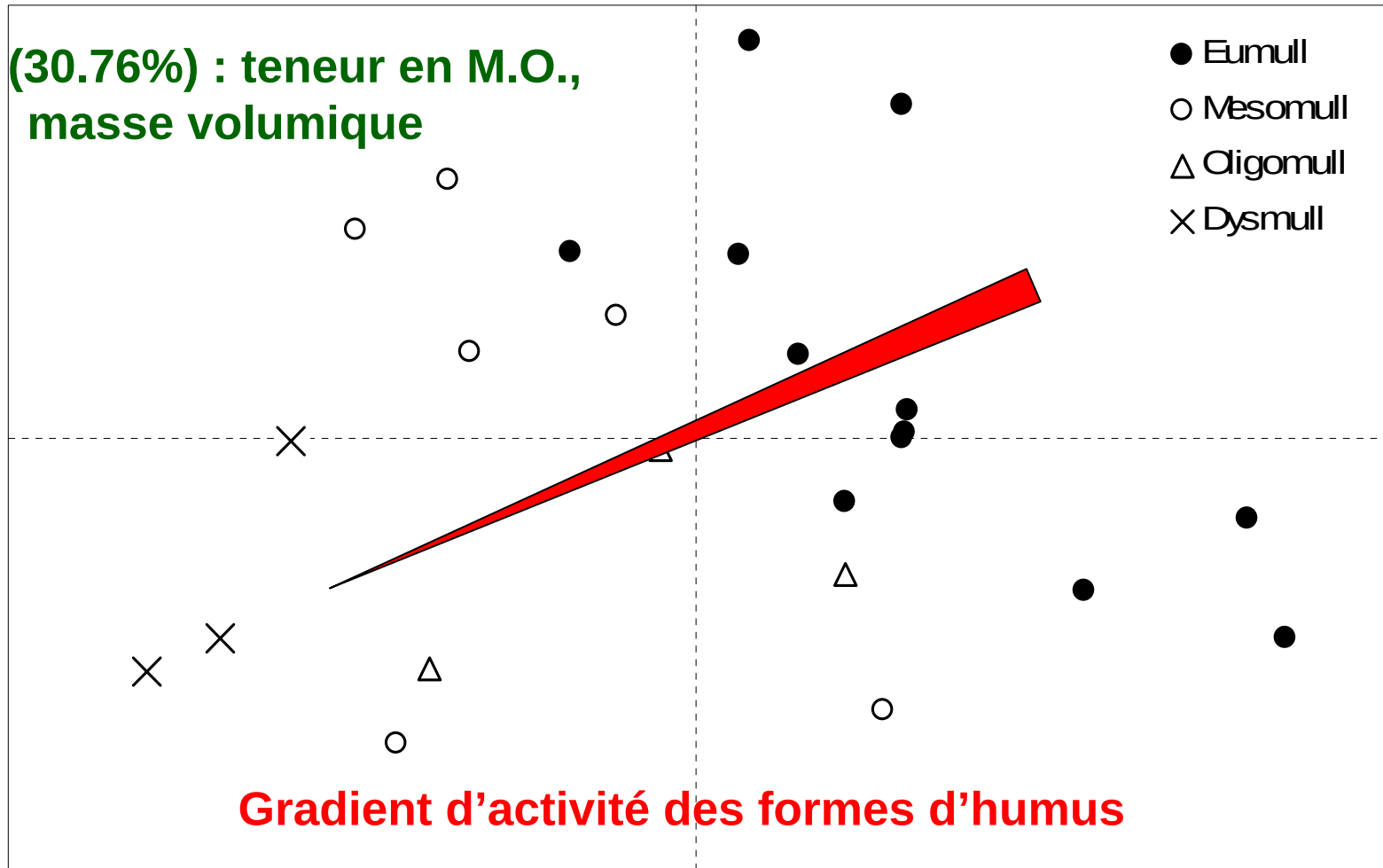
- < 63.1
- 63.1 - 258.6
- 258.6 - 454
- > 454

┌┐└└┘┘┐┐ Central plot (fence)



Résultats : Placette EPC74 – ACP sur les résultats des analyses de sol

**Axe 2 (30.76%) : teneur en M.O.,
masse volumique**



**Axe 1 (53.30%) : teneur en Argile,
humidité**

Résultats : Placette EPC74 – Analyses des corrélations

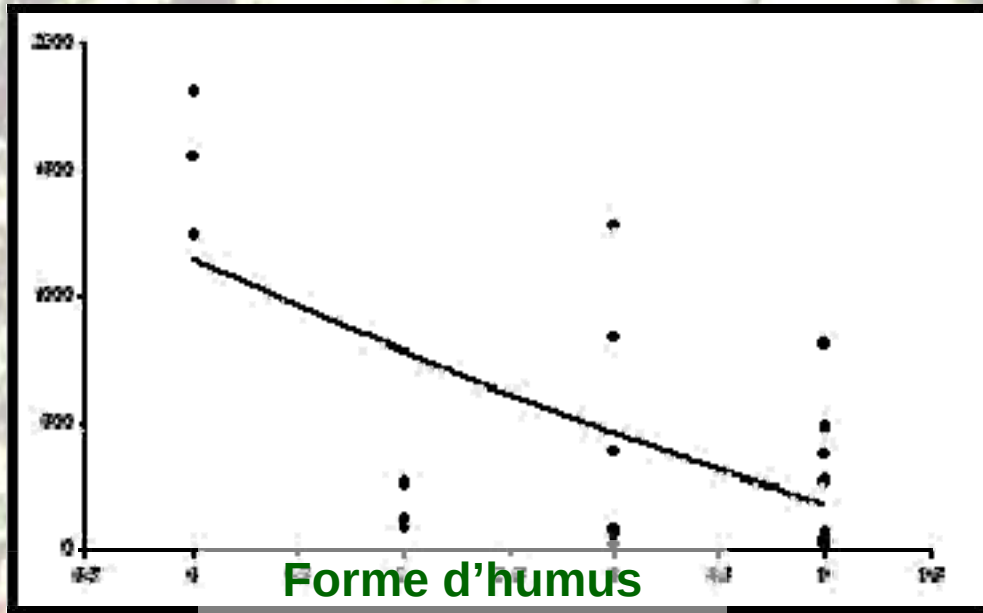
	ER	Humus	CEC	%Clay	%Silt	Hum.
Humus	-0.639***	1.000				
CEC	-0.637***	0.441*	1.000			
%Clay	-0.712****	0.428*	0.956****	1.000		
%Silt	-0.711****	0.378	0.754****	0.834****	1.000	
Hum.	-0.697***	0.354	0.923****	0.949****	0.728****	1.000
pH	-0.660***	0.640***	0.871****	0.840****	0.767****	0.726****
n=24 ; (*) p < 0.1 ; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001 ; **** p < 0.0001						

