

La toxicité des éléments traces métalliques chez le chêne pubescent dans le bassin minier de Gardanne.

J-P. Mevy (IMBE, AMU), B. Coulomb (LCE, AMU), N. Dupuy (IMBE, AMU), I. Bombarda (IMBE, AMU), J-C. Raynal (ECCOREV, CNRS), B. Loriod (TAGC-INSERM, AMU), A. Gilles (RECOVER-INRAE, AMU) et N. Pech (RECOVER-INRAE, AMU).



Séminaire 2023 de l'OHM BMP
et Transition énergétique en région Sud-PACA
Meyreuil, 9 et 10 Novembre 2023¹

CONTEXTE ET OBJECTIFS

- Ce travail s'inscrit dans le cadre de la politique de transition écologique entreprise dans le bassin minier de Provence.
- 2021: le groupe United Mining Supply (UMS) devient propriétaire de ALTEO leader mondial des alumines de spécialité.
- En matière de respect des normes environnementales UMS envisage plusieurs mutations : abandon de l'extraction de bauxite selon le procédé Bayer pour le raffinage de l'alumine (avril 2022).

CONTEXTE ET OBJECTIFS



ALTEO entrepose ses résidus solides de bauxite sur le site en plein air de Mange-Garri suite à l'arrêt des rejets en mer depuis 2016.



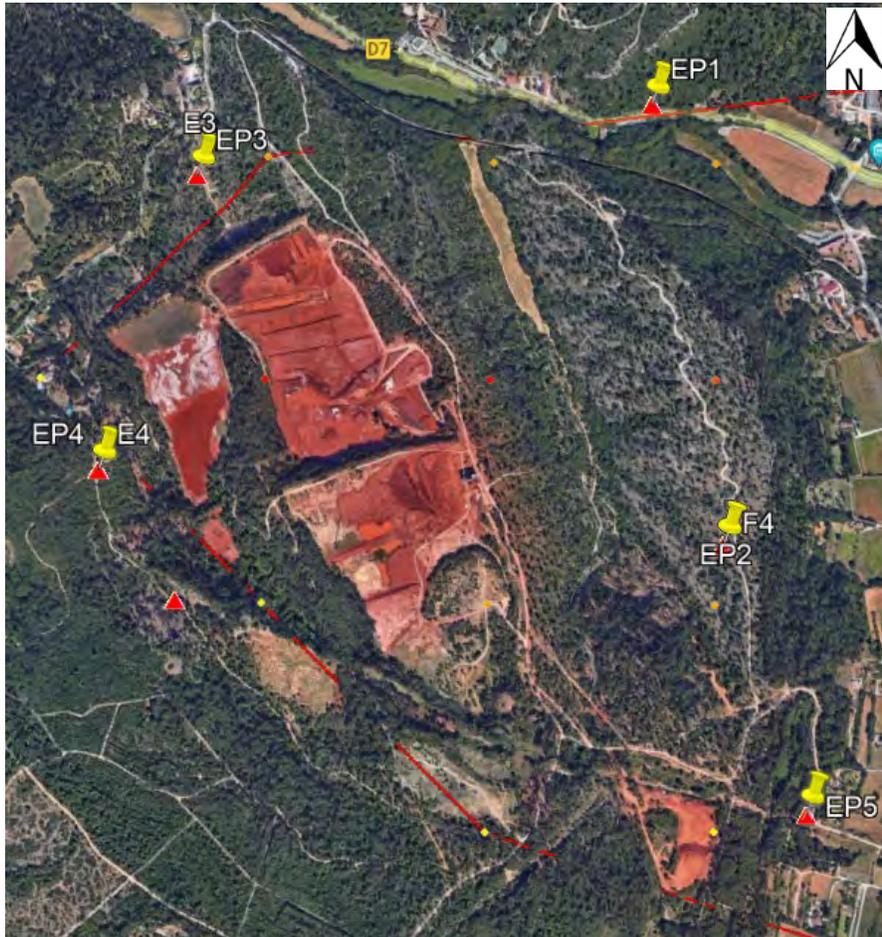
Impact des « boues rouges » sur l'écosystème: pollution aluminique et autres Eléments Traces Métalliques et Métalloïdes (ETM²).
5/04/2018

