

Présenté par Lili Perreault

Suzanne Brais, *UQAT*

Nicolas Bélanger, *Téluq*

Collaboration: Sylvie Quideau, *U of Alberta*



# Restauration d'un sol forestier dégradé à l'aide de boues de fosse septique déshydratées

Séminaire de maîtrise, 19 avril 2016, Rouyn-Noranda



# Contexte

## Boues de fosse septique municipales

Au Québec (2012):

- ❖ 700 000 tonnes boues / année
- ❖ Seulement 34% sont recyclées, dont;
  - ❖ 95% épandage agricole
  - ❖ ~ 4% restauration de sites dégradés
  - ❖ Très peu épandage sylvicole



(MDDEP, 2014; Hébert, 2015)

---

# Contexte

---

## Boues de fosse septique municipales

### Risques potentiels:

- ❖ Métaux-traces;
- ❖ Lessivage d'ions nitrate / phosphate;
- ❖ Pathogènes (ex. *Salmonella spp.*, *E. coli*);
- ❖ Autres contaminants: dioxine / furane.



# Contexte

## Sol forestier argileux dégradé:

- ❖ Compactage - machinerie lourde lors de la récolte (2004)
- ❖ Élimination et incorporation de la couverture morte (*forest floor*)
  - Plantation de peuplier hybride (2005)



*Site non perturbé*



*Sol minéral exposé*



*Épandage des boues*

# Contexte

## Importance de la couverture morte:

- ❖ Source d'énergie pour les décomposeurs
- ❖ Source et puit de C et de nutriments
- ❖ Rétention / absorption de l'eau
- ❖ Diffusion / absorption de l'énergie solaire
- ❖ *Buffer* environnemental

(Bonan & Shugart, 1989; Prescott *et al.*, 2000)



*Site non perturbé*



*Sol minéral exposé*



*Épandage des boues*

# Objectifs & Hypothèses

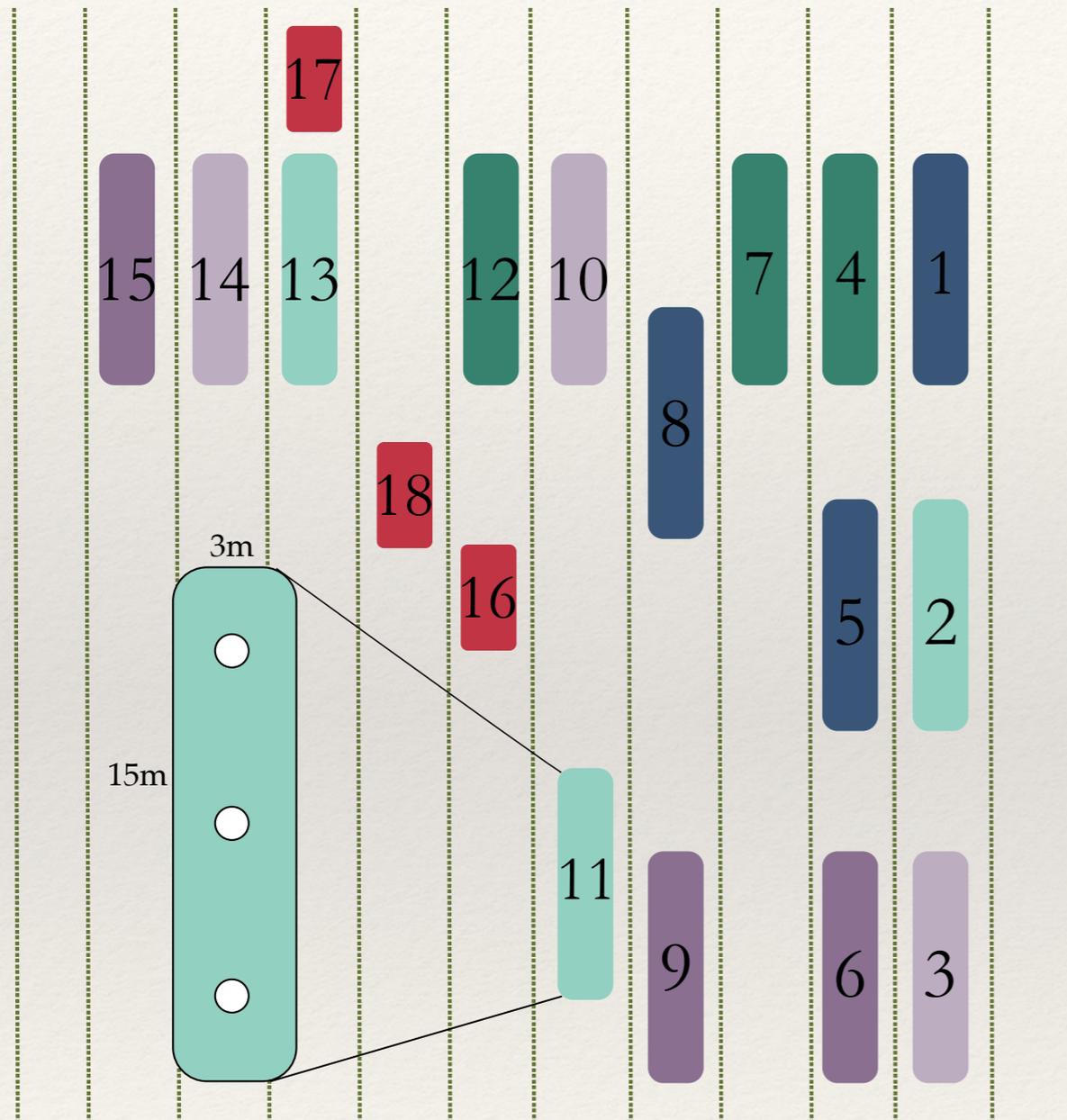
- ❖ **Évaluer l'effet des boues de fosse septique sur**
  - ◆ l'apport en C et en nutriments;
  - ◆ la contamination par métaux-traces (Cu, Zn, Pb);
  - ◆ la croissance d'épinettes blanches;
  - ◆ les propriétés physiques des sols.
  
- ❖ *Les boues peuvent-elles remplacer la couverture morte?*



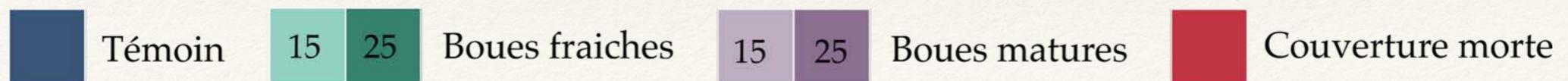
*Couverture morte*

# Méthodes

## Dispositif expérimental

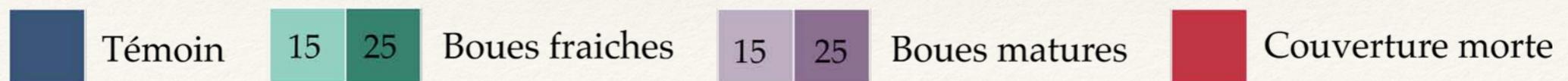
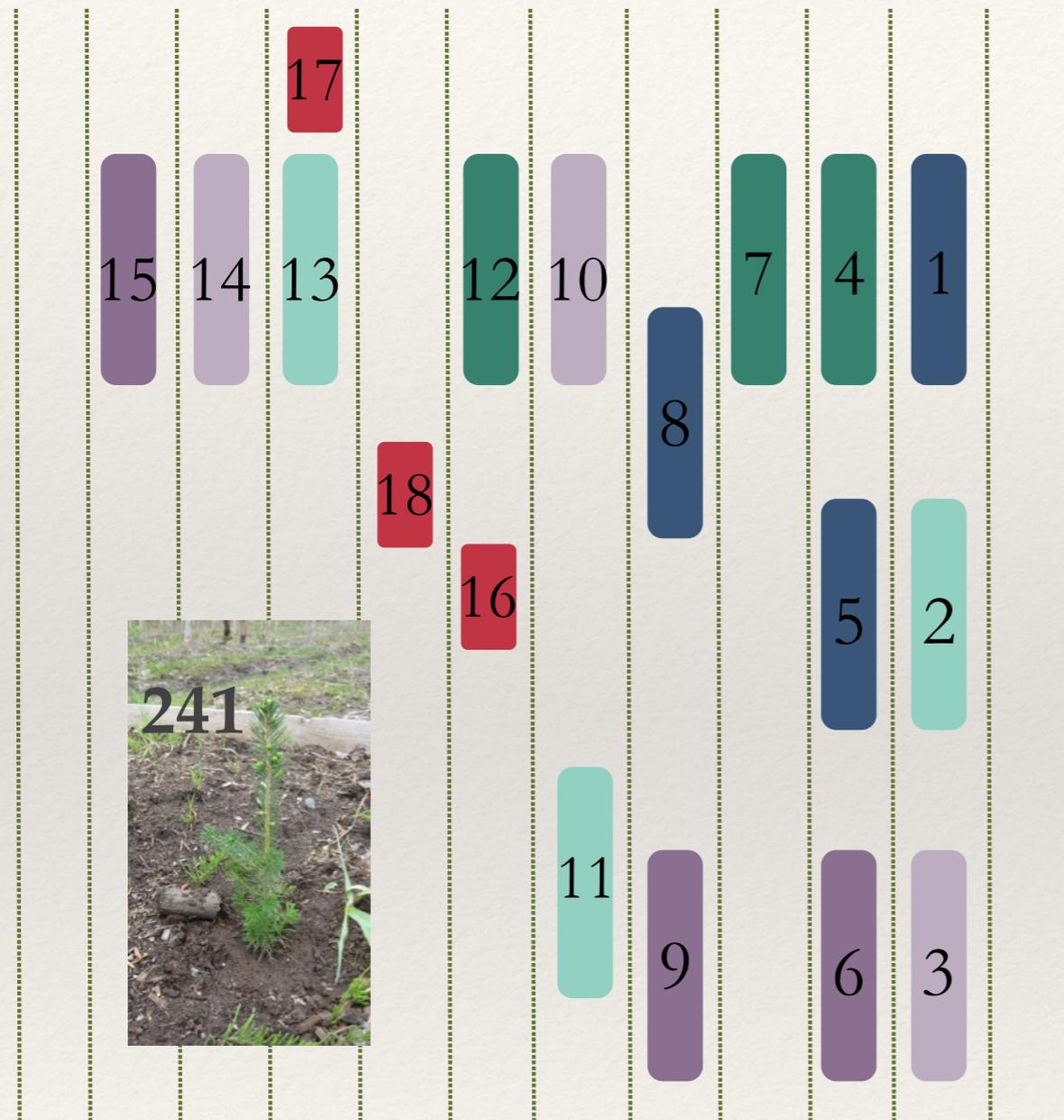


*Épandage entre les rangées de peupliers hybrides*



# Méthodes

## Dispositif expérimental



# Méthodes

## Caractérisation des amendements

- ❖ **Concentrations de C et N:**  
(Combustion et détection infrarouge)
- ❖ **Biomasse microbienne C et N:**  
(Bactéries et champignons)  
Fumigation-extraction au chloroforme  
(Jenkinson 1982)
- ❖ **Minéralisation du C:**  
Respiration avec chaux sodée (Keith & Wong, 2006)



*Spectromètre - acquisition de spectres RMN*

# Méthodes

## Nutriments et métaux-traces

- ❖ **Sondes PRS (PRS<sup>TM</sup> probes):**  
Simulation des racines des plantes  
(Qian & Schoenau, 2002)



*Sondes PRS<sup>TM</sup> dans une placette amendée de boues*

# Méthodes

## Croissance / nutrition des épinettes

- ❖ **Croissance:**  
Hauteur totale, diamètre, croissance annuelle (hauteur), croissance relative
  
- ❖ **Nutrition foliaire:**
  - C et N: Analyseur EA1108 CHNS-O
  - K, Ca, Mg: digestions au  $\text{HNO}_3$  / spectroscopie d'absorption atomique
  - P: colorimétrie



*Épinette blanche dans une placette amendée de boues*

# Méthodes

- ❖ **Modèle linéaire mixte à effet aléatoire (placette)**

- ❖ **Contrastes:**

- 1) **Témoin *vs.* Boues**
- 2) **Couverture morte *vs.* Boues**
- 3) **Boues fraîches *vs.* matures**
- 4) **15 cm *vs.* 25 cm**



# Méthodes

- ❖ **Modèle linéaire mixte à effet aléatoire (placette)**

- ❖ **Contrastes:**

- 1) **Témoin *vs.* Boues**
- 2) **Couverture morte *vs.* Boues**
- 3) **Boues fraîches *vs.* matures**
- 4) ~~15 cm *vs.* 25 cm~~