De nombreux facteurs significativement corrélés à la résistivité mesurée *in situ*

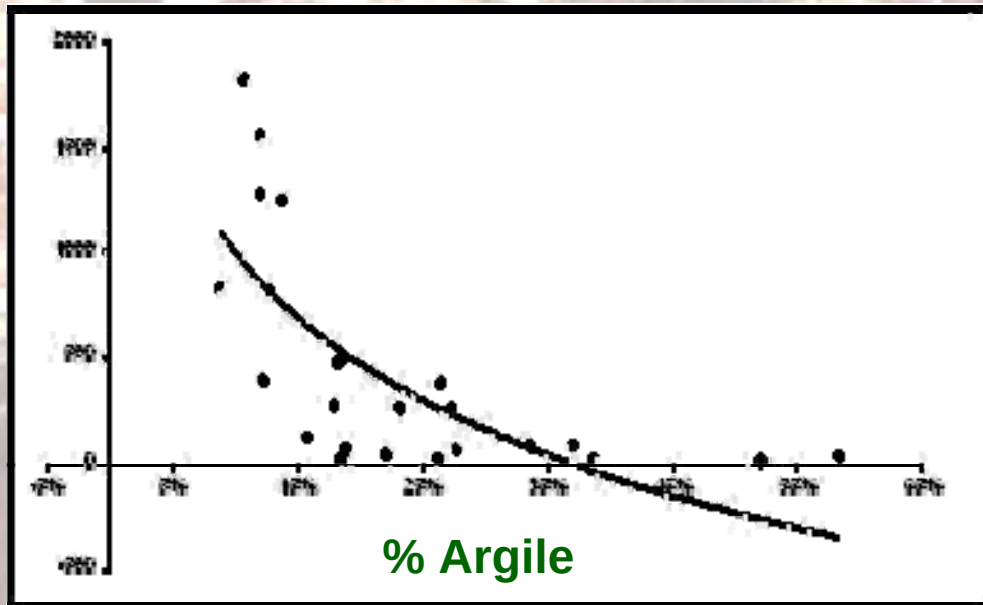
Possibilité de cartographier les formes d'humus avec une précision intéressante

Résultats : Placette EPC74 – Analyses des corrélations

Résistivité



Forme d'humus :
 $R^2 = 0.41$, $p < 0.001$



% Argile :
 $R^2 = 0.49$, $p < 0.0001$

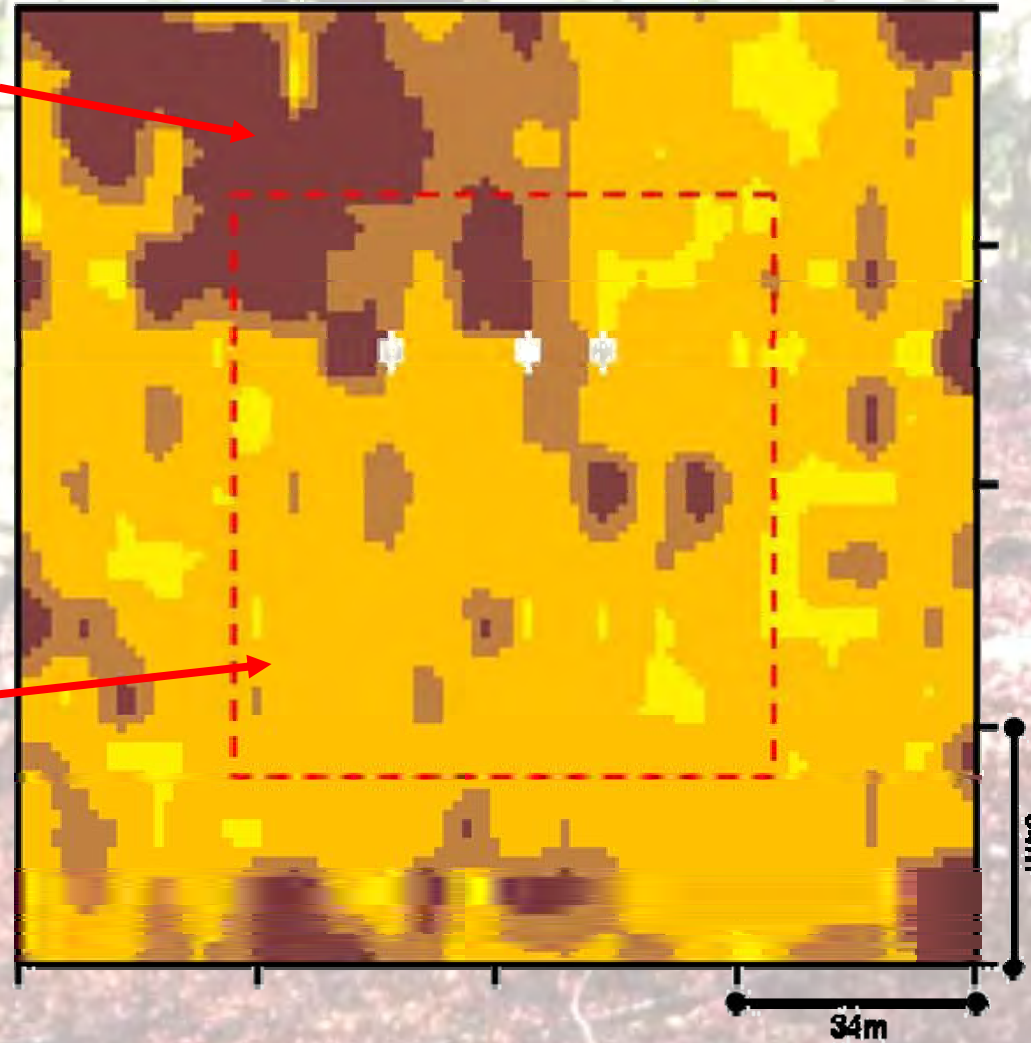
Résultats : Placette EPC74 – en pratique