CONTEXTE ET OBJECTIFS

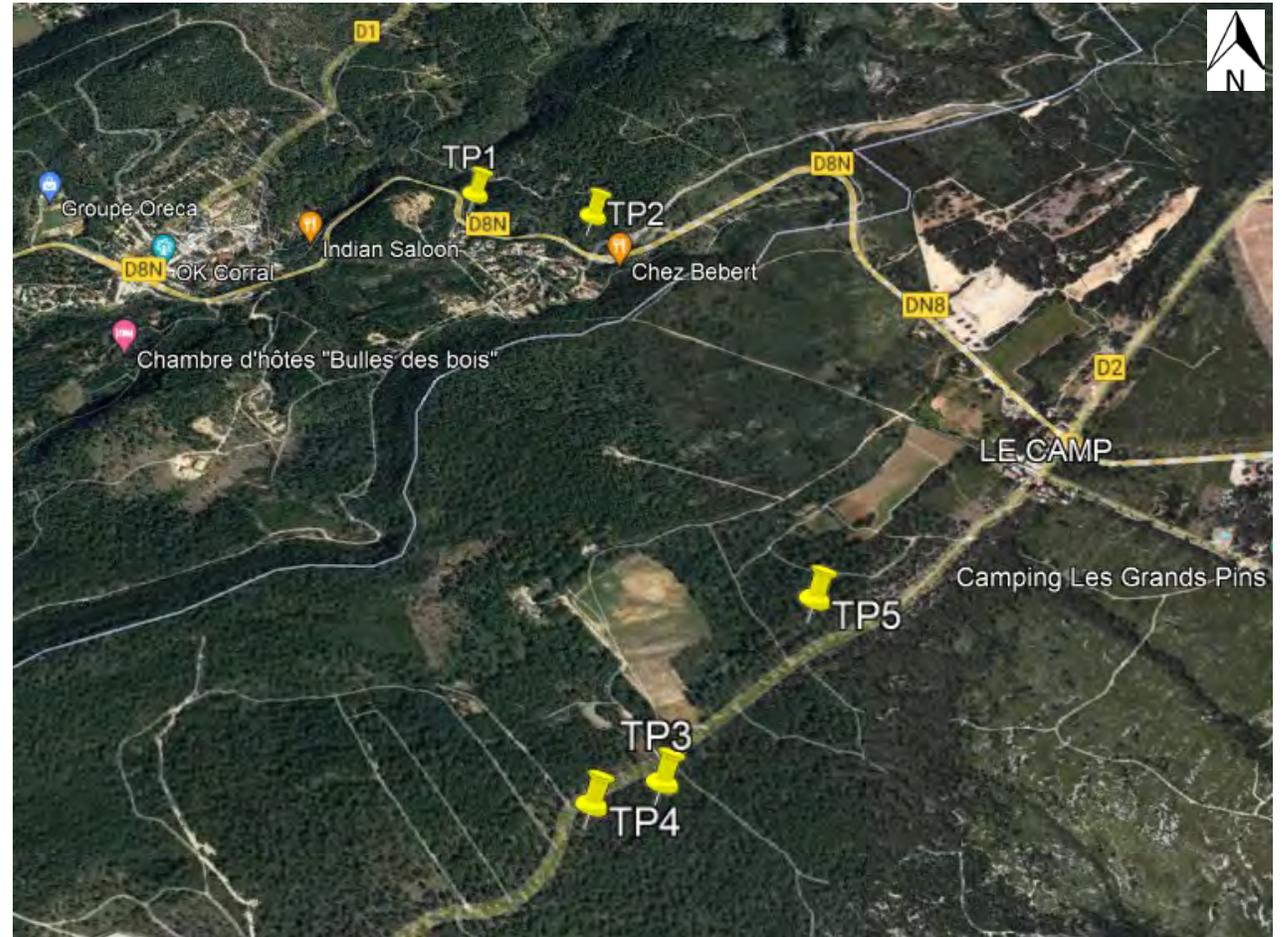
- Arrêt du traitement de la bauxite in situ: attente d'une réduction forte de l'impact environnemental de l'aluminerie ALTEO.
- Objet de l'étude: constituer les bases objectives de la compréhension et du suivi dynamique de la réponse des écosystèmes à la pollution aux ETM² par une approche intégrée.
- Plante modèle: Chêne pubescent

LES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

- Mange-Garri (essai)



- Site témoin à 30 Km à vol d'oiseau, Cuges les pins



- 5 populations chênes x 3 arbres x 2 sites = 30 échantillons foliaires
- 5 échantillons de sols x 2 sites = 10

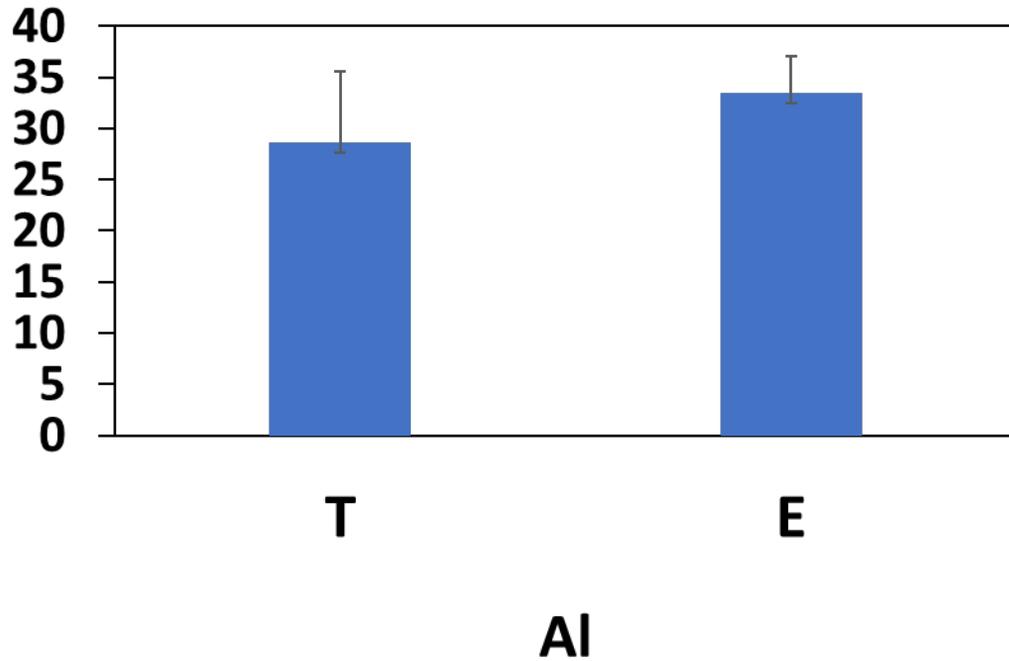
LES ANALYSES: CHIMIQUES-BIOPYSIQUES-GENOMIQUES