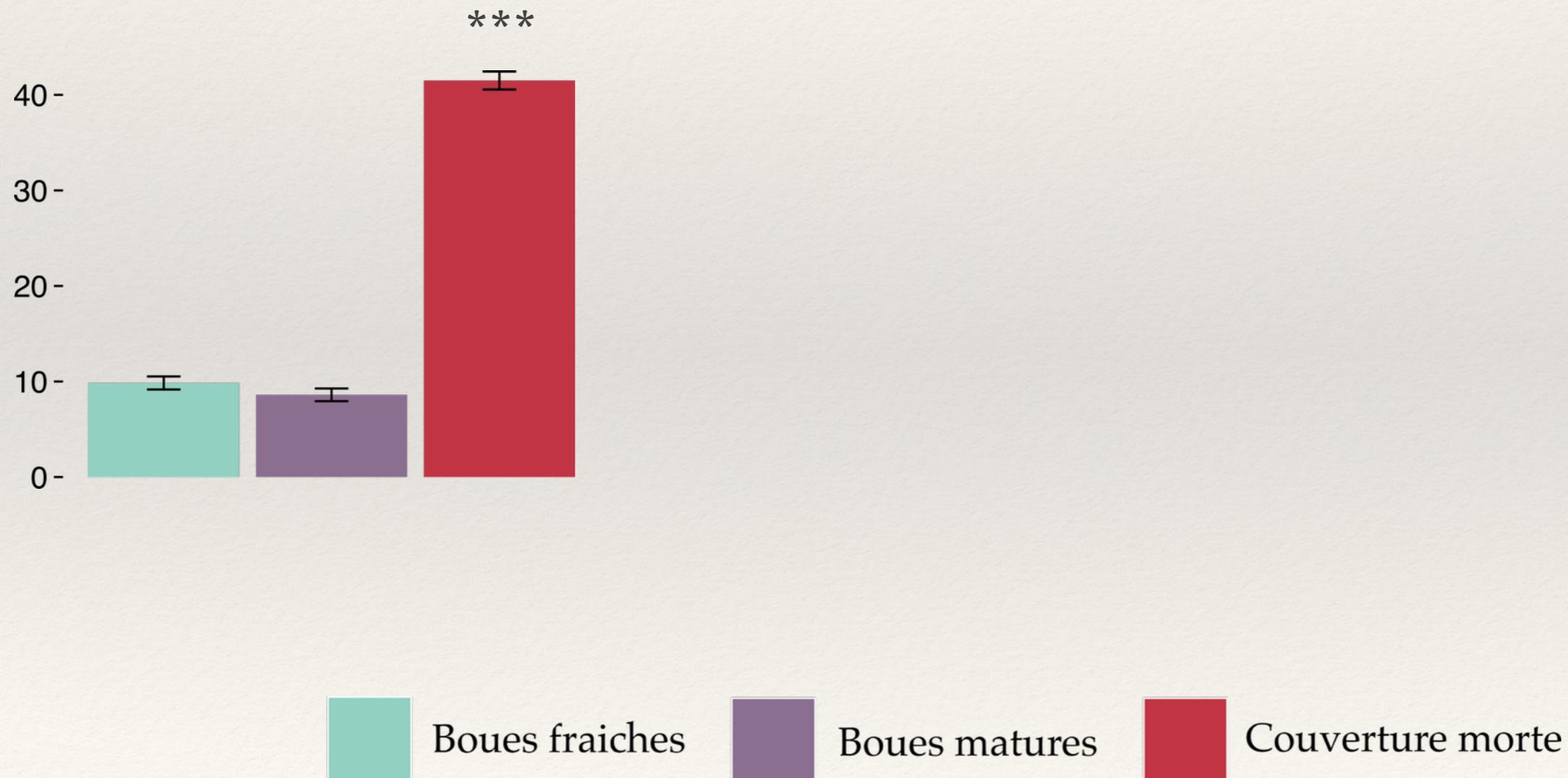
---

# Résultats & Discussion

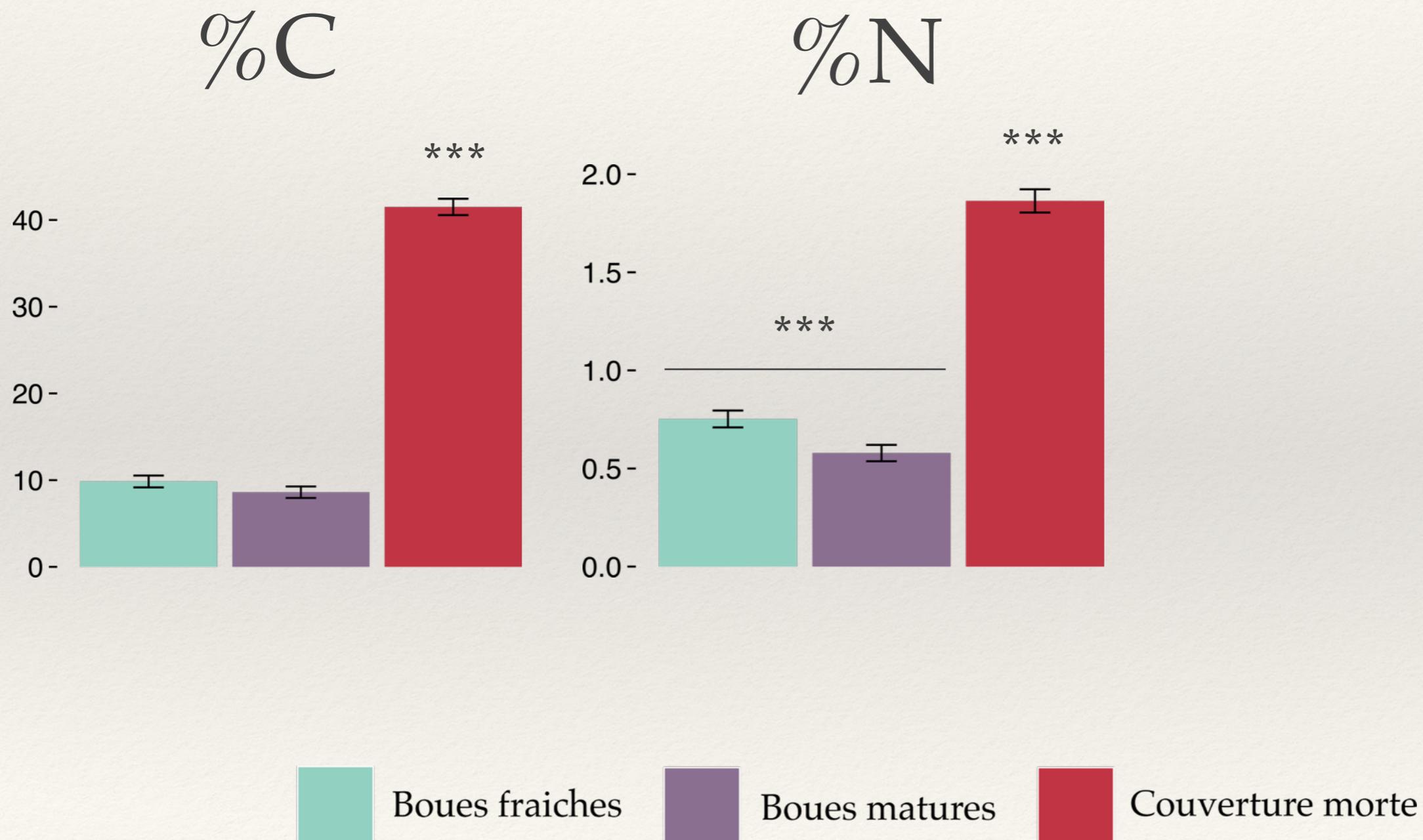
## 1. Caractérisation des amendements

---

%C

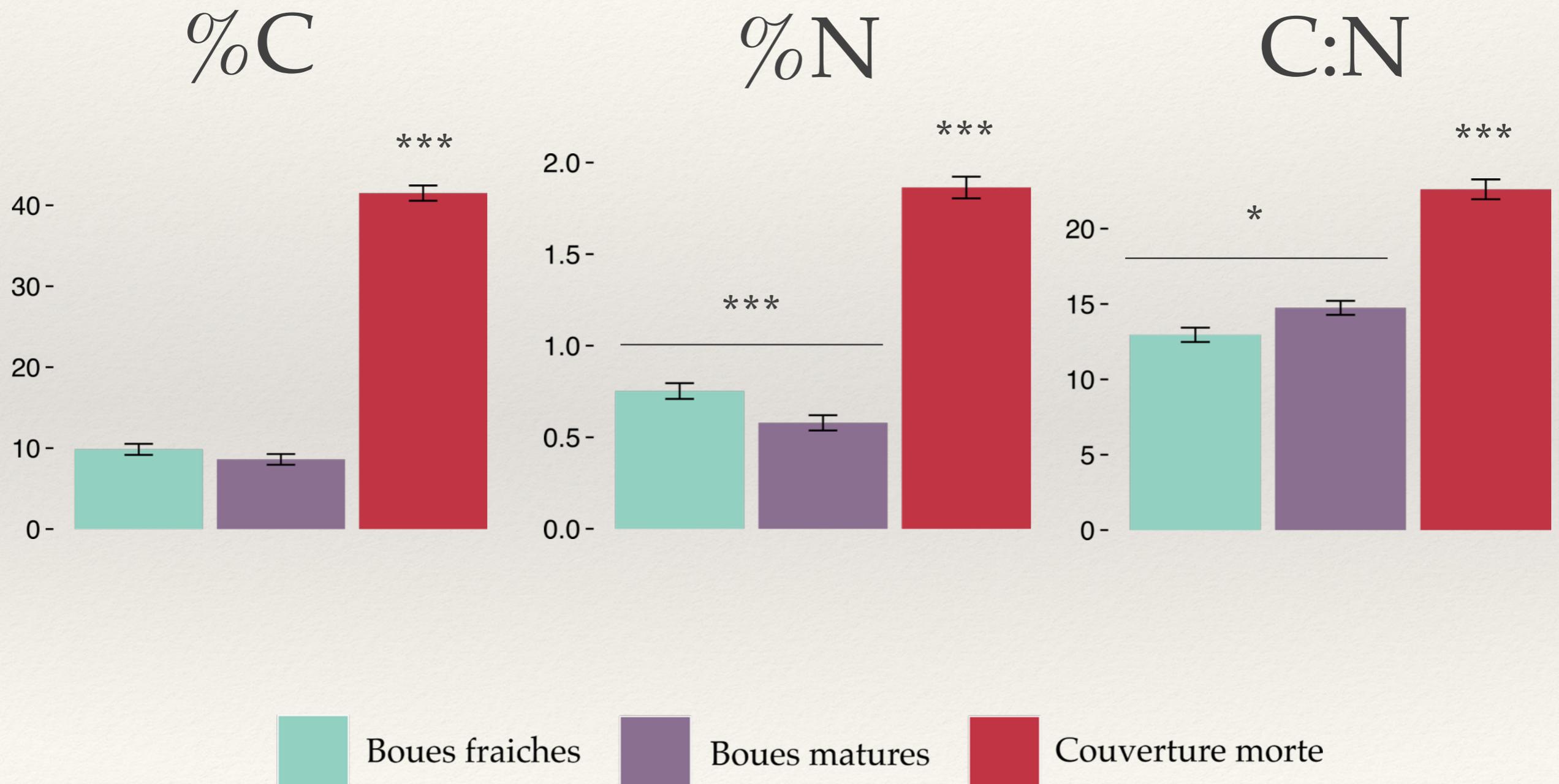


# Résultats & Discussion 1. Caractérisation des amendements



# Résultats & Discussion

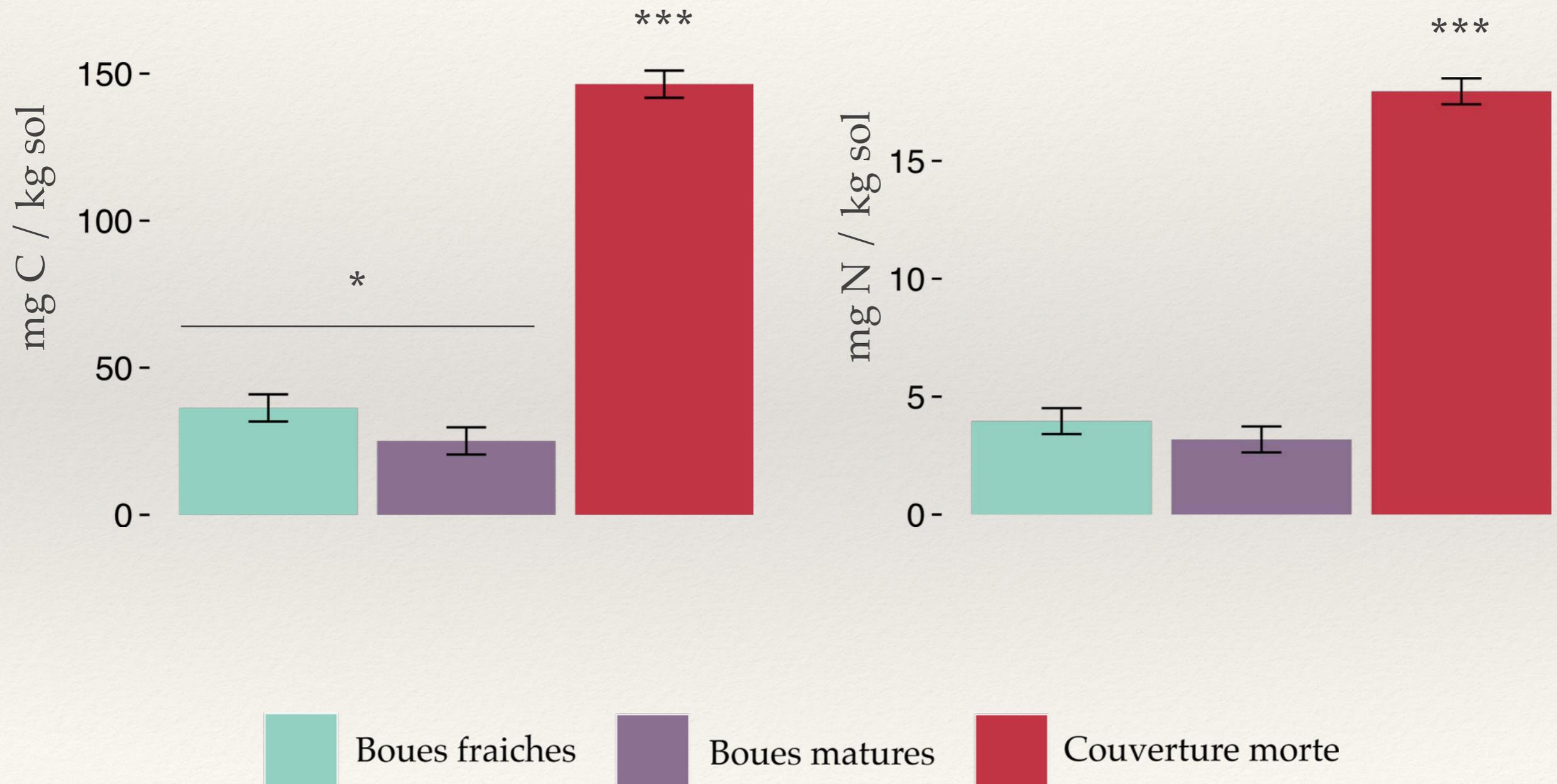
## 1. Caractérisation des amendements



# Résultats & Discussion

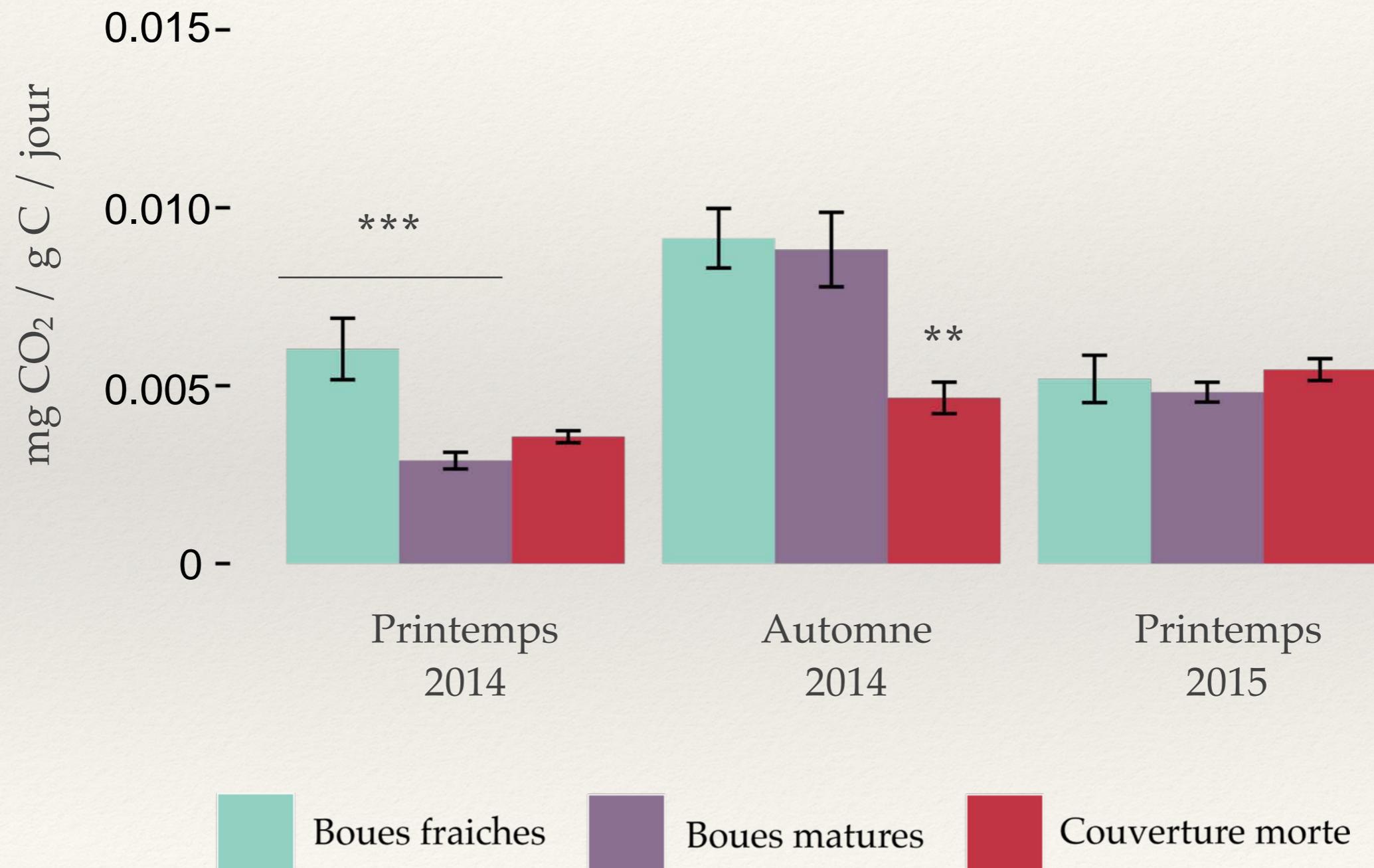