Forte résistivité : sols
sableux secs (drainants),
faible CEC, formes
d'humus peu actives :

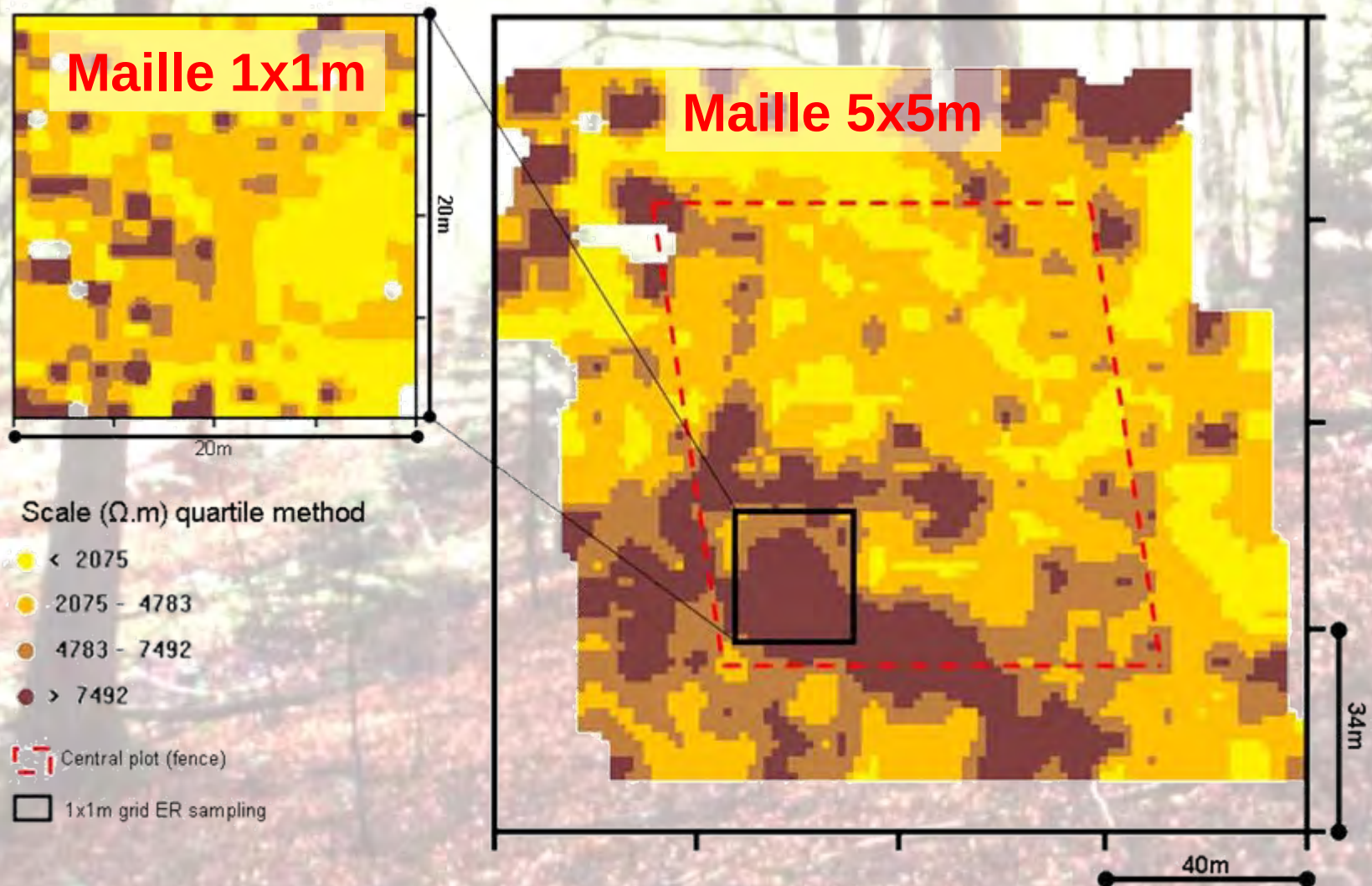
⇒ **Zones peu fertiles**

Faible résistivité : sols
argileux humides, forte
CEC, formes d'humus
actives :