- Chimie:
 - ETM²: Al, Cr, Ni, Zn, As, Cd et Pb analysés par ICP-AES
 - Eau de lavage des feuilles - feuilles – sol.
 - Chimiométrie: Spectre dans le proche Infra Rouge (NIRS) des feuilles fraîches et broyées. Analyse du ratio C/N.
- Biophysique:
 - Réflectance et transmittance en hyperspectrale: spectroradiomètre ASD FieldSpec 4 + sonde de contact pour mesures foliaires.
- Génomique:
 - Séquençage: Illumina Next-Seq 500: 150 bp paired-end x 10 libraries (≈50M reads/échantillon).
 - Cartographie des séquences sur le transcriptome de référence
 - Analyse différentielle de l'expression des gènes

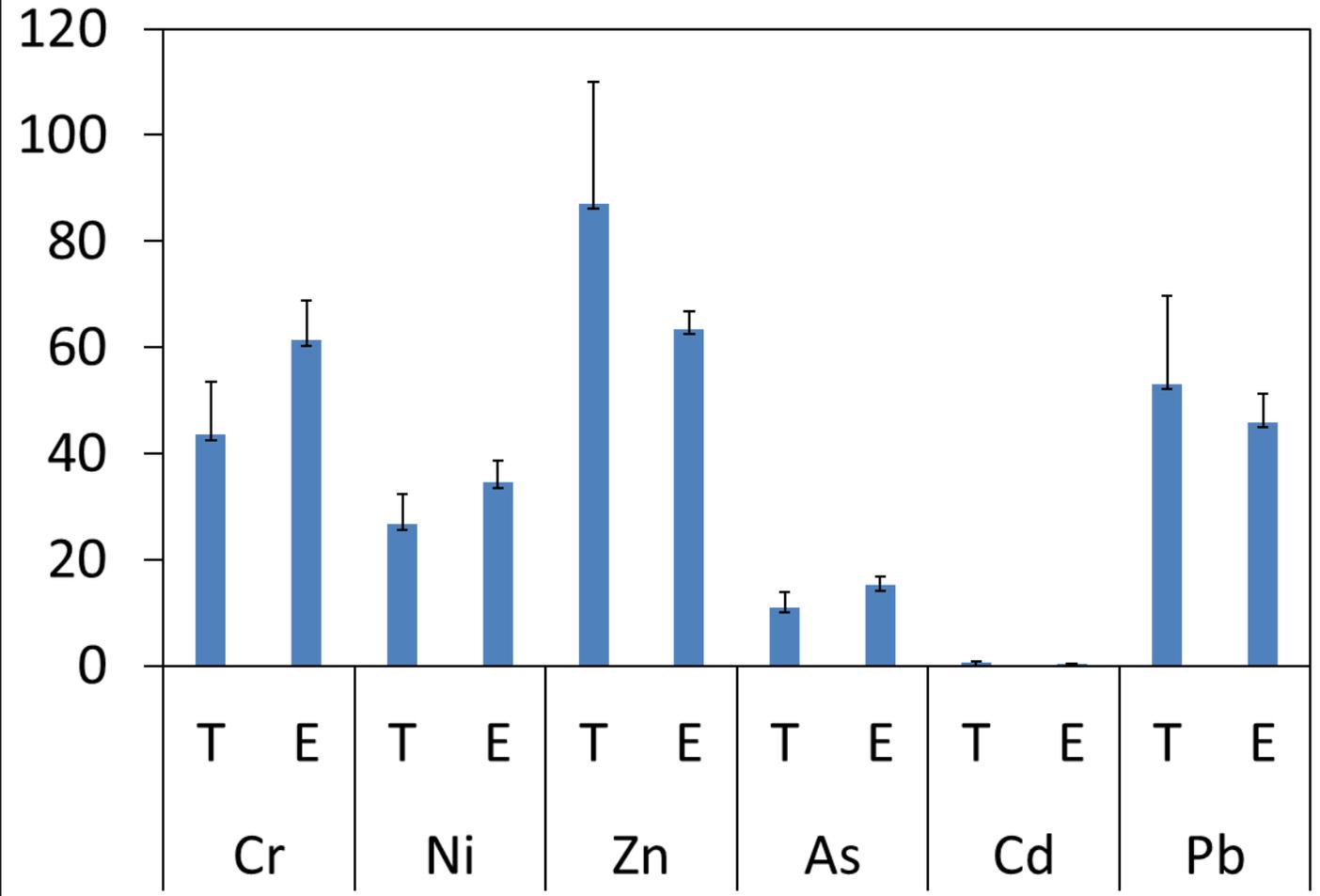
RESULTATS: CHIMIE

- ETM² du sol:

Content (mg/g DW)



