

A.SOBAGA<sup>1,2</sup>, F.HABETS<sup>1</sup>, B.DECHARME<sup>2</sup>, N.BEAUDOIN<sup>3</sup>, C.GALY<sup>4</sup>, E.VERNET<sup>3</sup>, P.-O.REDON<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de géologie de l'ENS,UMR 8538,France (sobaga@geologie.ens.fr)-<sup>2</sup>CNRS, Météo-France, CNRM, Toulouse, France-<sup>3</sup>INRA, UR 1158 AgroImpact, Site de Laon, 02000 Barenton-Bugny-<sup>4</sup>ANDRA Research and development division, France

## Les Lysimètres

Parce qu'ils permettent d'analyser les processus qui se déroulent dans le sol à l'échelle locale, à haute fréquence et dans des conditions atmosphériques naturelles, les lysimètres sont des outils puissants pour approfondir notre connaissance de l'infiltration et la recharge des eaux souterraines.

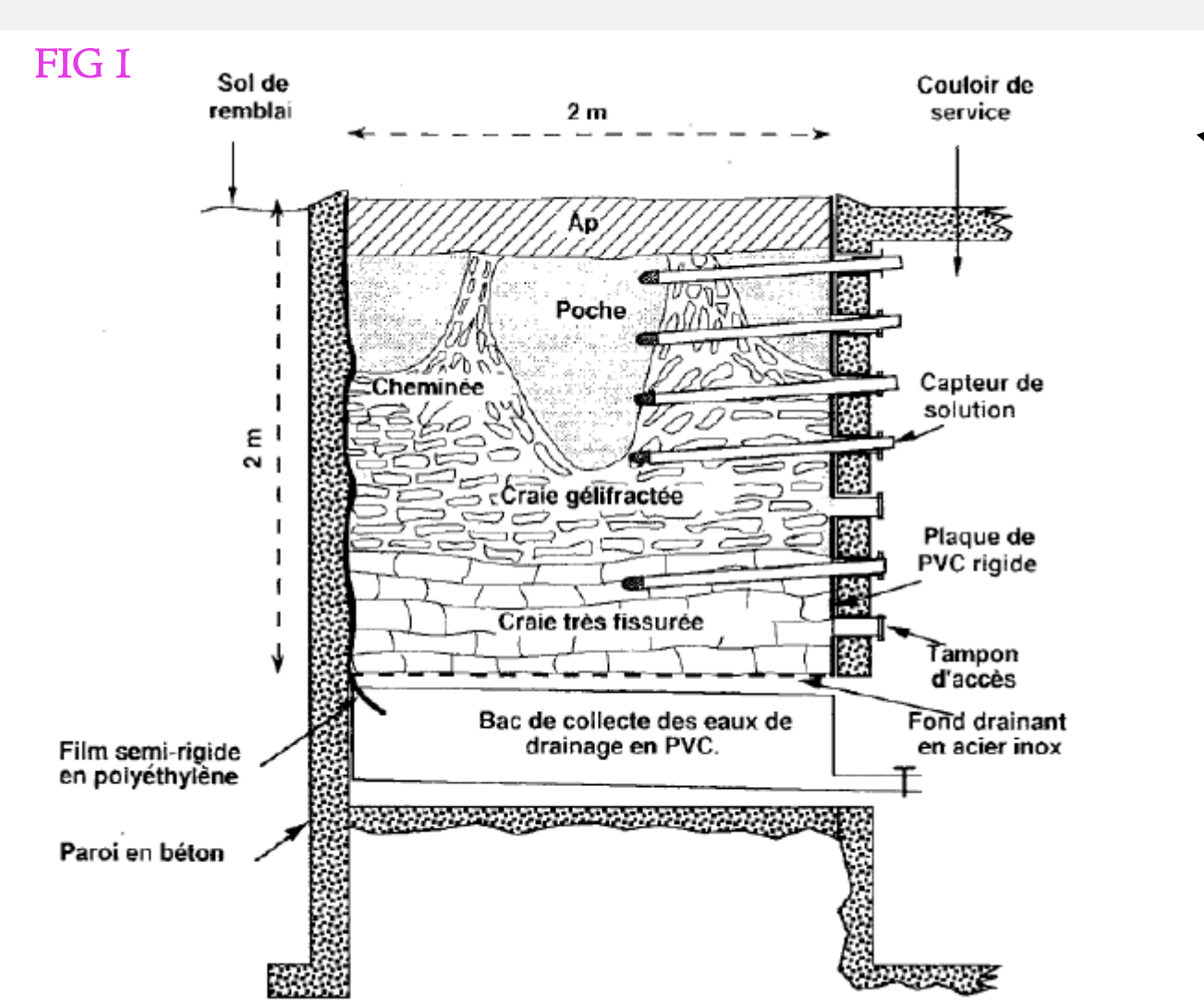
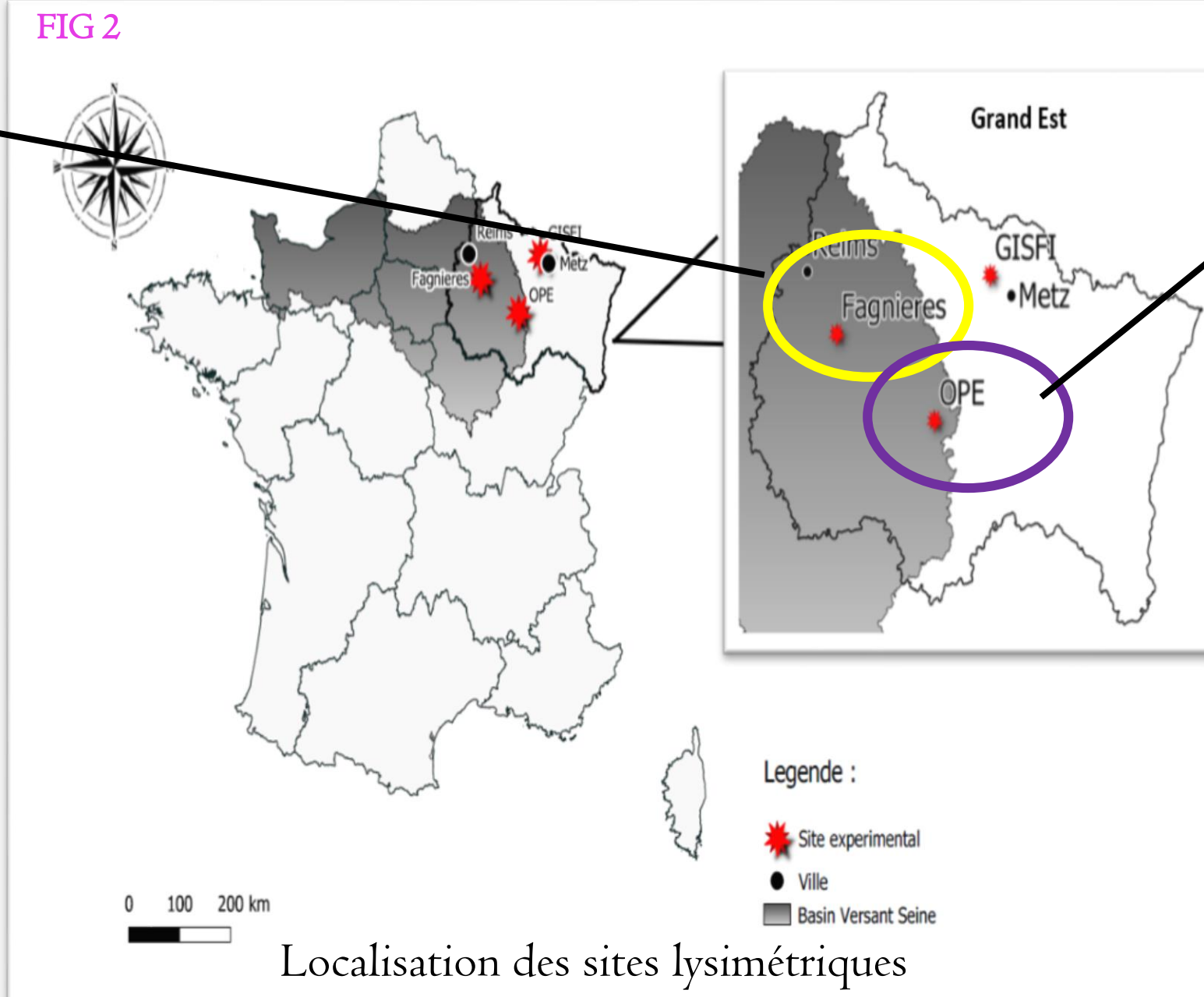
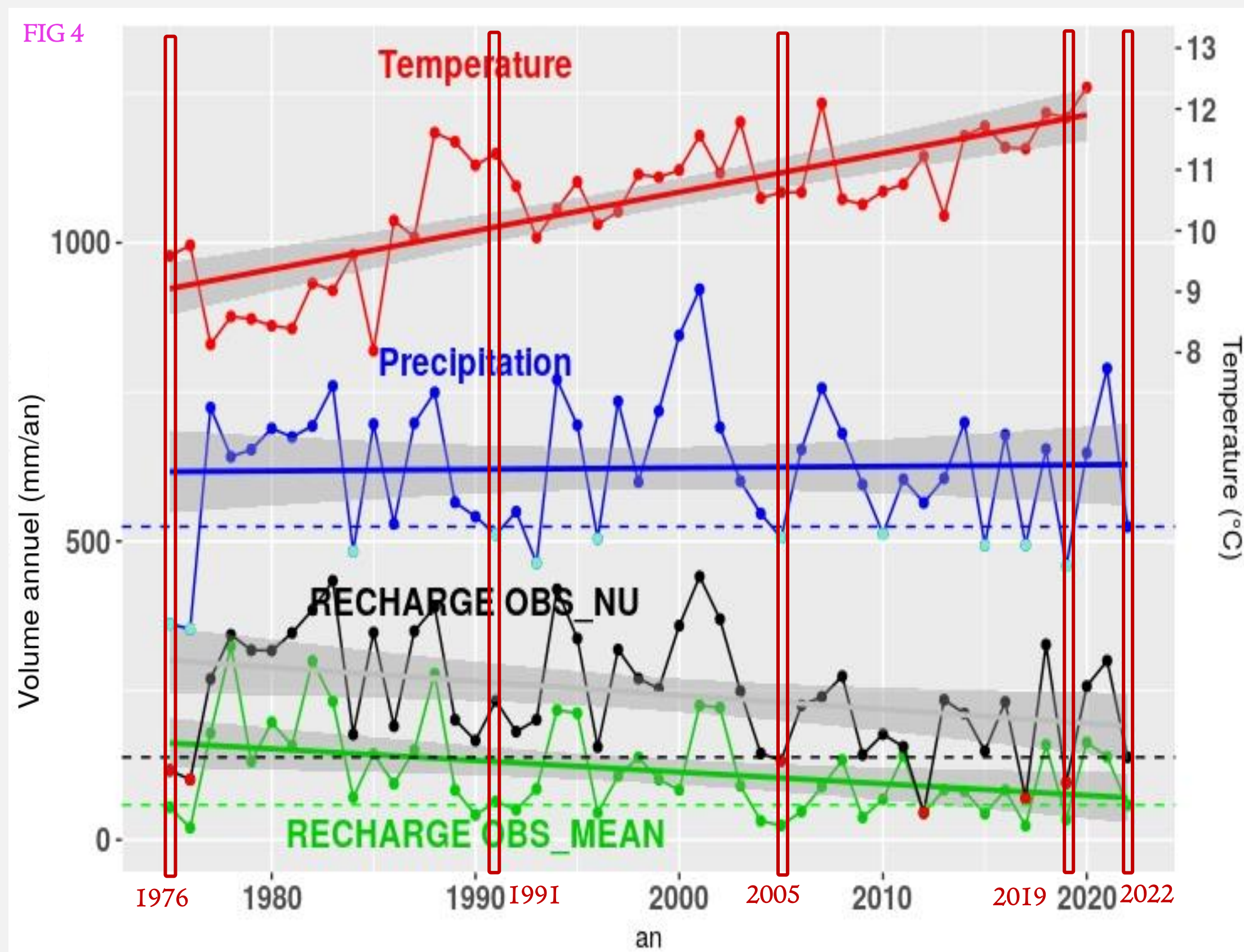