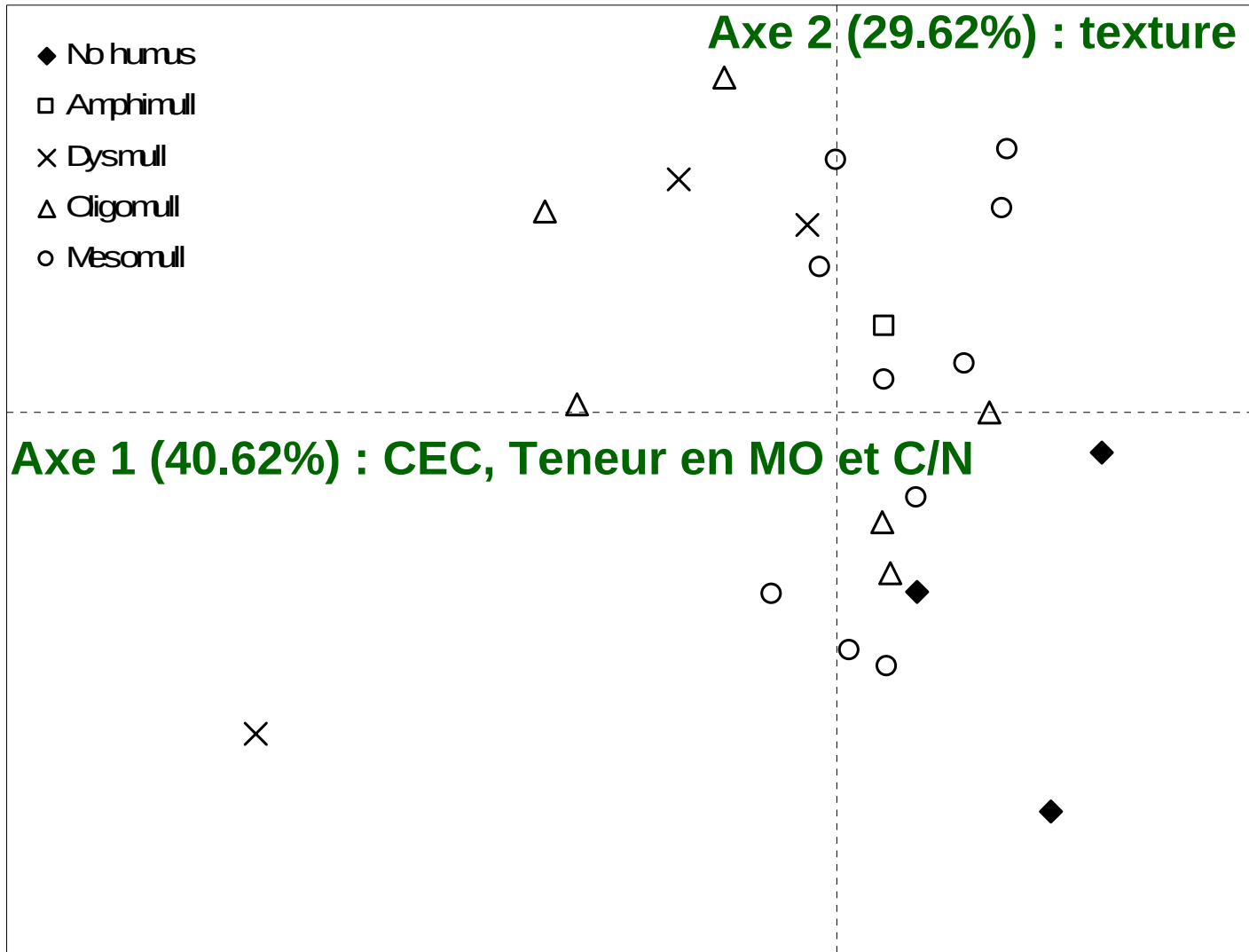
⇒ **Zones fertiles**



3.2 Cas d'une placette « qui marche... moyennement » : SP38 (forêt domaniale de St Hugon, Isère)



Résultats : Placette SP38 – ACP sur les résultats des analyses de sol

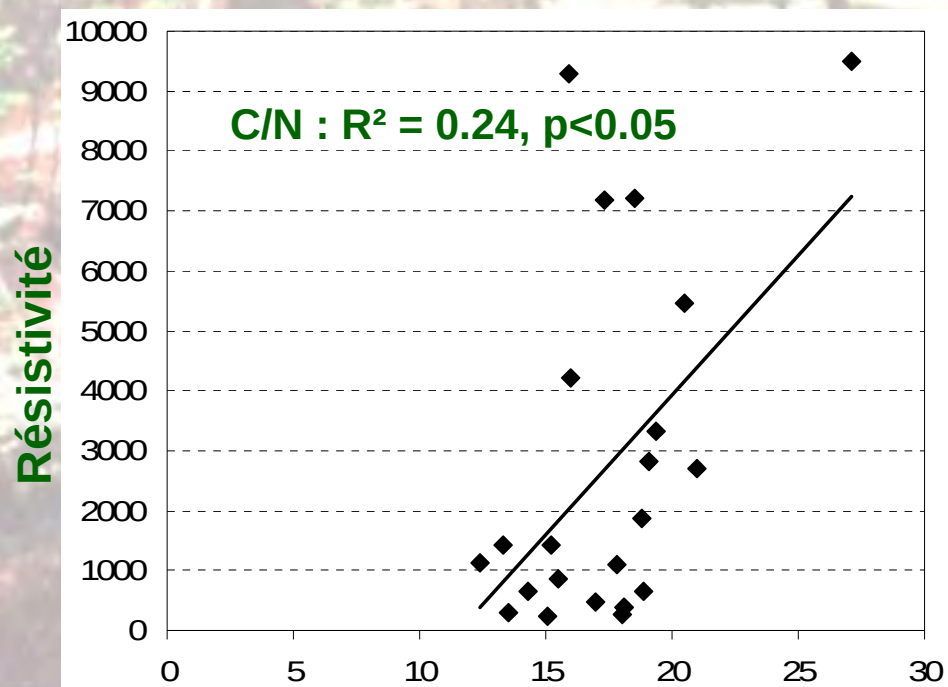


... pas d'influence de la forme d'humus

Résultats : Placette SP38 – Analyses des corrélations

	ER	C/N	Ca	K	CEC
C/N	0.490*	1.000			
Ca	0.439*	0.796***	1.000		
K	0.396	0.697**	0.844***	1.000	
CEC	0.386	0.799***	0.829***	0.904***	1.000
Bulk density	-0.340	-0.307	-0.223	-0.375	-0.406