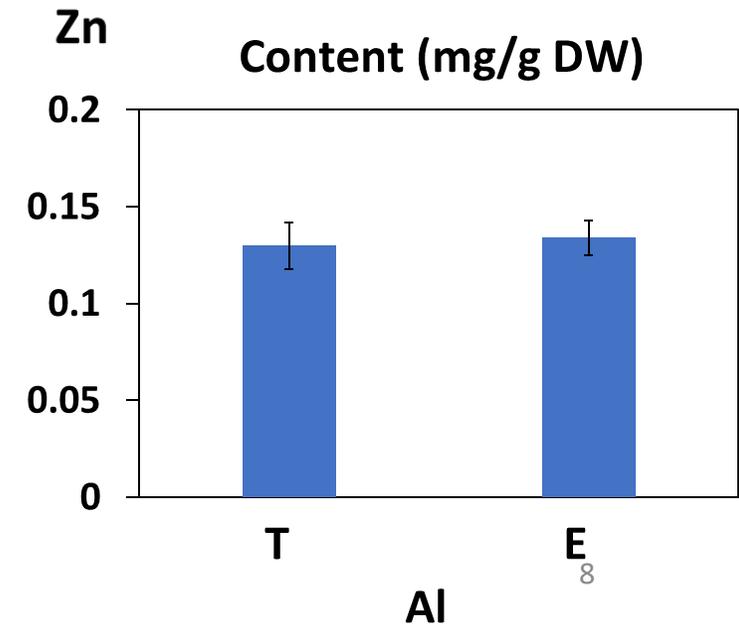
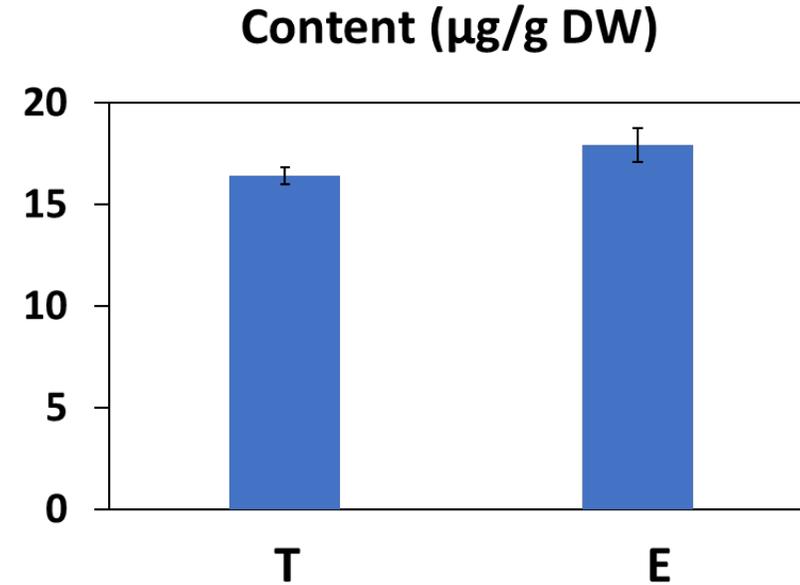
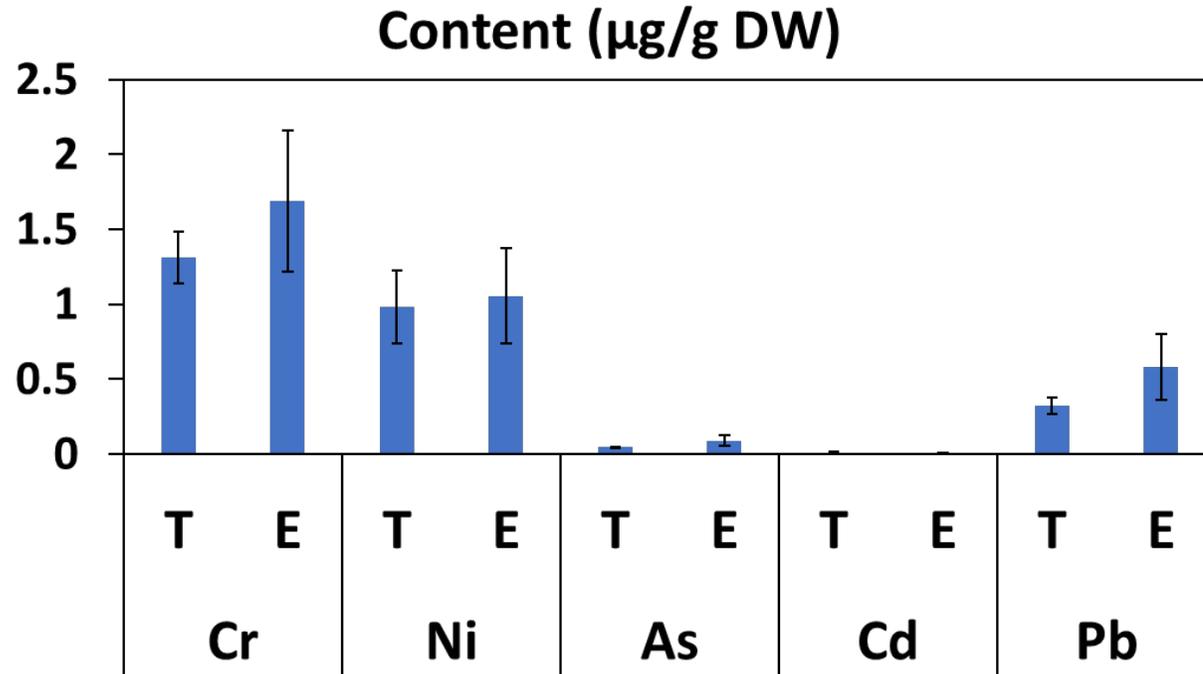
Trace element content ($\mu\text{g/g DW}$)



ANOVA: pas de différences significatives entre les témoins (T) et les essais (Mange-Garri) pour la teneur du sol en oligoéléments métalliques. (Moyenne \pm ES, $n=5$).

RESULTATS: CHIMIE

○ ETM² du tissu foliaire:

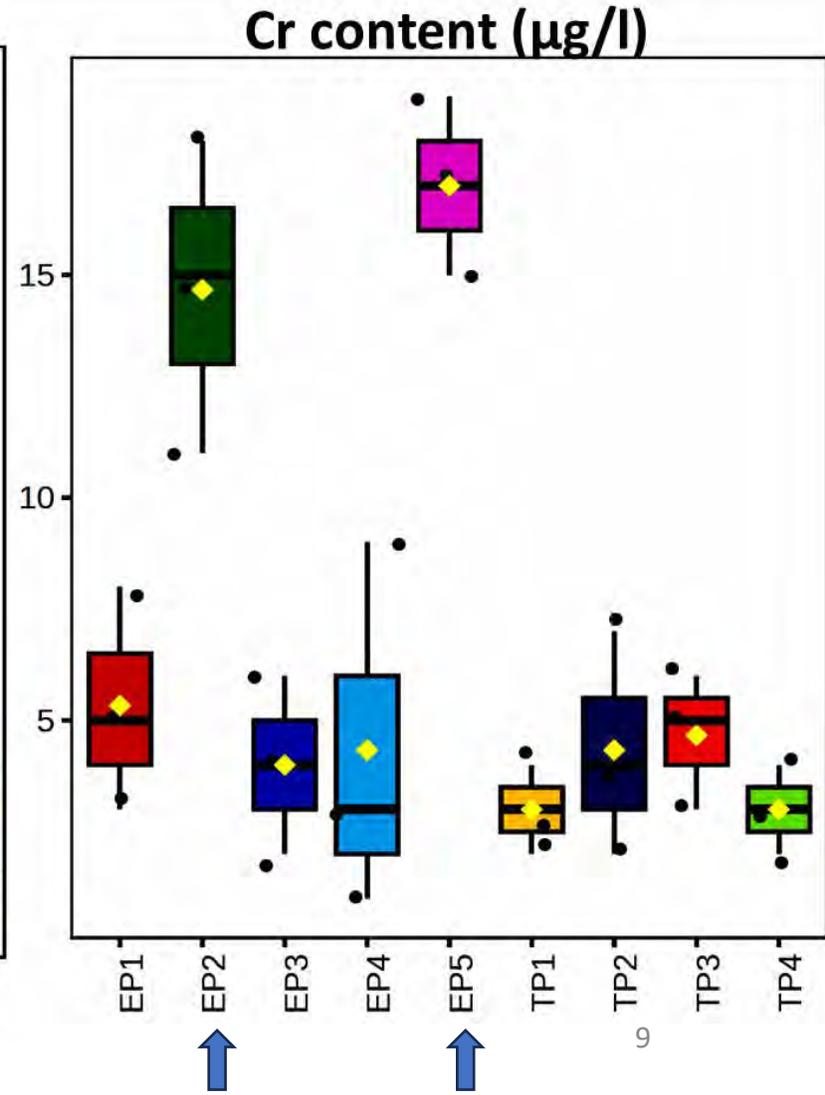
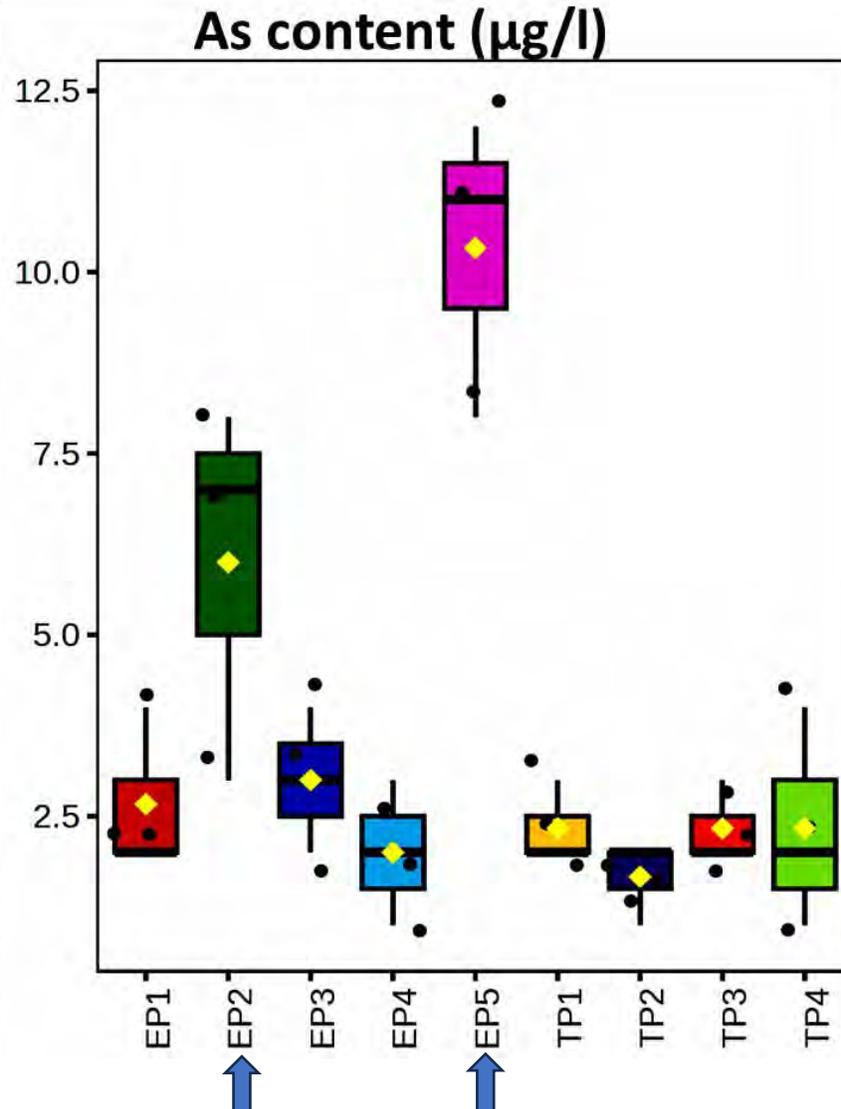
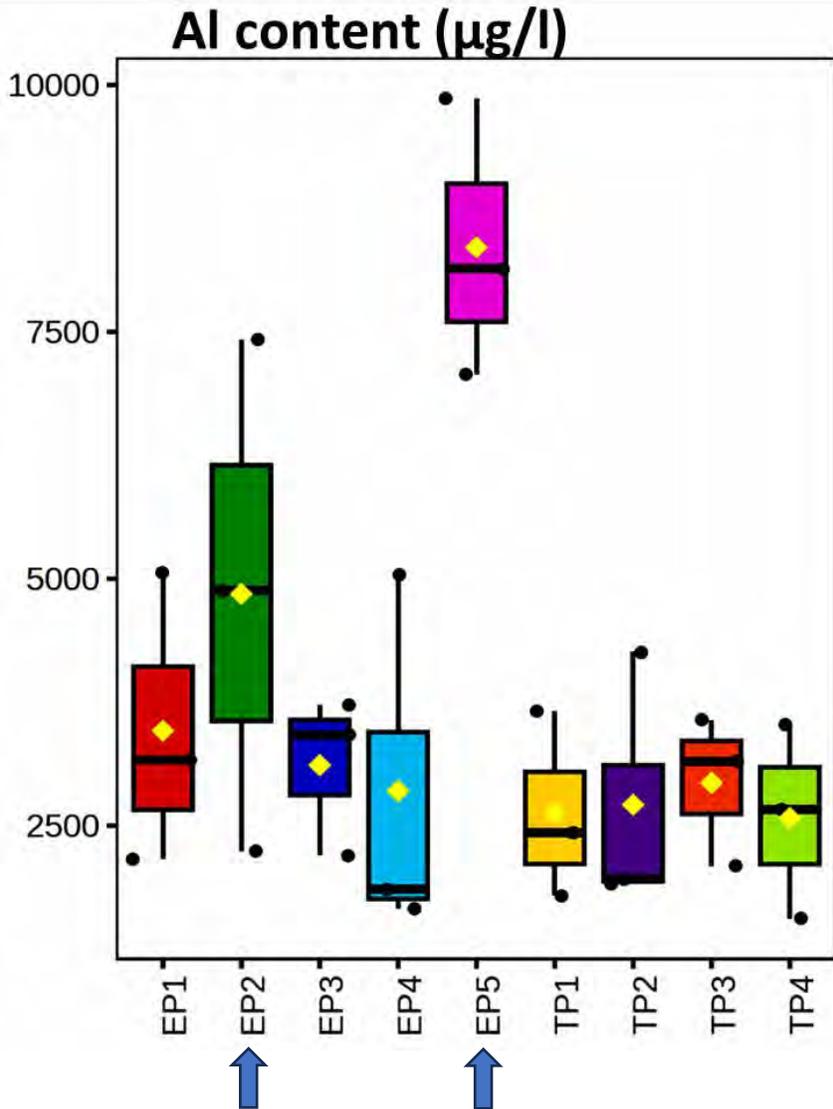