## 1. Caractérisation des amendements

### Biomasse microbienne



# Résultats & Discussion 1. Caractérisation des amendements

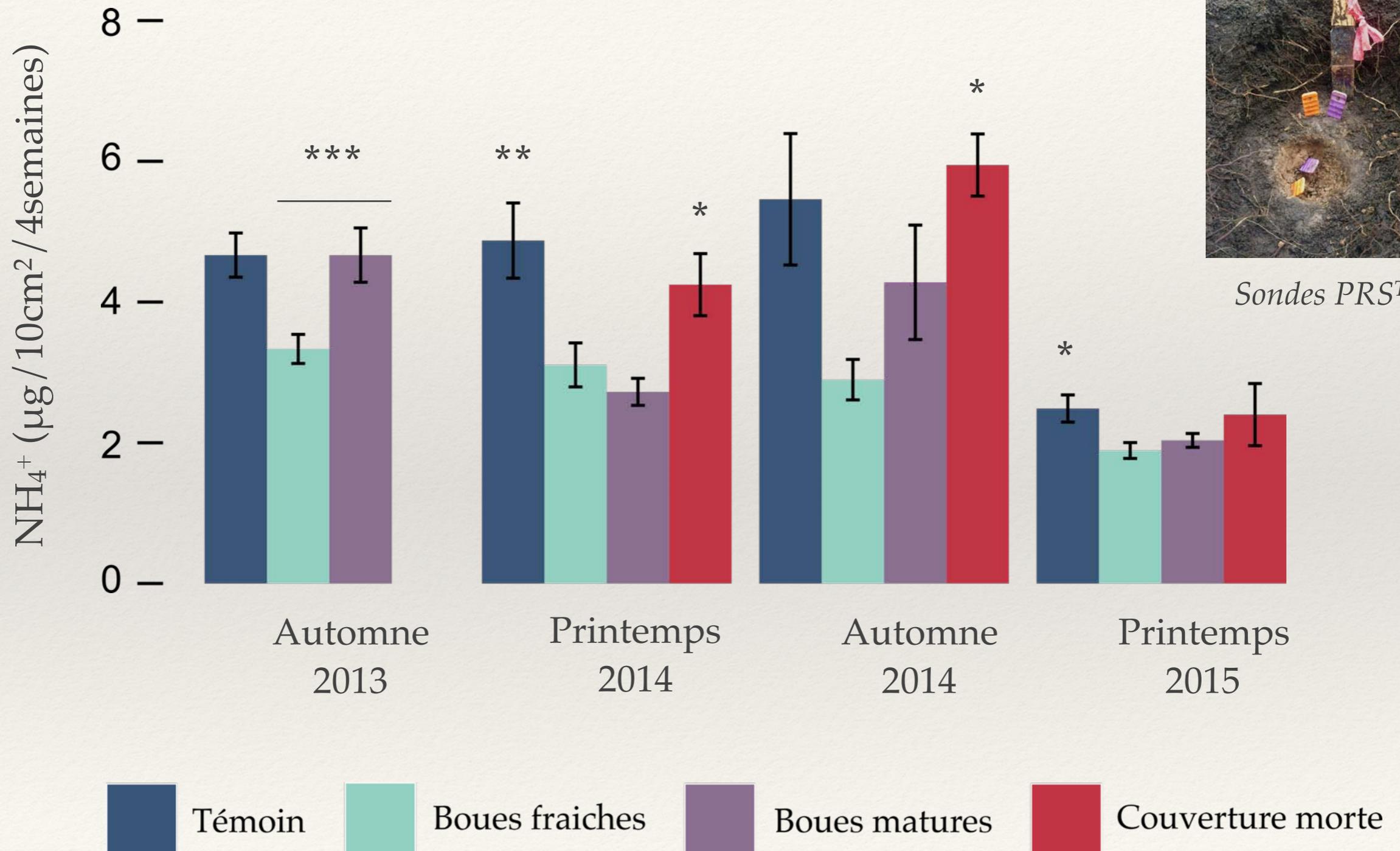
## Respiration du sol



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

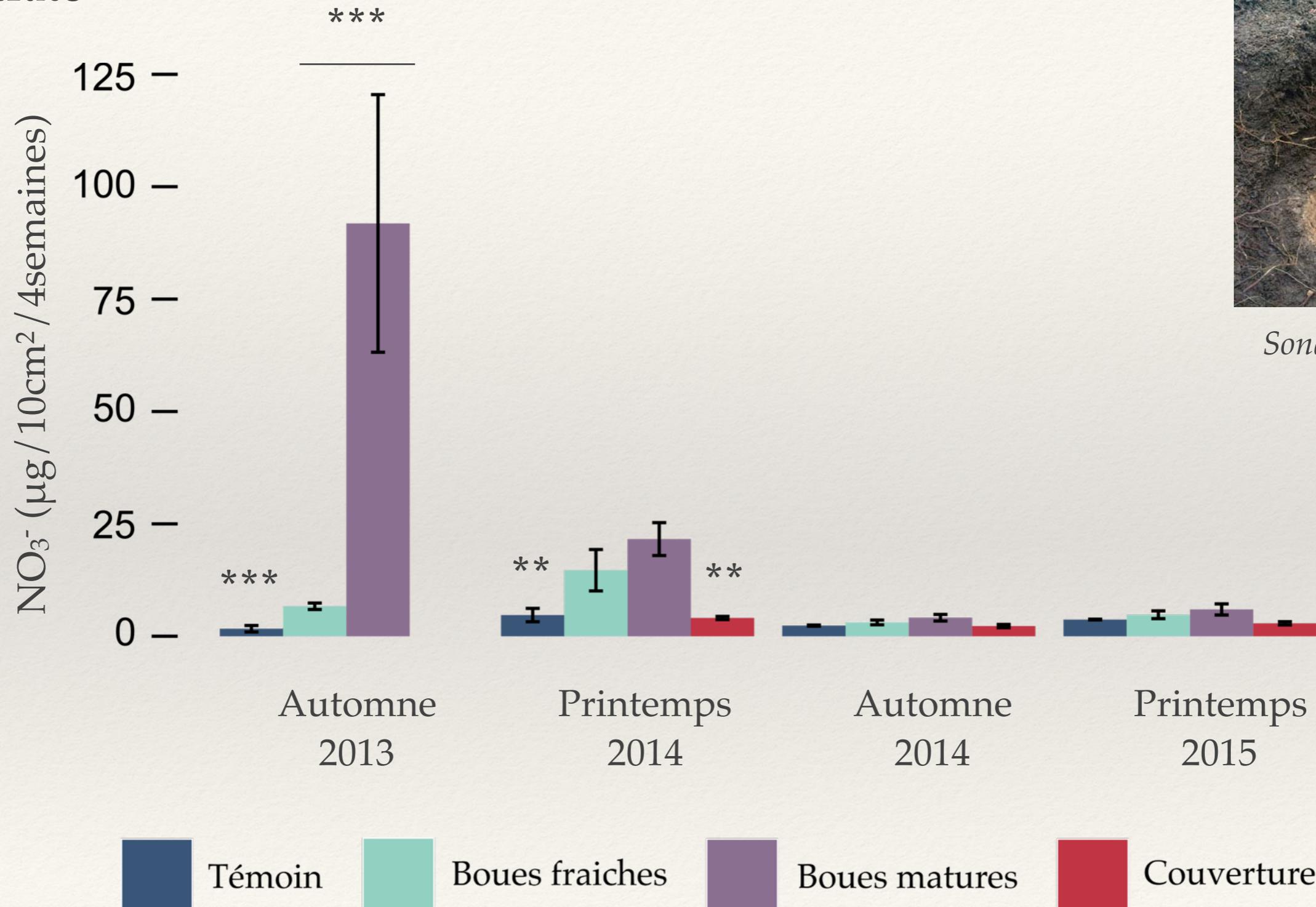
### Ammonium



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Nitrate