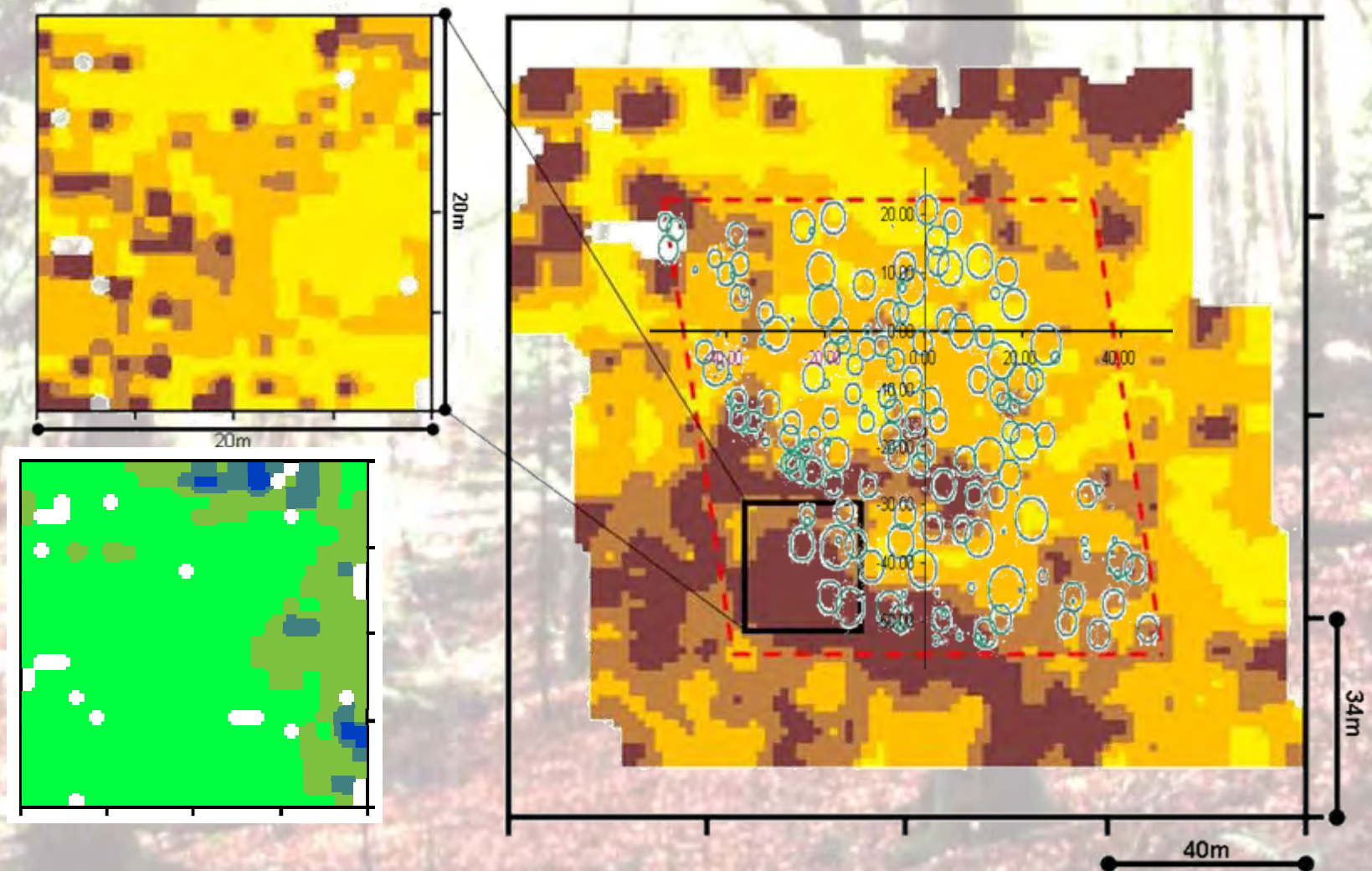
* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$; *** $p < 0.00001$ – $n=23$