ANOVA: pas de différences significatives entre les témoins (T) et les essais (Mange-Garri) pour la teneur foliaire en oligoéléments métalliques. Tendances pour Cr et Pb (Moyenne \pm ES, $n=15-12$)

RESULTATS: CHIMIE

○ ETM² de l'eau de lavage foliaire:

Box plots: Al, As, Cr, très significatif ($P < 0,001$) pour EP2 – EP5
aucune différence significative pour les autres ETM²



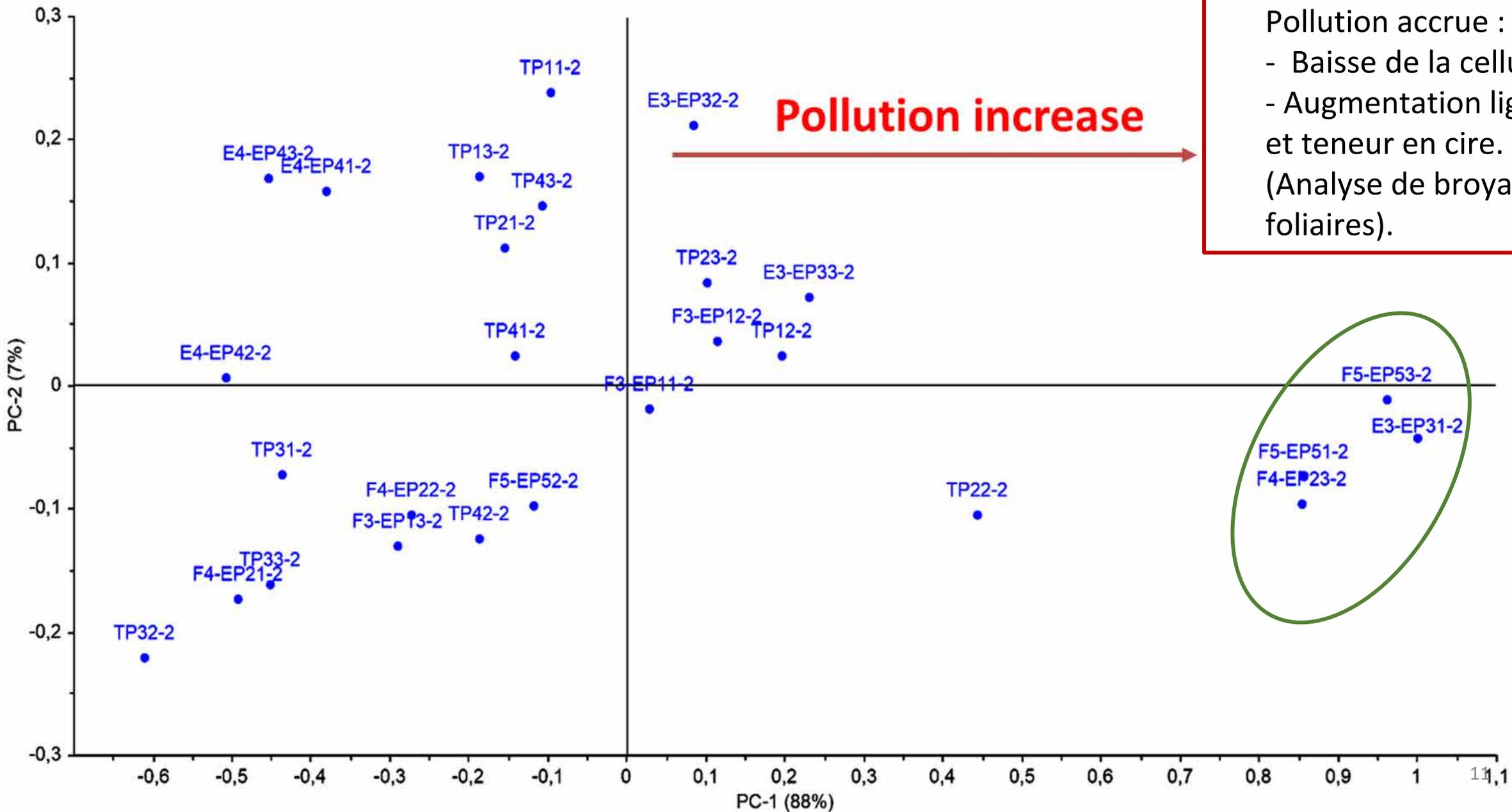
RESULTATS: SIMULATION PANACHE POLLUTION

- Cheminée virtuelle avec gaz traceur: 1 m du sol à Mange-Garri.
- Simulation régime de vent d'ouest 45-50Km/h du 5/04/2018.
- En trait rouge l'emprise de la pollution