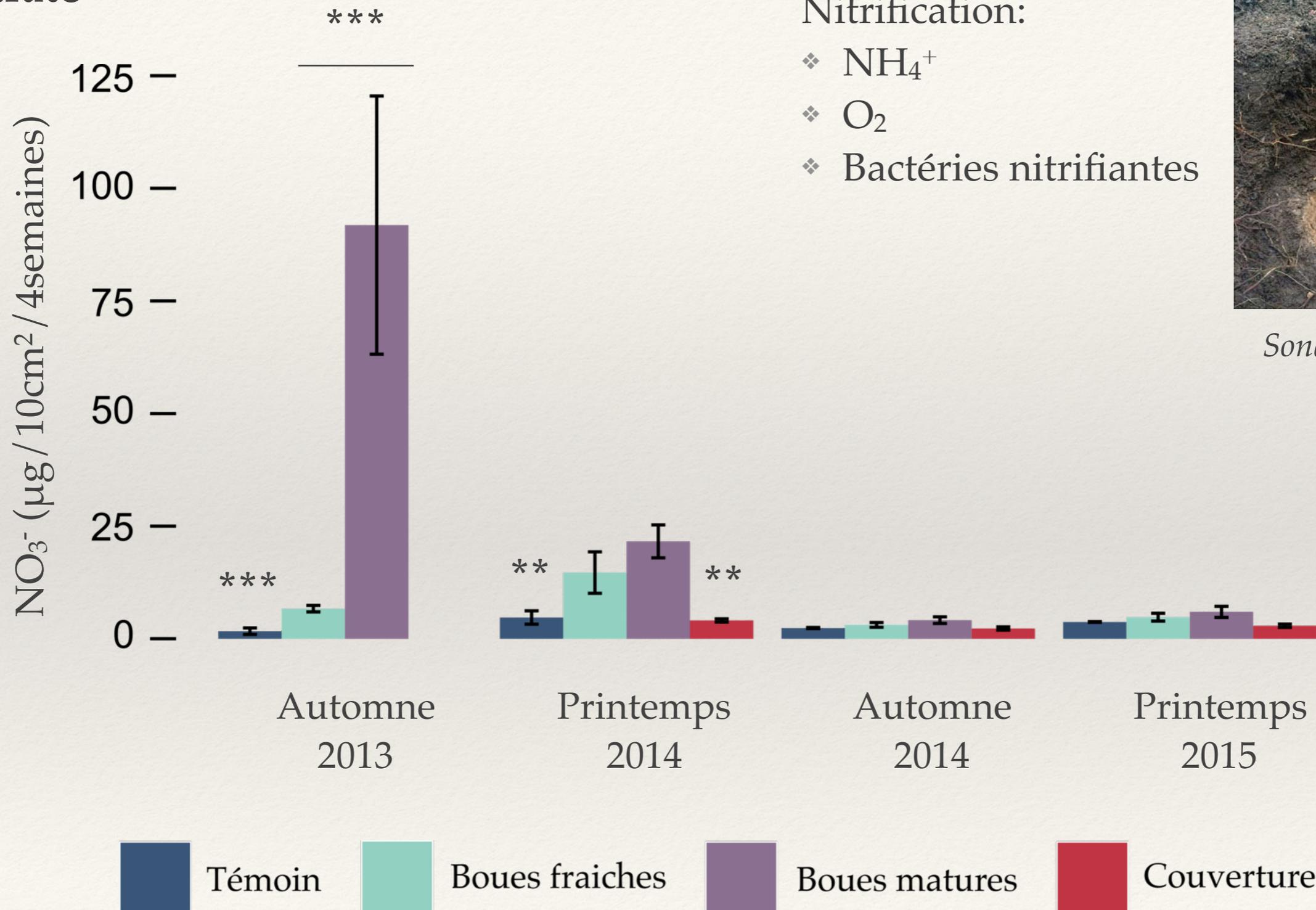


Sondes PRS™

# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

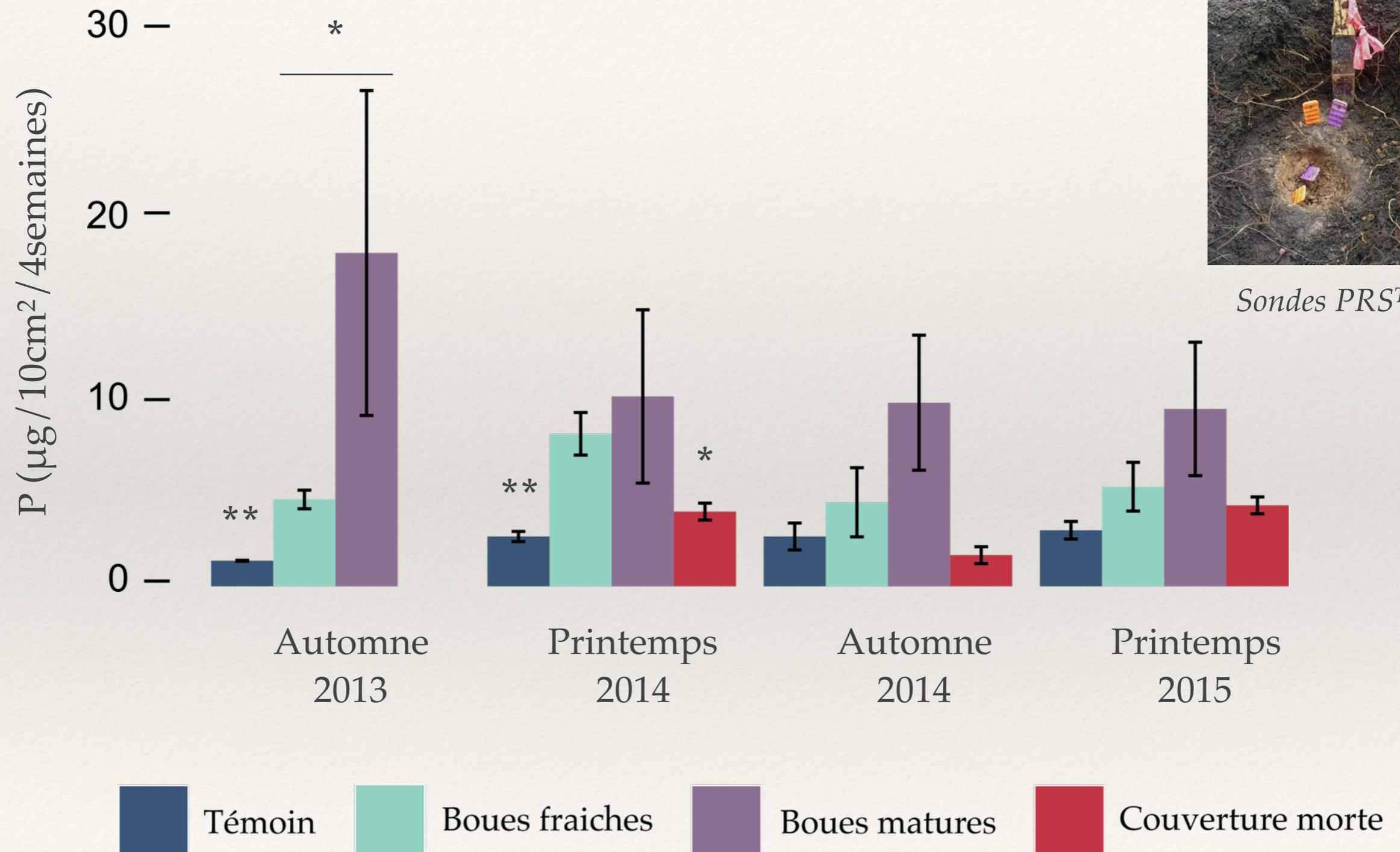
### Nitrate



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Phosphate

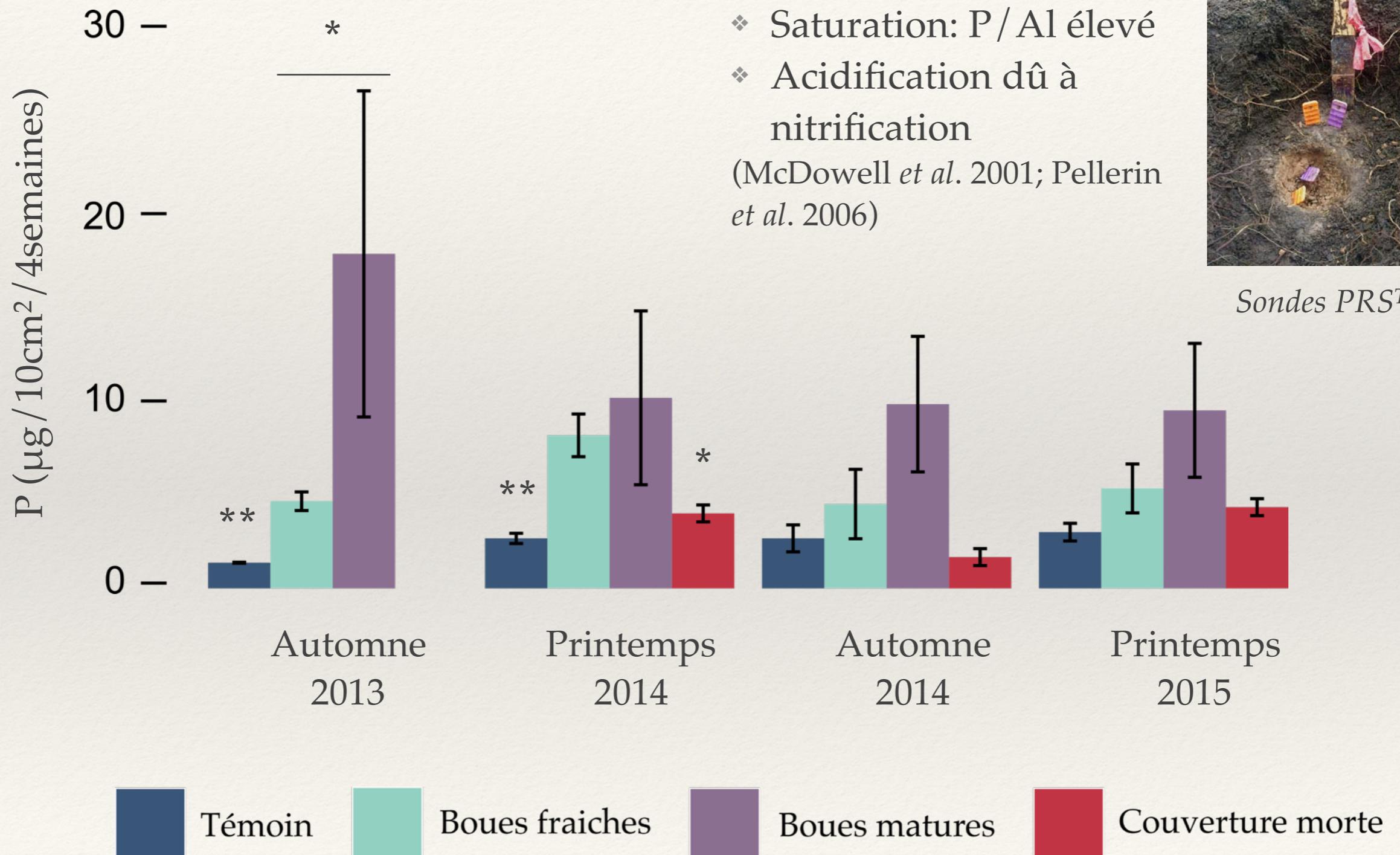


Sondes PRS™

# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Phosphate



Lessivage de  $\text{PO}_4^{3-}$ :