→ Faible représentativité des variations

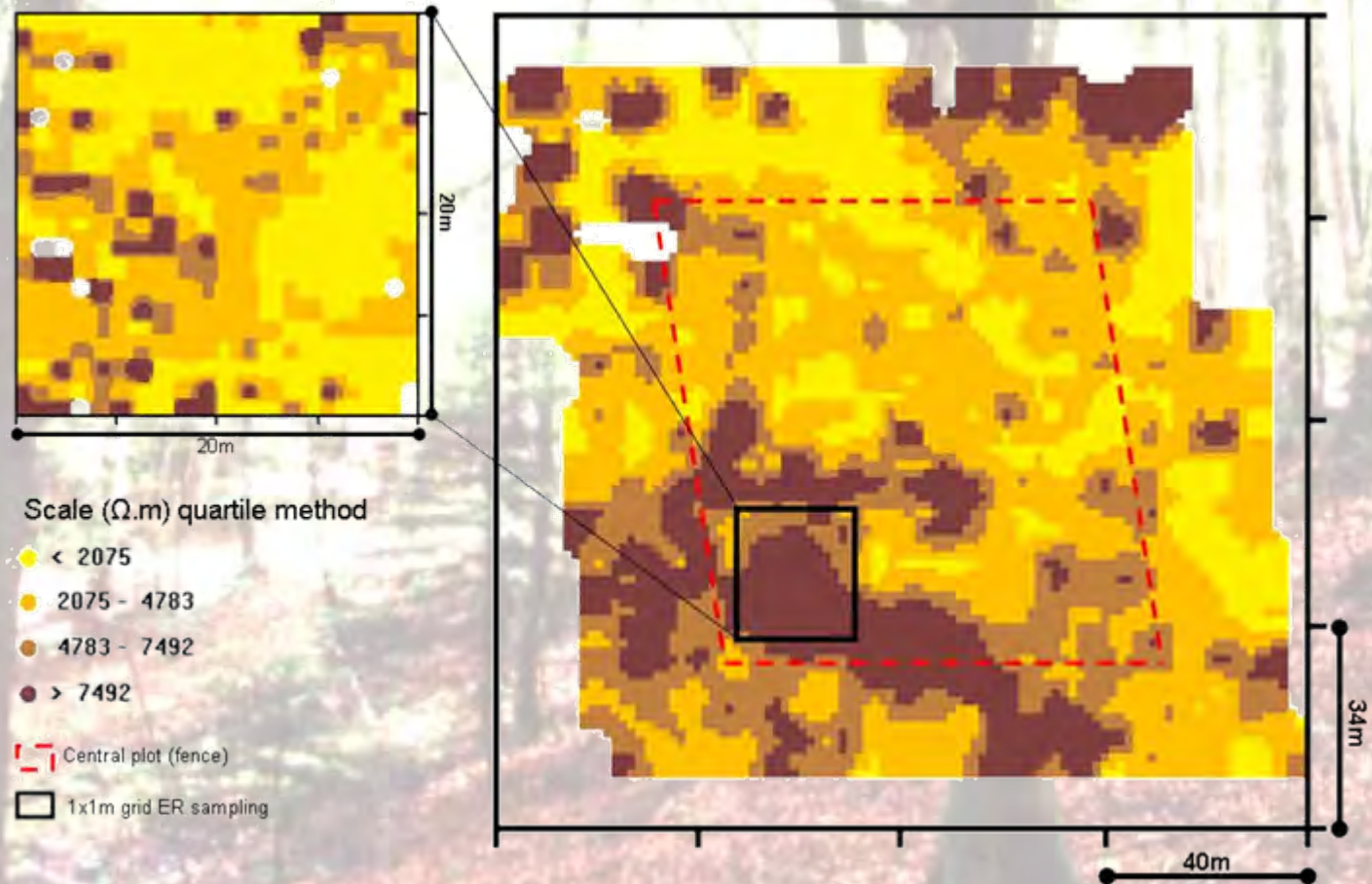
→ Forme de la relation différente de la bibliographie et des résultats précédents

Résultats : Placette SP38 – Influence de la végétation ?



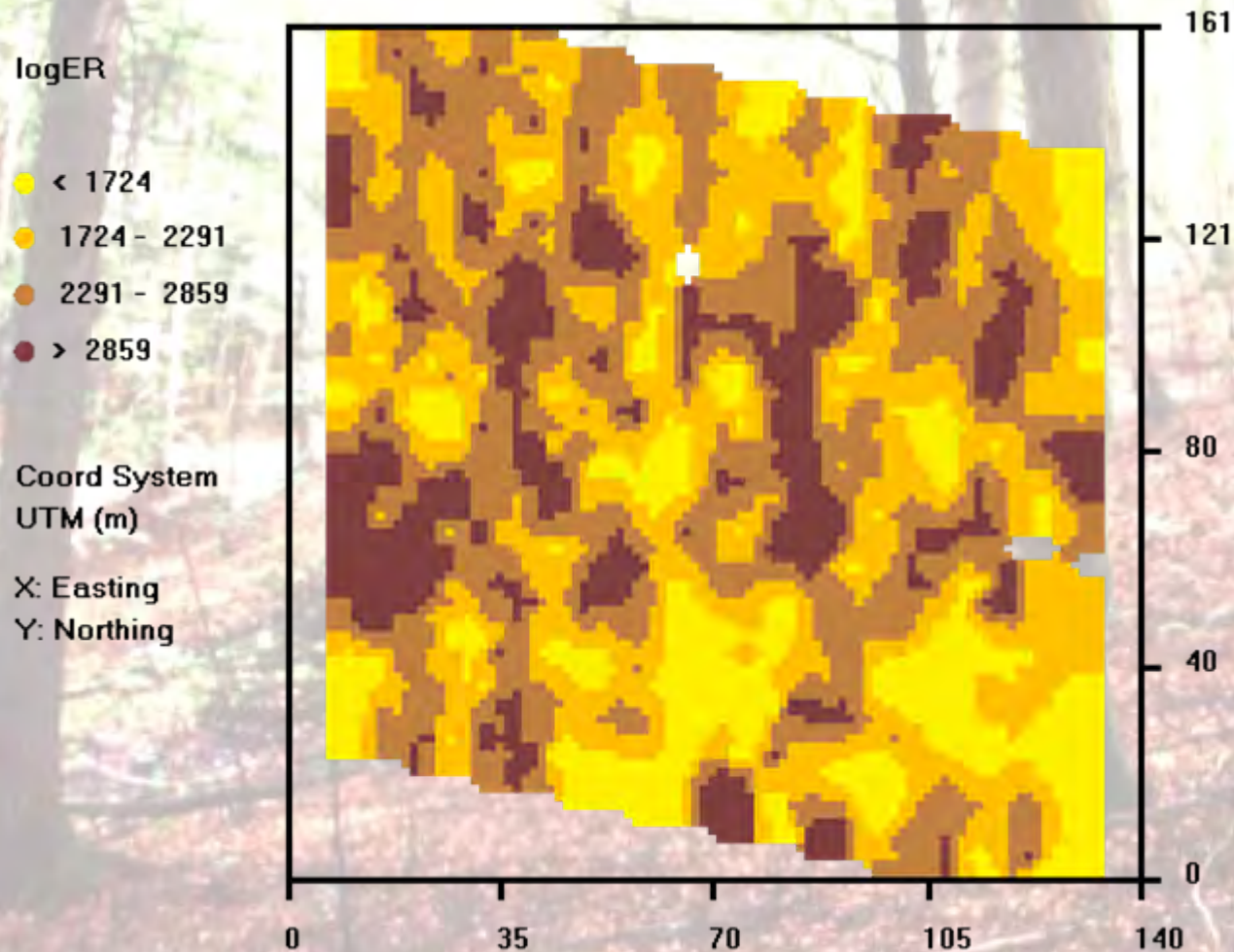
- Arbres (placette centrale) ;
- Végétation herbacée (sous-placette 400m²)

Résultats : Placette SP38 – réflexions sur l'hétérogénéité locale et les échelles spatiales ?