Les populations les plus impactées: EP2 et EP5

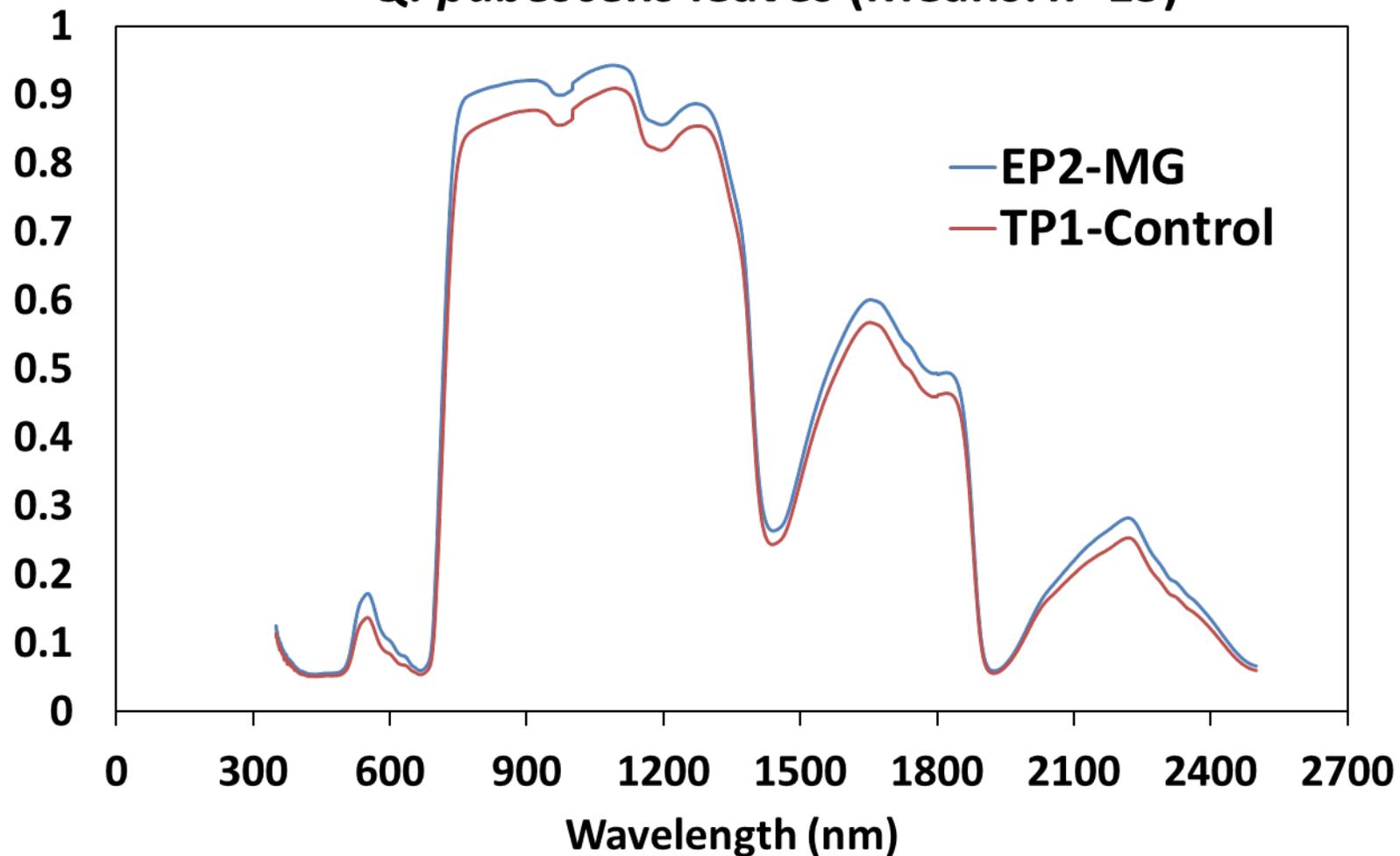
RESULTATS: CHIMIOMETRIE



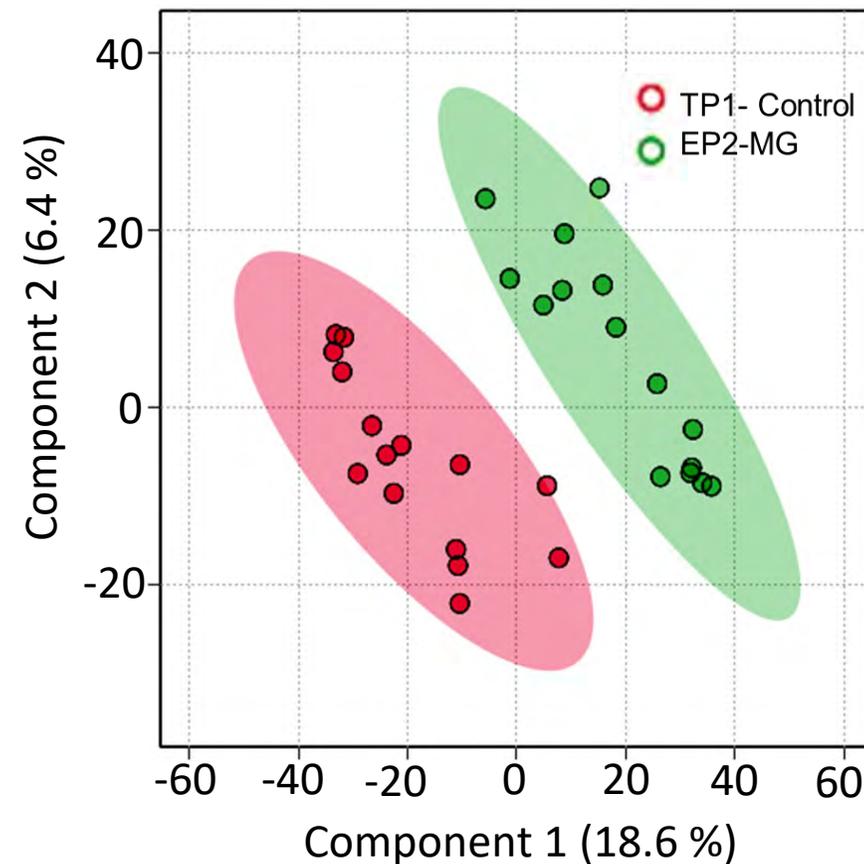
Pollution accrue :
- Baisse de la cellulose
- Augmentation lignine
et teneur en cire.
(Analyse de broyats
foliaires).

RESULTATS: BIOPHYSIQUE

Hyperspectral reflectance and transmittance of *Q. pubescens* leaves (Means: $n=15$)



Différences de réflectance et de transmittance dans le visible et IR. Tendance à la hausse pour EP2-Mange-Garri.



Analyse discriminante par les moindres carrés partiels (PLS-DA). Inertie totale faible (25%). 51 variables discriminantes identifiées (VIP scores).

RESULTATS: GÉNOMIQUE

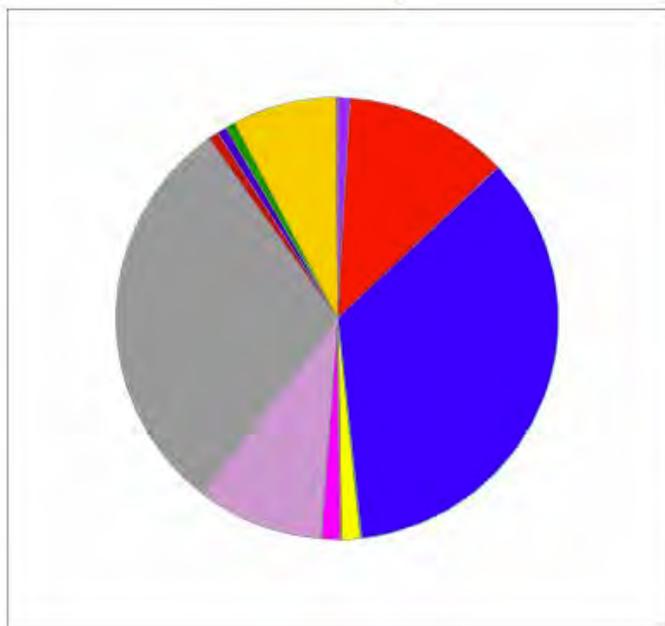
Expression d'individus de *Quercus pubescens*

Transcriptome *Quercus pubescens* (VOSKHOD): **31902** gènes identifiés avec nomenclature *Quercus lobata*

- De novo à partir de nouvelles séquences (10 individus)
- Assemblage guidé en utilisant le transcriptome de *Quercus lobata*

Nomenclature des gènes (EnsemblPlants): *Vitis vinifera* et *Arabidopsis thaliana*

Visualisation des fonctions biologique à l'aide de Pantherdb (**18669** gènes identifiés pour 12332 biological process)



CONCLUSION

- ❑ Activité de stockage des résidus de bauxite (BR) sur le site de Mange-Garri: impact significatif en termes de dépôts de Al, As et Cr sur la forêt de chênes blancs.
- ❑ Pas de transferts significatifs des polluants dans le tissu foliaire mais des tendances à la hausse observées pour Cr et Pb.
- ❑ Changements métaboliques: augmentation de la lignine et des teneurs en cire épicuticulaire au détriment des composés cellulosiques.
- ❑ Effet sur le sol: non significatif mais à nuancer étant donné le faible échantillonnage de l'étude.
- ❑ L'analyse de l'expression différentielle de gènes complètera cette étude en vue d'une meilleure compréhension des mécanismes de défense aux ETM².

Merci pour votre attention



Séminaire 2023 de l'OHM BMP
et Transition énergétique en région Sud-PACA
Meyreuil, 9 et 10 Novembre 2023