- ❖ Saturation: P / Al élevé
- ❖ Acidification dû à nitrification

(McDowell *et al.* 2001; Pellerin *et al.* 2006)

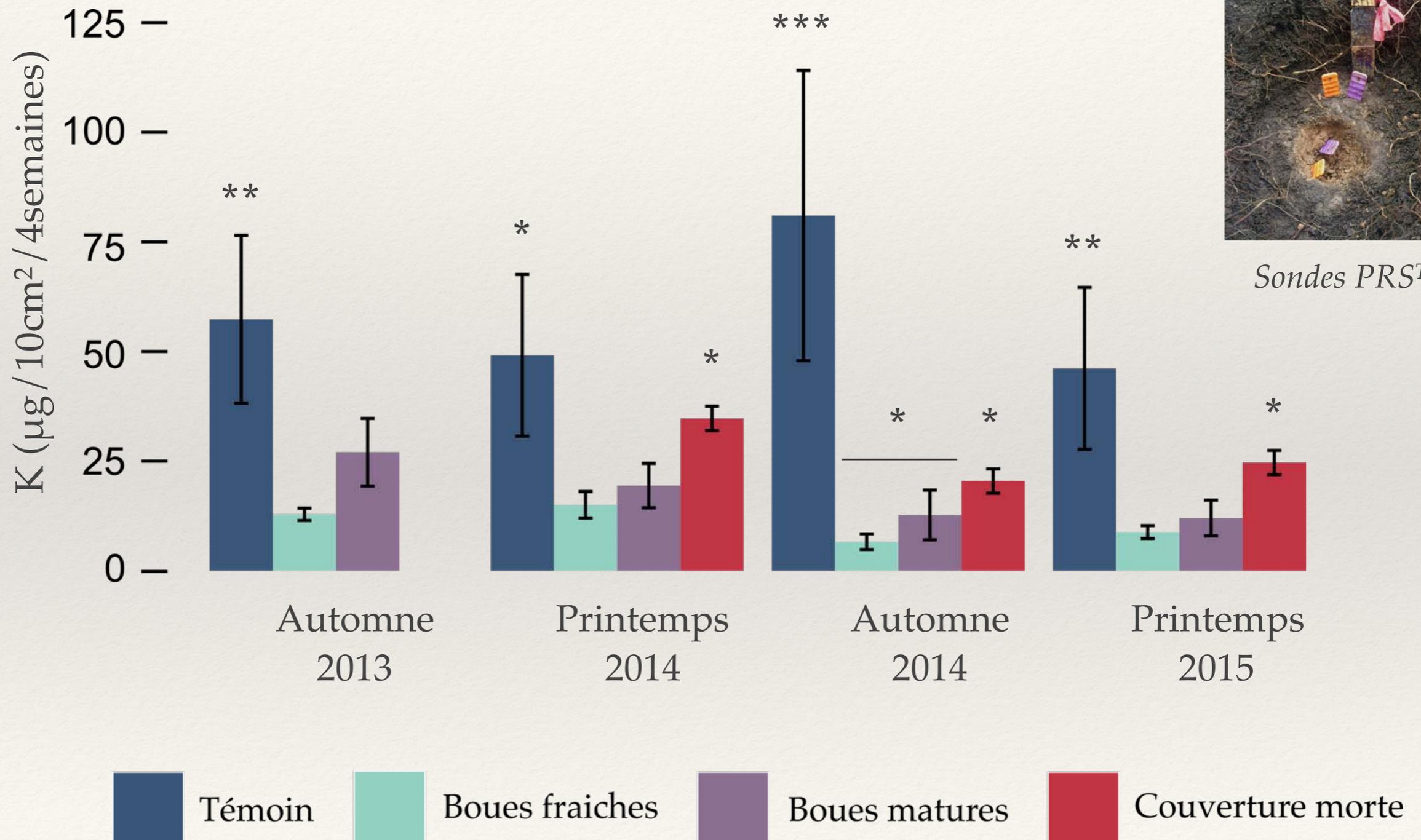


Sondes PRS™

# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

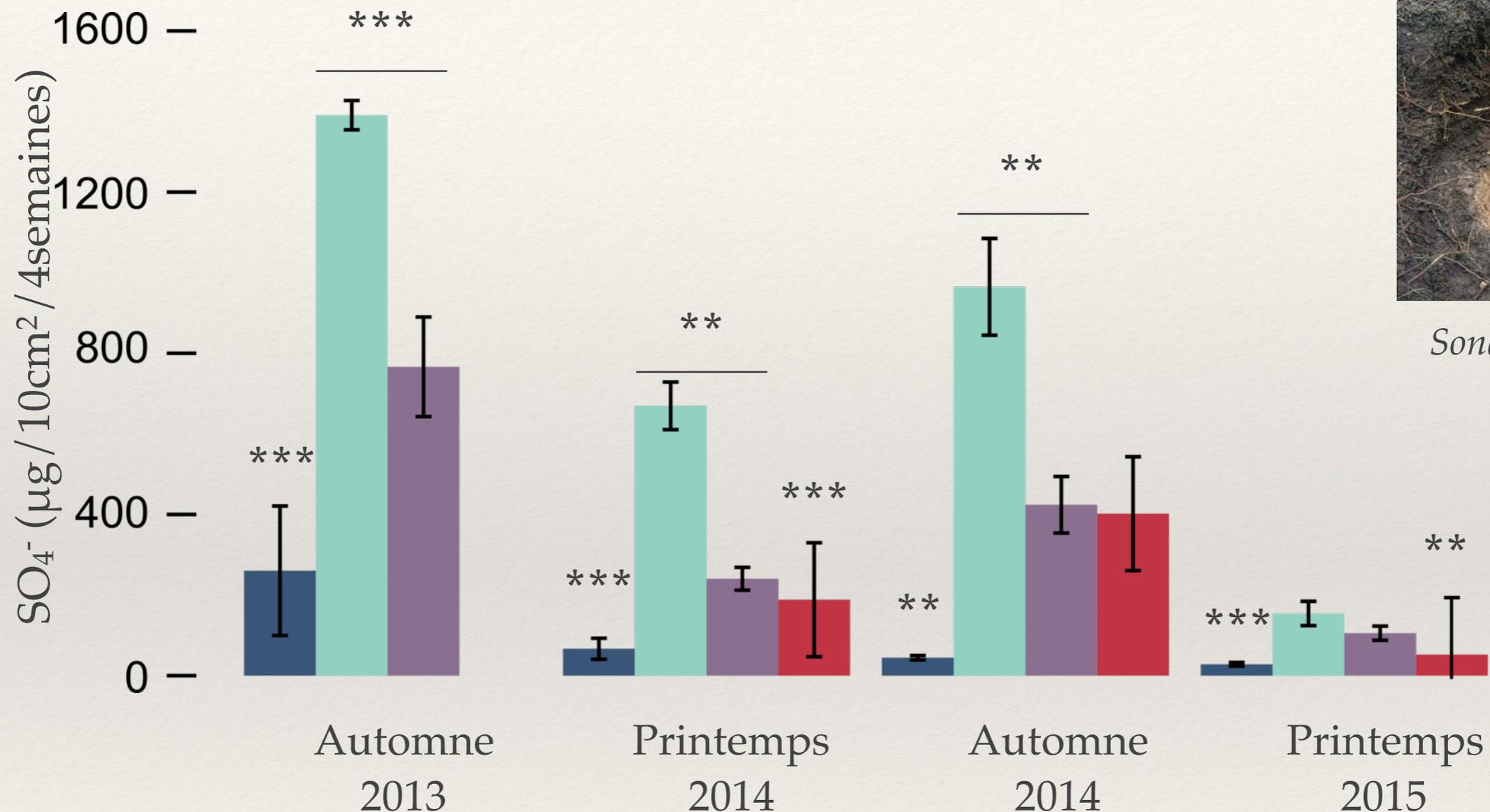
### Potassium



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Sulfate



Sondes PRS™



# Résultats & Discussion

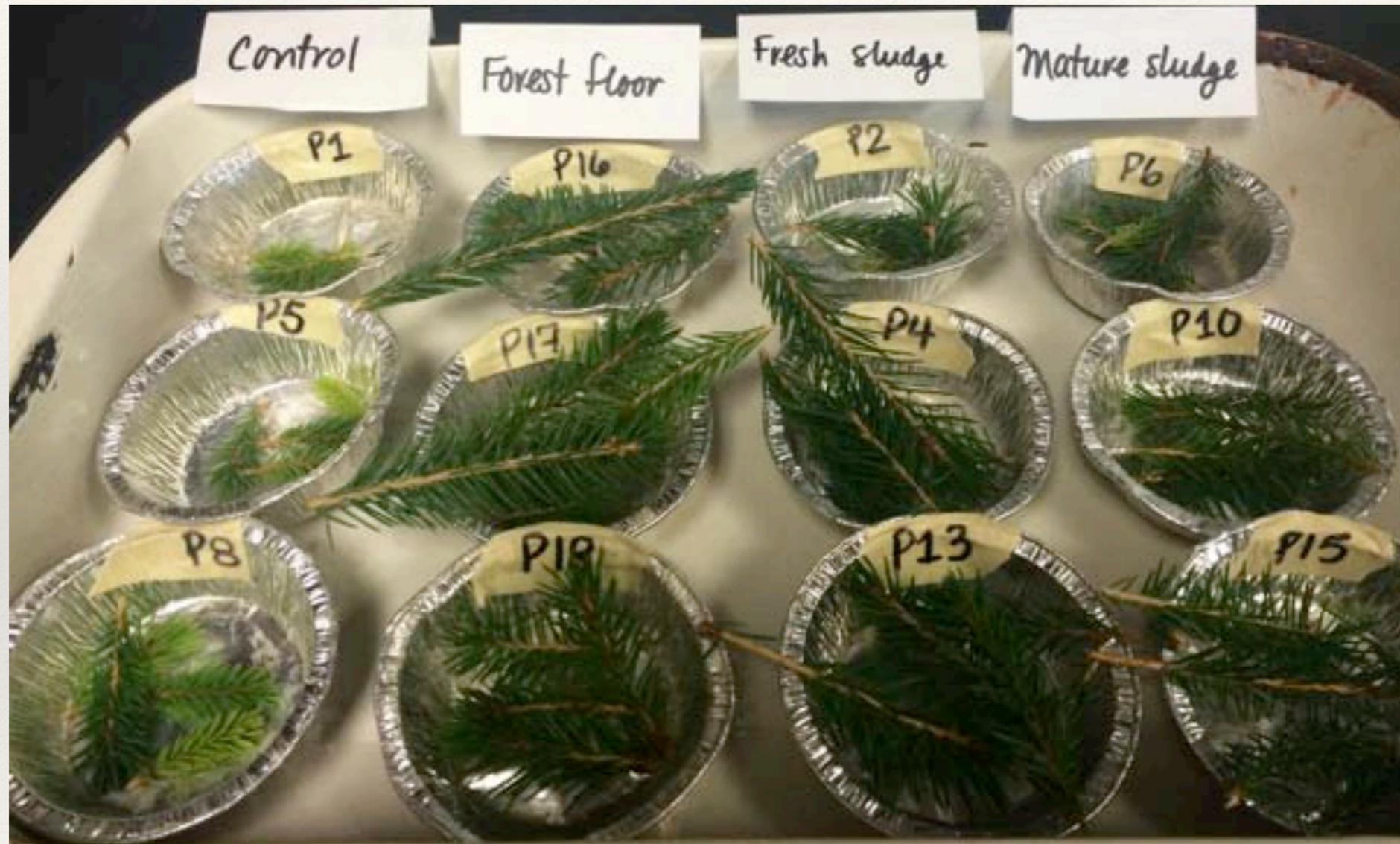
## 2. Nutriments et épinettes

*Témoin*

*Couv. morte*

*Boues fraîches*