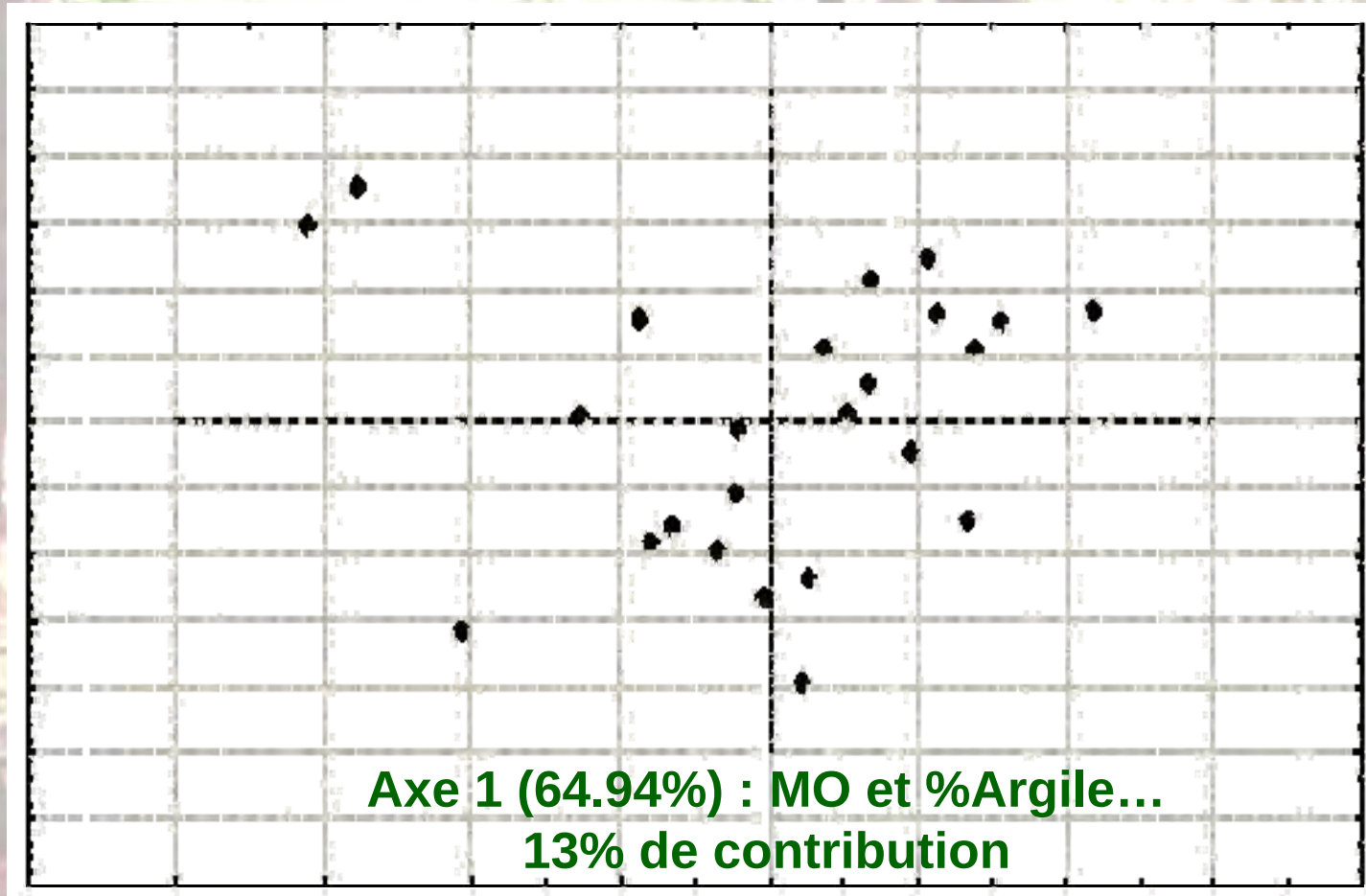
- Comparaison de distribution de résistivité à différentes échelles (variogramme)
- Répartition spatiale de la résistivité (modèles de dispersion)

3.3 Cas d'une placette « qui ne marche pas » : EPC63 (forêt sectionale de Manson, Puy de Dôme)



Résultats : Placette EPC63 – ACP sur les résultats des analyses de sol

Axe 2 (9.57%) : masse volumique (39% de contribution)



→ Faible dispersion des échantillons

Résultats : Placette EPC63 – Analyses des corrélations

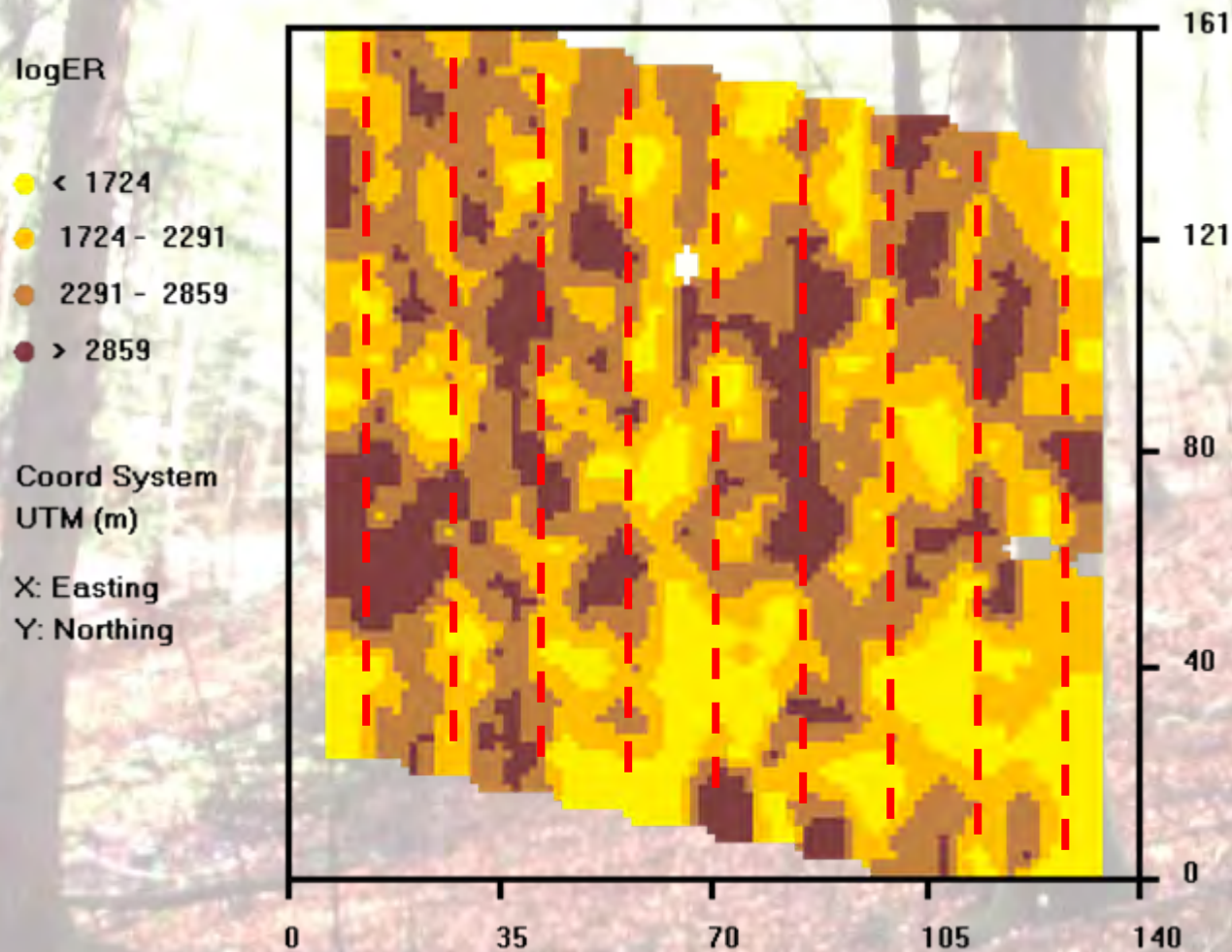
EPC63	ER	Humus	CEC	MO	%L	%S	Hum. B.D.
Humus	0.175	1.000					
CEC	0.158	-0.118	1.000				
MO	0.161	-0.088	0.937****	1.000			
%L	0.160	0.070	-0.501****	-0.525**	1.000		
%S	-0.189	0.102	-0.814*	-0.901****	0.272	1.000	
Hum. Bulk density	-0.298	0.035	-0.450*	-0.605*	0.335	0.544**	1.000
Dry Bulk density	-0.136	0.032	-0.670***	-0.764****	0.378	0.715****	0.898****

n=24 ; (*) p < 0.1 ; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001; **** p < 0.0001

→ Aucun résultat significatif sur la résistivité ni sur la forme d'humus

→ Il faut chercher d'autres facteurs d'influence

Résultats : Placette EPC63 – Analyses des corrélations



→ Effet des cloisonnements d'exploitation ???

1. Contexte scientifique, théorie et principes

2. Matériels et méthodes

3. Premiers résultats : 3 exemples

4. Conclusions et perspectives

Conclusions...

1. Une méthode de cartographie applicable en forêt : meilleurs résultats en conditions relativement humides, sols peu pierreux à texture argileuse ;
2. Une méthode non invasive qui donne accès à l'information dans la partie en défauts sans échantillonnage ;
3. Une méthode qui permet dans une certaine mesure d'orienter et de réduire l'effort d'échantillonnage ;
4. Des modèles plus faciles à calibrer dans des conditions de sol hétérogènes.

... et perspectives

Discrimination de certaines propriétés du sol et des formes d'humus mais :

- **Différentes réponses suivant le contexte (influence de l'hétérogénéité locale) ;**
- **Nécessité de prendre en compte d'autres facteurs d'influence (végétation, gestion...) ;**
- **Nécessité d'effectuer plusieurs tests à différentes échelles spatiales.**

Un pas vers la spatialisation de données sur le réseau RENECOFOR (suivi dans le temps et l'espace) ?

Références bibliographiques

Corwin, D.L. & Lesch, S.M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 11-43.

Lesch, S., Rhoades, J.D., & Corwin, D.L. (2003). ESAP-95 Version 2.30 Software. Software Installation Directions and Overview of New Features. USDA -ARS, George E. Brown, Jr., Salinity Laboratory, Riverside, California.

Paillet, Y., Cassagne, N., Ulrich, E., Brun, J-J. (in prep). Electrical resistivity: a new method to map forest soils properties.

Pozdnyakova, L. (1999). Electrical properties of soils, University of Wyoming, Laramie, WY.

Samouelian, A., Cousin, I., Tabbagh, A., Bruand, A., & Richard, G. (2005). Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil and Tillage Research*, 83, 173-193.

Merci de votre attention...