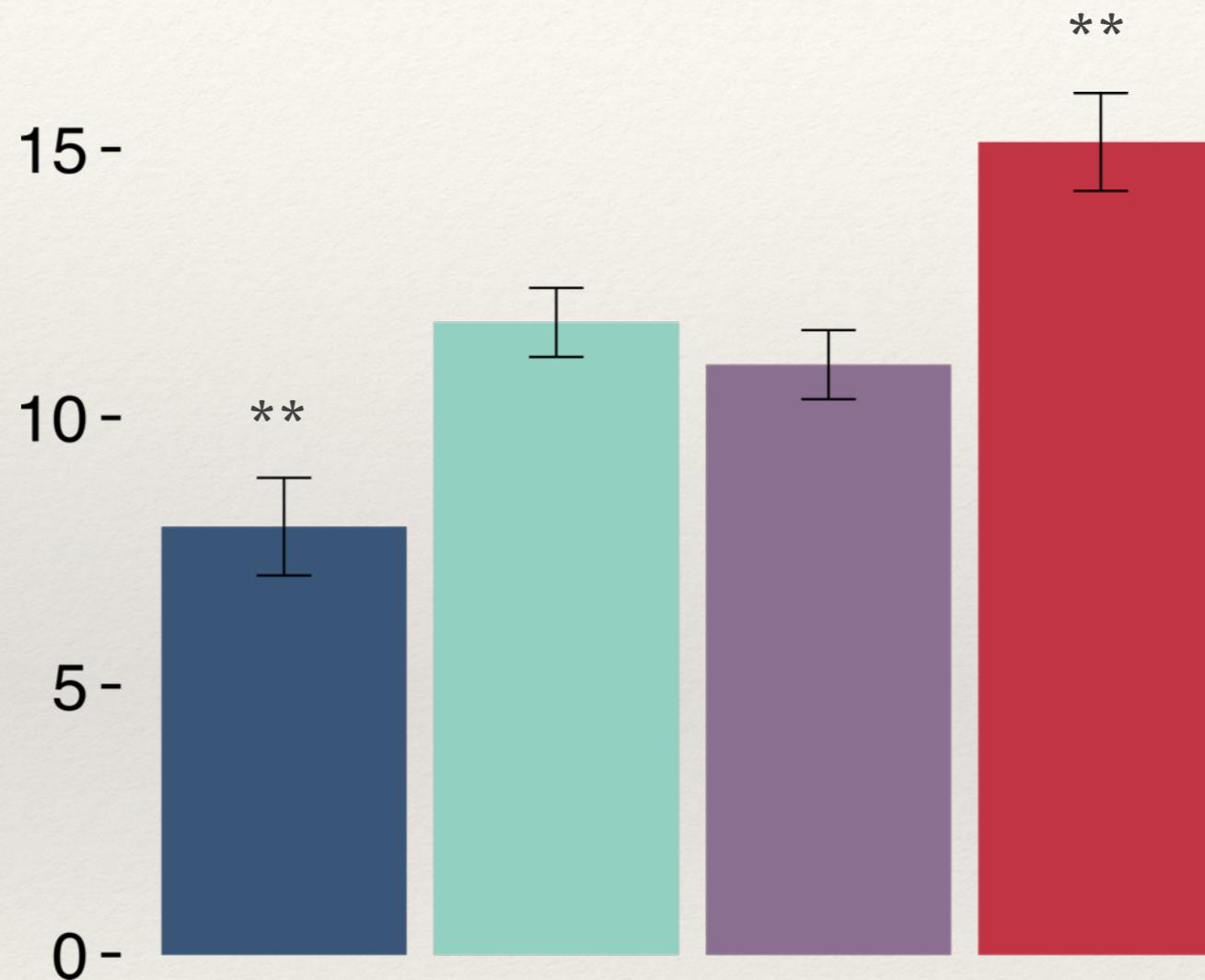
*Boues matures*



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Azote (2014)



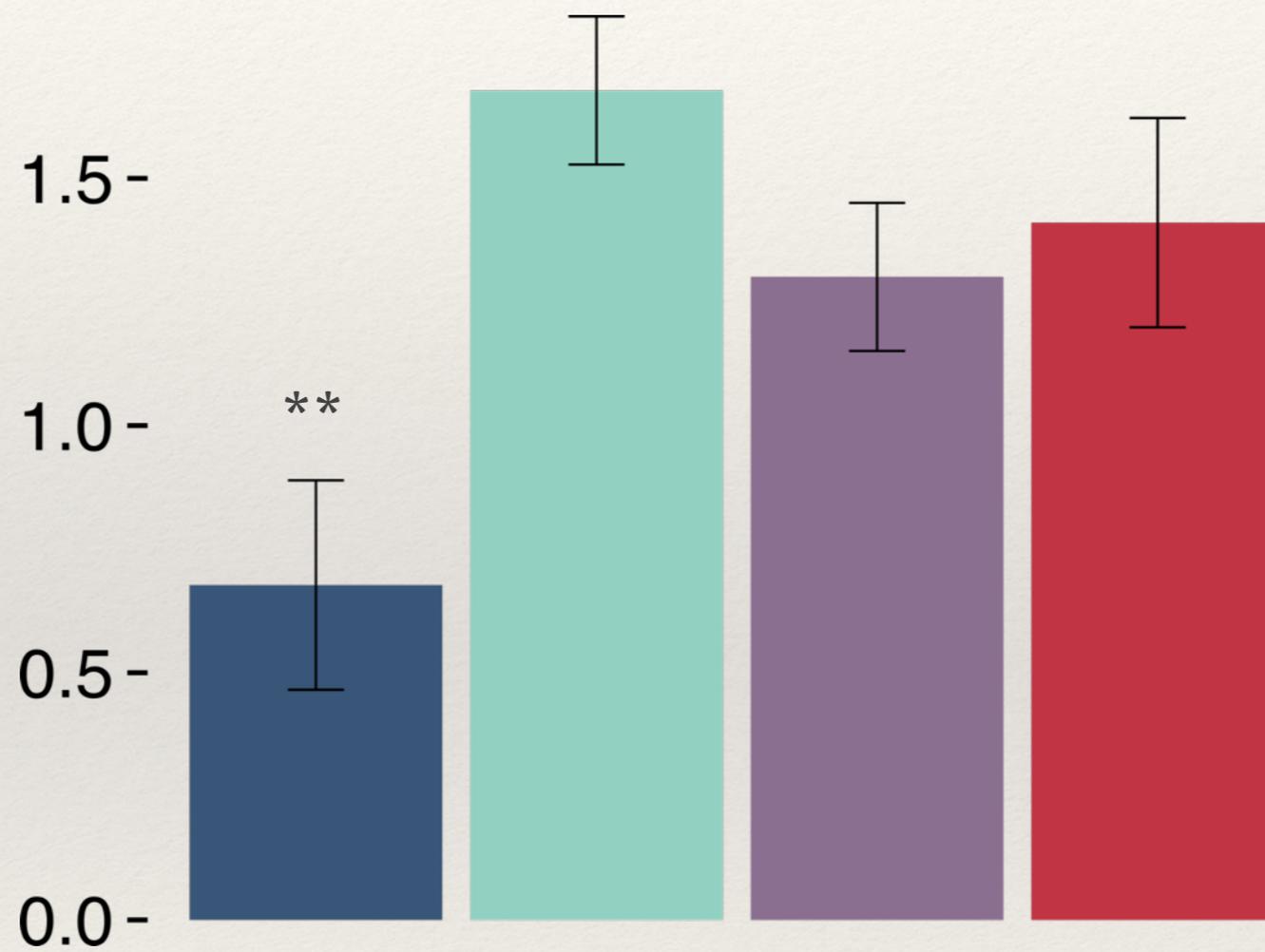
*Épinette blanche*



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Phosphore (2014)



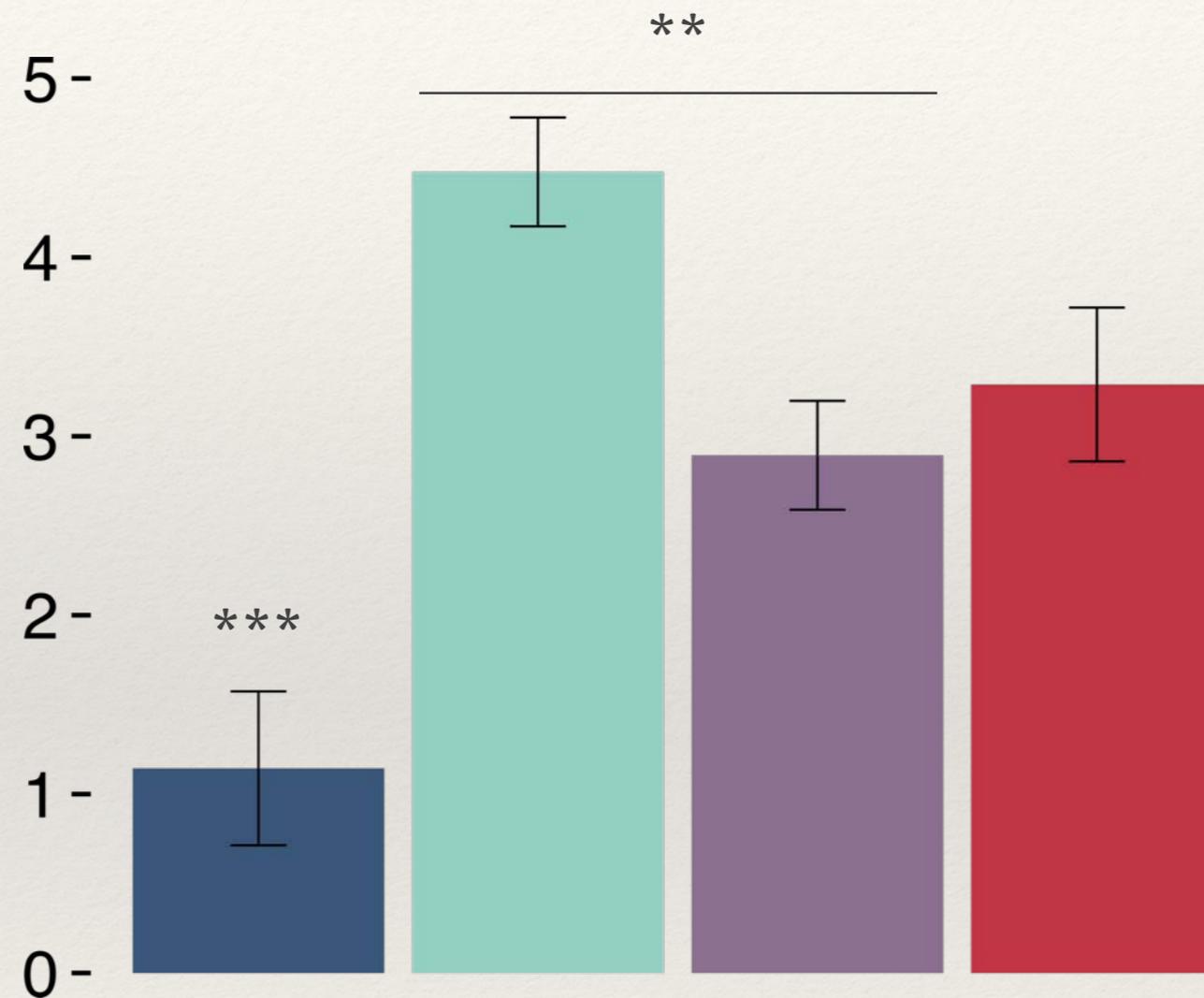
*Épinette blanche*



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Potassium (2014)



*Épinette blanche*



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Croissance annuelle (2015)

Témoin: 1.57 cm (SE = 1.29)



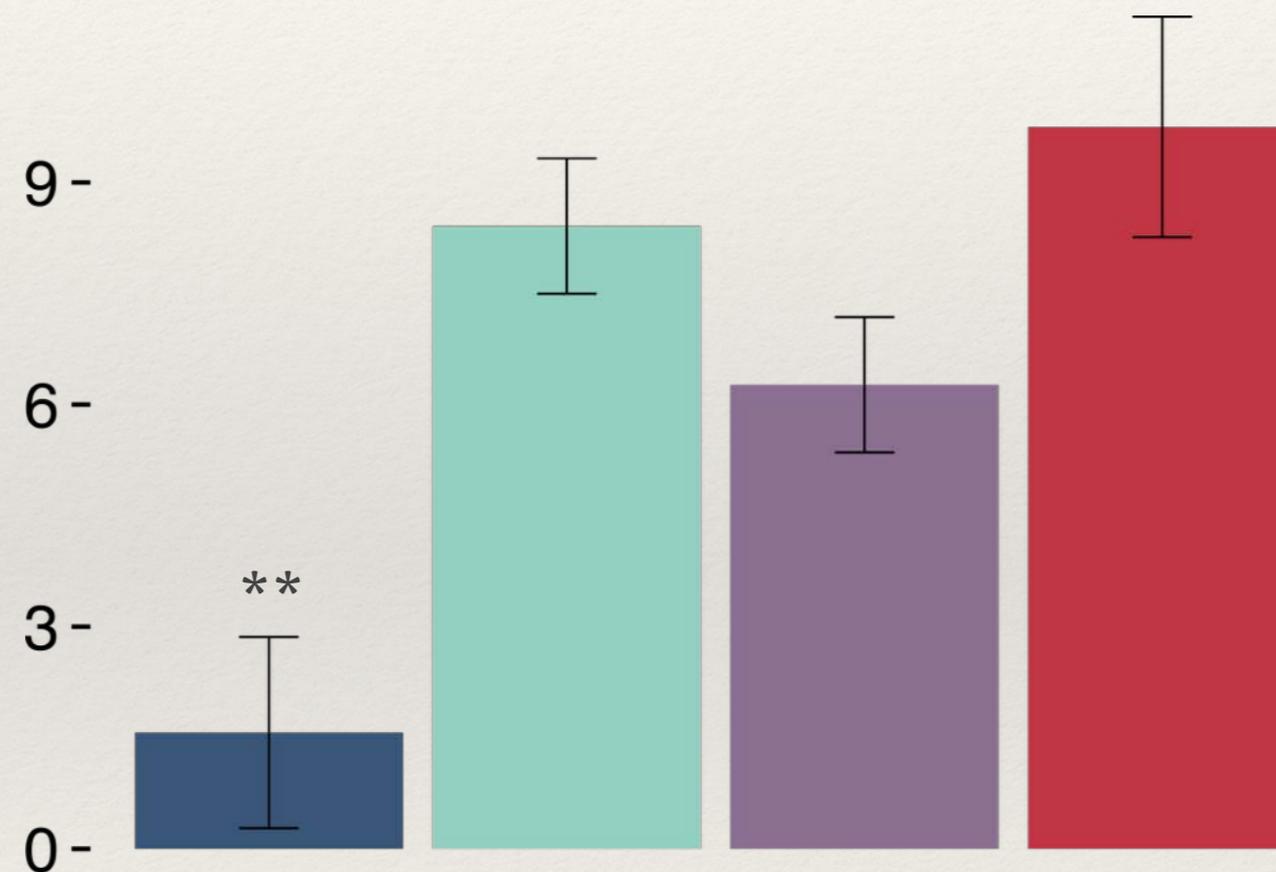
Couverture morte : 9.75 cm (SE = 1.49)



# Résultats & Discussion

## 2. Nutriments et épinettes

### Croissance annuelle (2015)



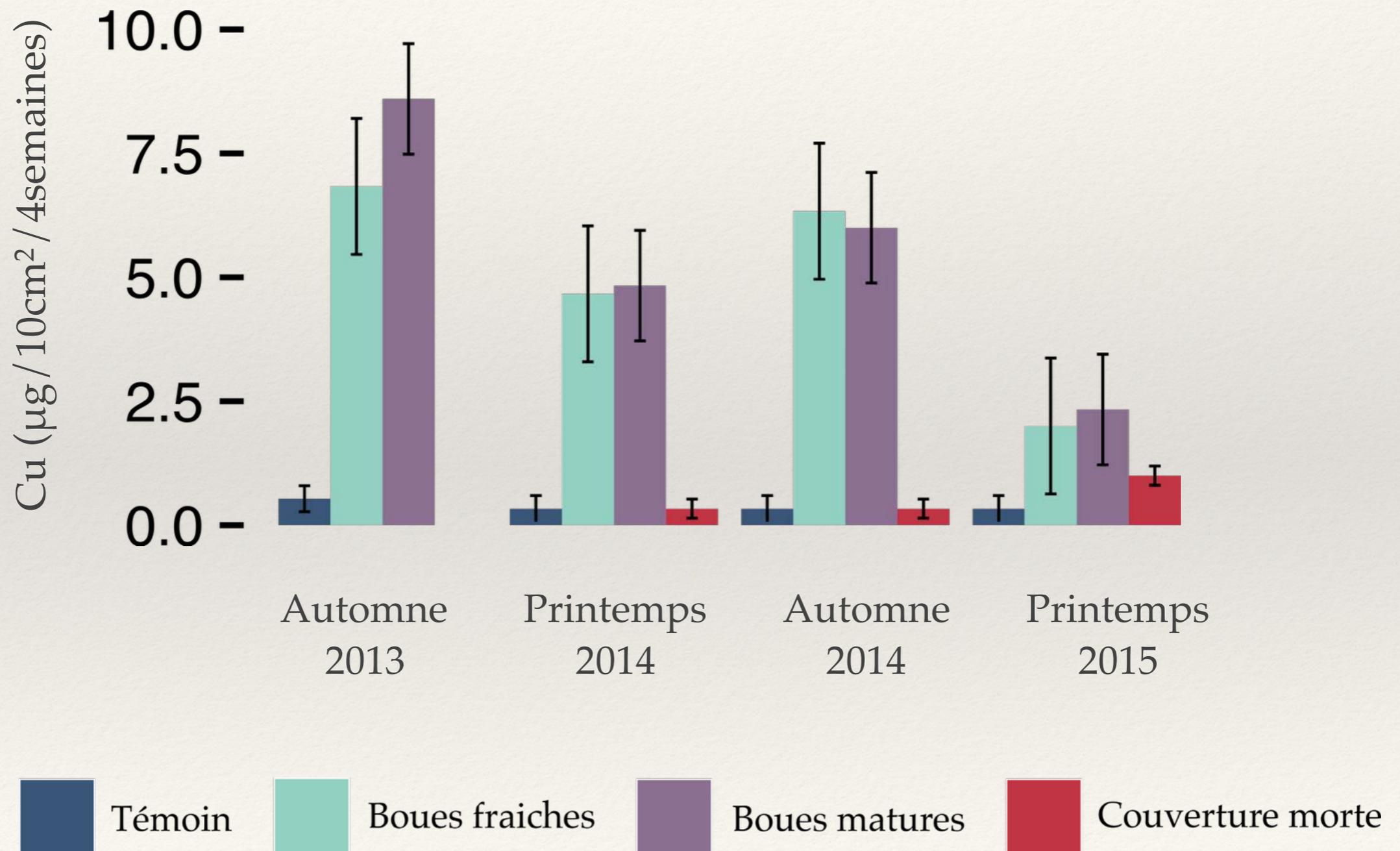
*Épinette blanche*



# Résultats & Discussion

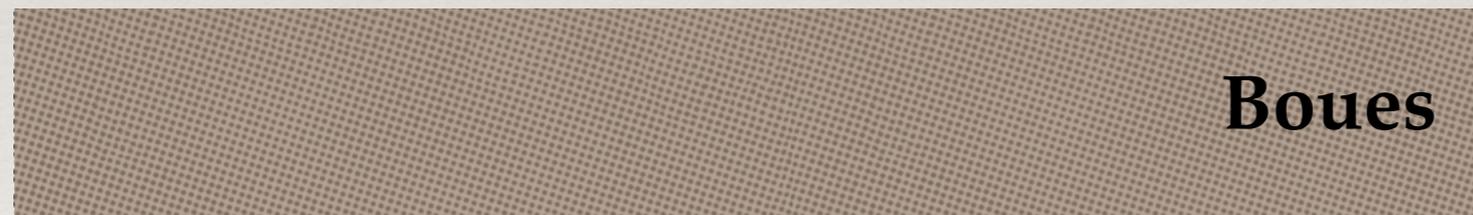
## 3. Métaux-traces

### Cuivre



# Conclusions

C + N labiles



**Boues**



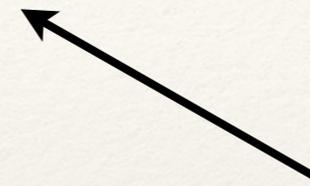
*Lessivage*

**Sol minéral**

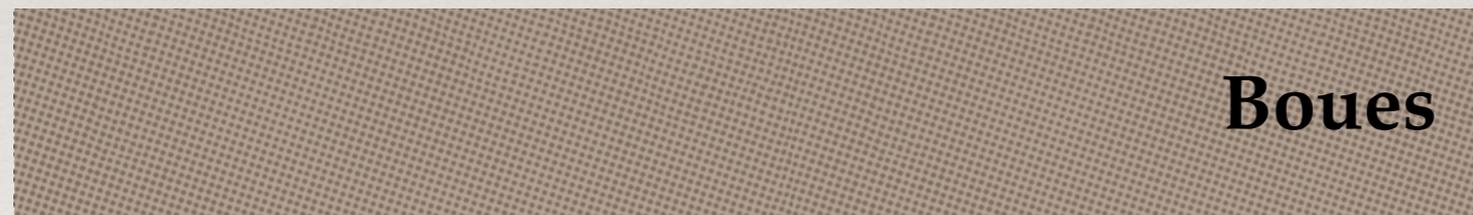


# Conclusions

Minéralisation rapide



C + N labiles



**Boues**

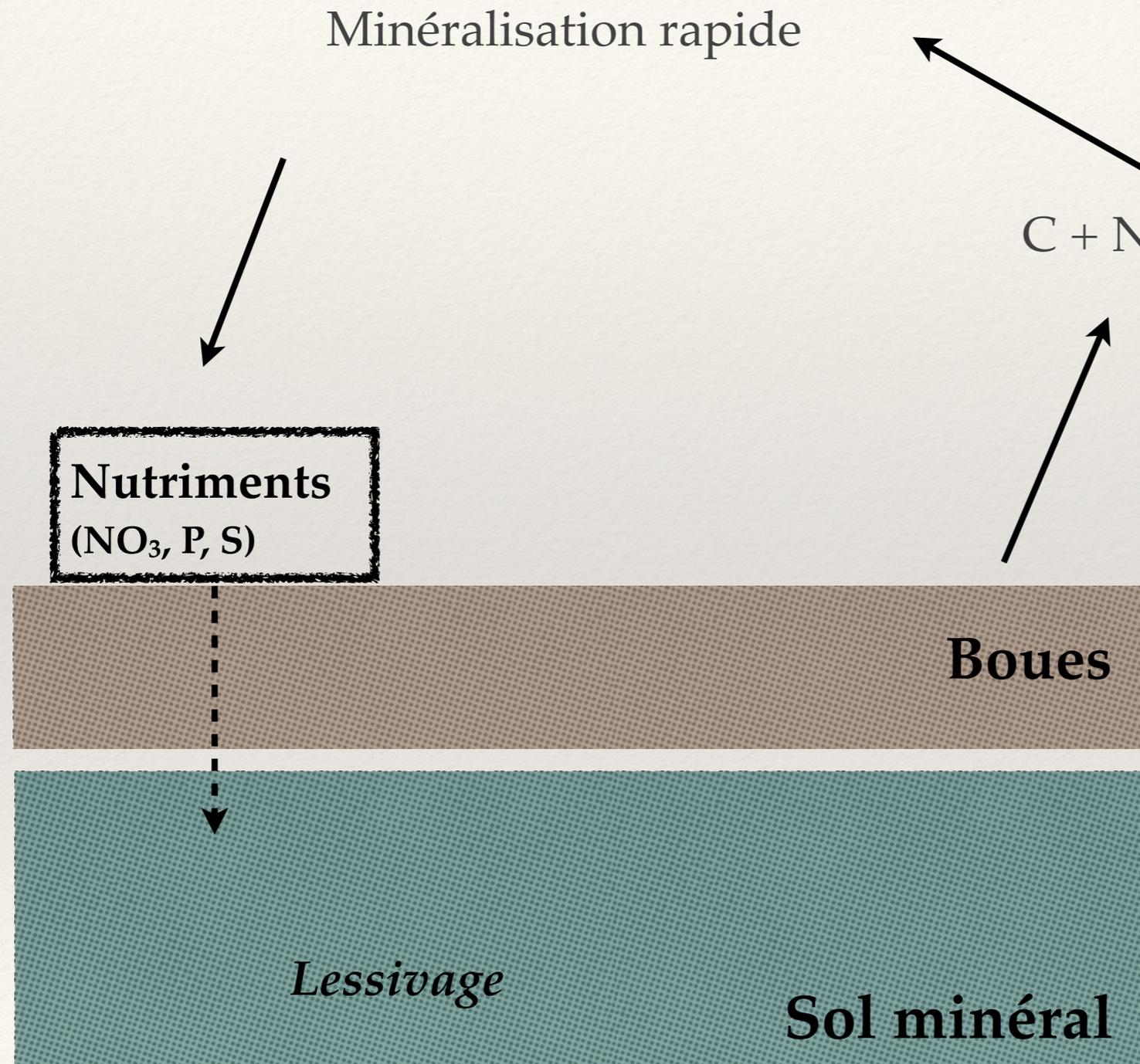


*Lessivage*

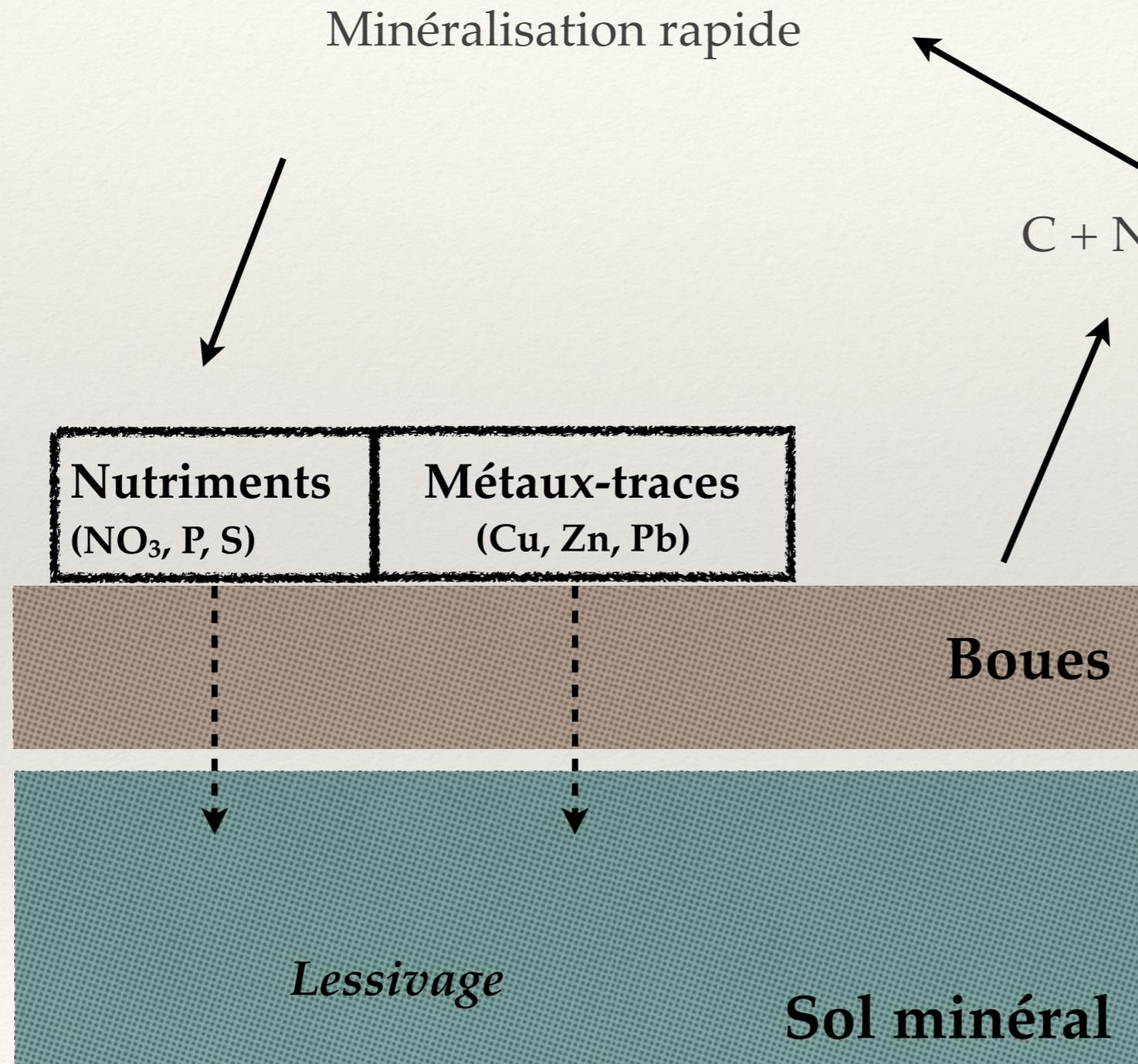
**Sol minéral**



# Conclusions



# Conclusions



---

# Conclusions

---

- ❖ Amélioration de l'apport en nutriments à court terme;
- ❖ Amélioration de la croissance et de la nutrition des semis;
- ❖ Risques de lessivage: application excédant les besoins nutritifs des plantes;
- ❖ Possiblement cycle du N altéré - les boues favorisent la nitrification



---

# Conclusions

---

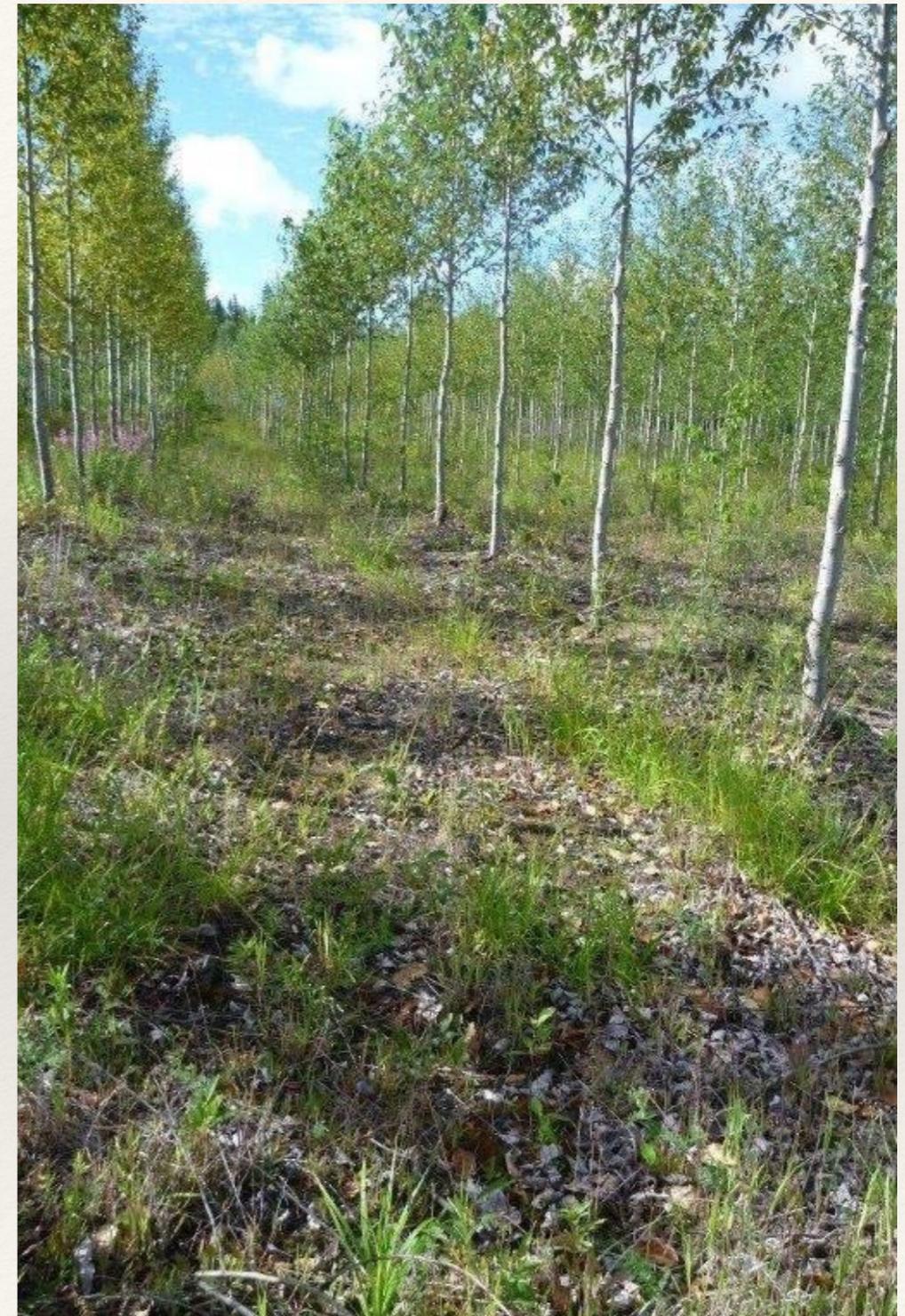
## Recommendations:

- ❖ Il pourrait être avantageux:
  - ❖ d'utiliser des taux d'application adaptés aux besoins des plantes (ex.: 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total / ha) et prenant compte de la capacité de rétention du sol
  - ❖ une méthode de stabilisation (compostage, méthanisation) permettant de réduire la proportion de C labile



# Merci !

Hannah Brais Harvey, Aurore Lucas, Marc-Olivier Hamelin, Alfred Coulomb, Jacinthe Ricard-Piché, Hélène Lalande, Dominique Bélanger, Julien Arsenault, Brett Tremblay et Allan Harms, Marc Mazzerolle



---

# Références

---

- Bartoszek, M., Polak, J., Sułkowski, W.W., 2008. NMR study of the humification process during sewage sludge treatment. *Chemosphere* 73, 1465–1470. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.07.051
- Bonan, G., Shugart, H., 1989. Environmental factors and ecological processes in Boreal forests. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 20, 1–28.
- Haynes, R.J., Murtaza, G., Naidu, R., 2009. Chapter 4 Inorganic and Organic Constituents and Contaminants of Biosolids, in: *Advances in Agronomy*. Elsevier, pp. 165–267.
- Hébert, M., 2015. Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes: Critères de référence et normes réglementaires. Québec.
- Jenkinson, D., 1982. Measuring soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 36, 5–7. doi:10.1016/j.soilbio.2003.10.002
- Jimenez, J., Vedrenne, F., Denis, C., Mottet, A., Déléris, S., Steyer, J.-P., Cacho Rivero, J.A., 2013. A statistical comparison of protein and carbohydrate characterisation methodology applied on sewage sludge samples. *Water Res.* 47, 1751–1762. doi:10.1016/j.watres.2012.11.052
- Johnson, D.W., Cole, D.W., Van Miegroet, H., Horng, F.W., 1986. Factors Affecting Anion Movement and Retention in Four Forest Soils<sup>1</sup>. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 776. doi:10.2136/sssaj1986.03615995005000030042x
- Lessa, A.S.N., Anderson, D.W., Chatson, B., 1996. Cultivation effects on the nature of organic matter in soils and water extracts using CP/MAS <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. *Plant Soil* 184, 207–217. doi:10.1007/BF00010450
- McDowell, R., Sharpley, A., Brookes, P., Poulton, P., 2001. RELATIONSHIP BETWEEN SOIL TEST PHOSPHORUS AND PHOSPHORUS RELEASE TO SOLUTION: *Soil Sci.* 166, 137–149. doi:10.1097/00010694-200102000-00007
- MDDEP, 2014. Bilan 2012 du recyclage des matières résiduelles fertilisantes.
- Nelson, P.N., Baldock, J.A., 2005. Estimating the molecular composition of a diverse range of natural organic materials from solid-state <sup>13</sup>C NMR and elemental analyses. *Biogeochemistry* 72, 1–34. doi:10.1007/s10533-004-0076-3
- Pellerin, A., Parent, L.-É., Fortin, J., Tremblay, C., Khiari, L., Giroux, M., 2006. Environmental Mehlich-III soil phosphorus saturation indices for Quebec acid to near neutral mineral soils varying in texture and genesis. *Can. J. Soil Sci.* 86, 711–723. doi:10.4141/S05-070
- Prescott, C.E., Maynard, D.G., Laiho, R., 2000. Humus in northern forests: friend or foe. *For. Ecol. Manag.* 133, 23–36.
- Qian, P., Schoenau, J.J., 2002. Practical applications of ion exchange resins in agricultural and environmental soil research. *Can. J. Soil Sci.* 82, 9–21. doi:10.4141/S00-091

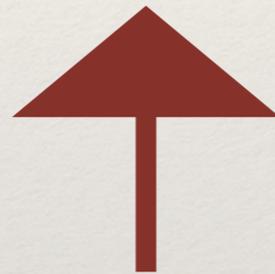
# Autres résultats

	pH
Couverture morte	5.31
Boues fraîches	7.17
Boues matures	6.74
Sol minéral	5.89



*Couverture morte*

- ❖ Peu d'effet sur la minéralisation du C et N
- ❖ Pas de séquestration de C et N
- ❖ Pas d'effet sur les propriétés physiques



Peu d'incorporation:

- ◆ absence de macrofaune (Ponge et al 2002);
- ◆ peu de mélange vertical (Lindahl et al., 2007);
- ◆ micropores des argiles (Mtambanengwe et al., 2004).