Schéma des lysimètres de Fagnières



## Fagnières



Evolution des températures, précipitations et de la recharge entre 1973 et 2022 (Fagnières)

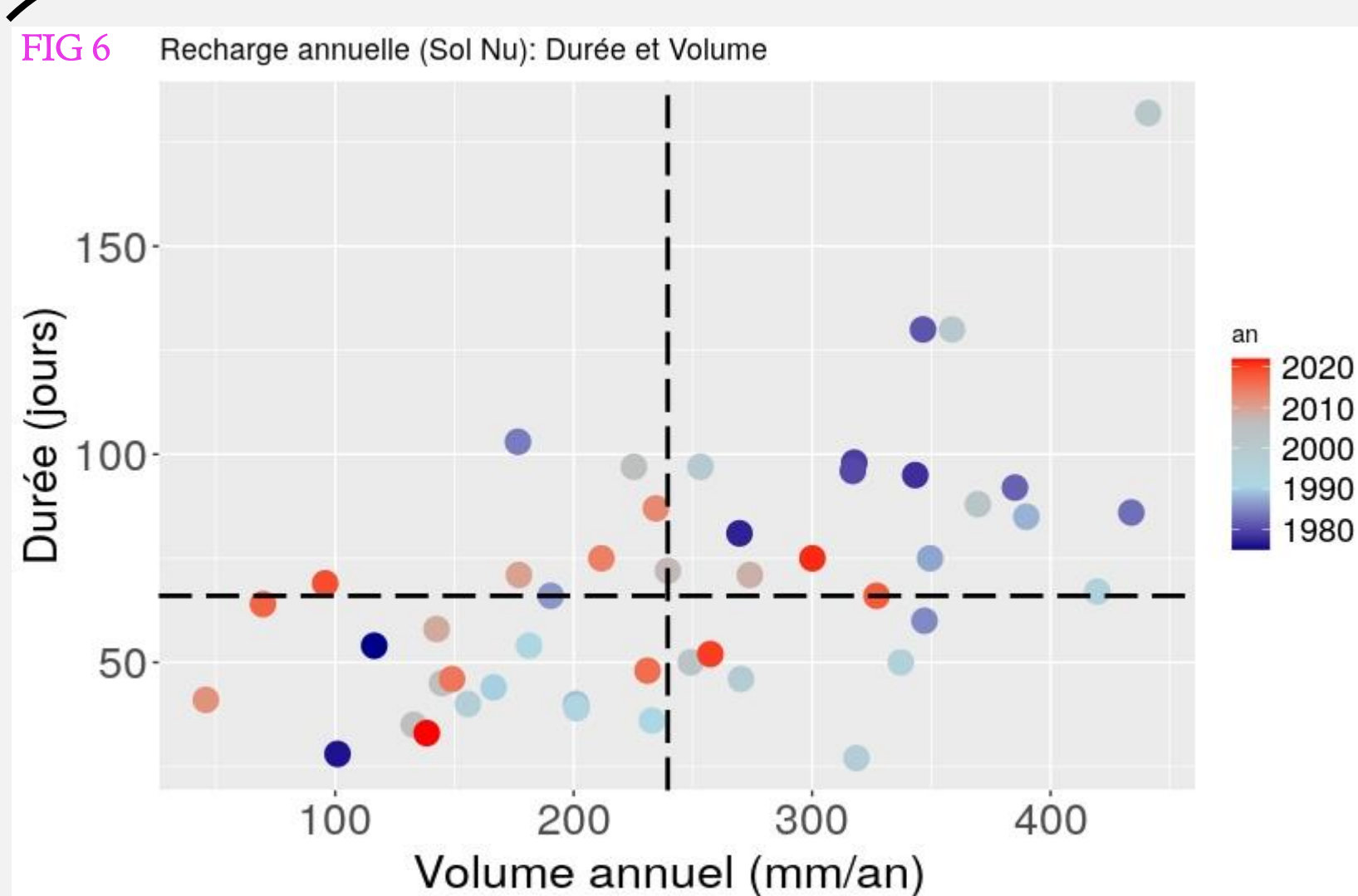
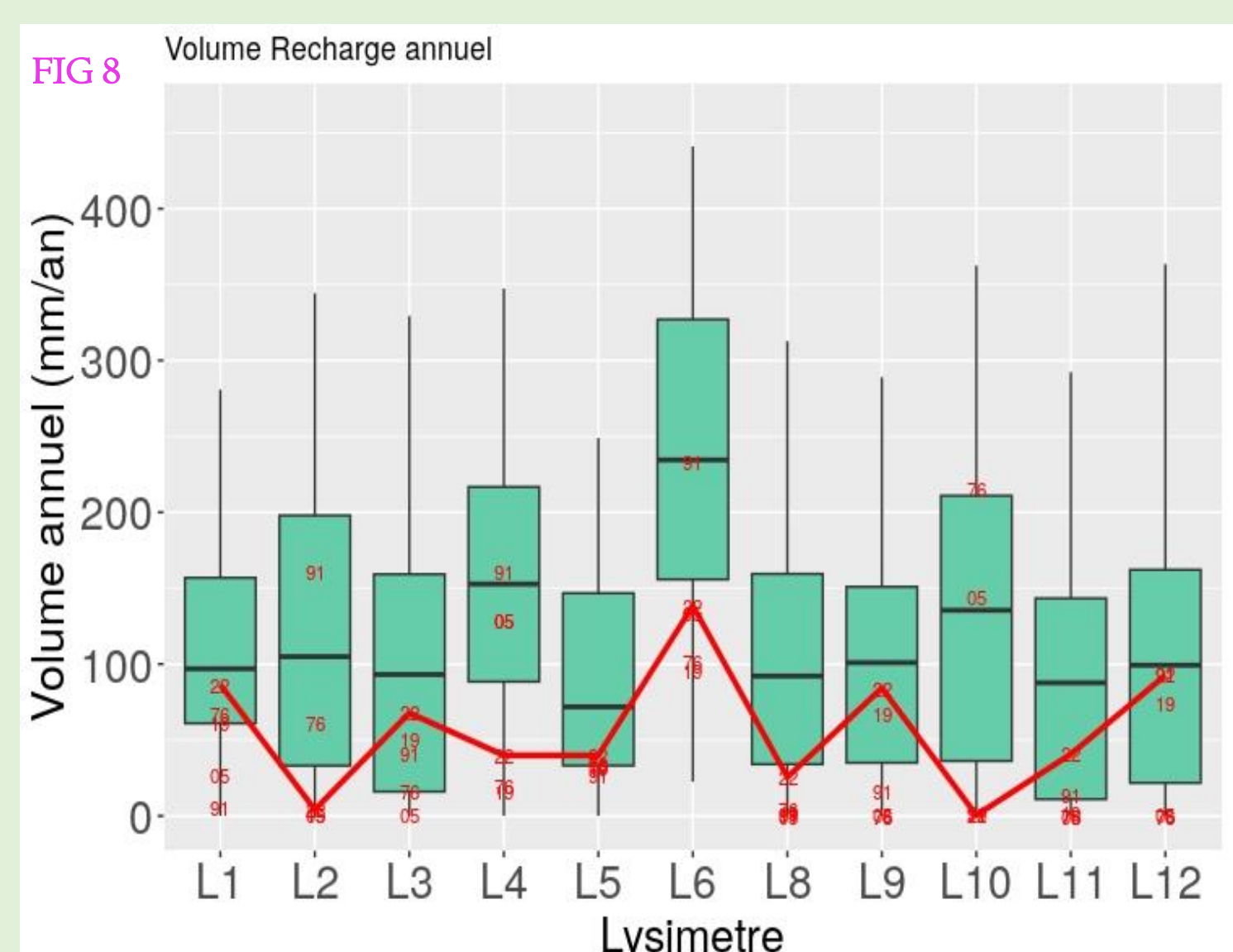


Figure 6 : Constat d'une tendance à une réduction du nombre de jour de recharge dans le temps pour une recharge annuelle équivalente.

Lien entre volume annuelle (mm) et durée (jour) de recharge sur sol nu, par année hydrologique

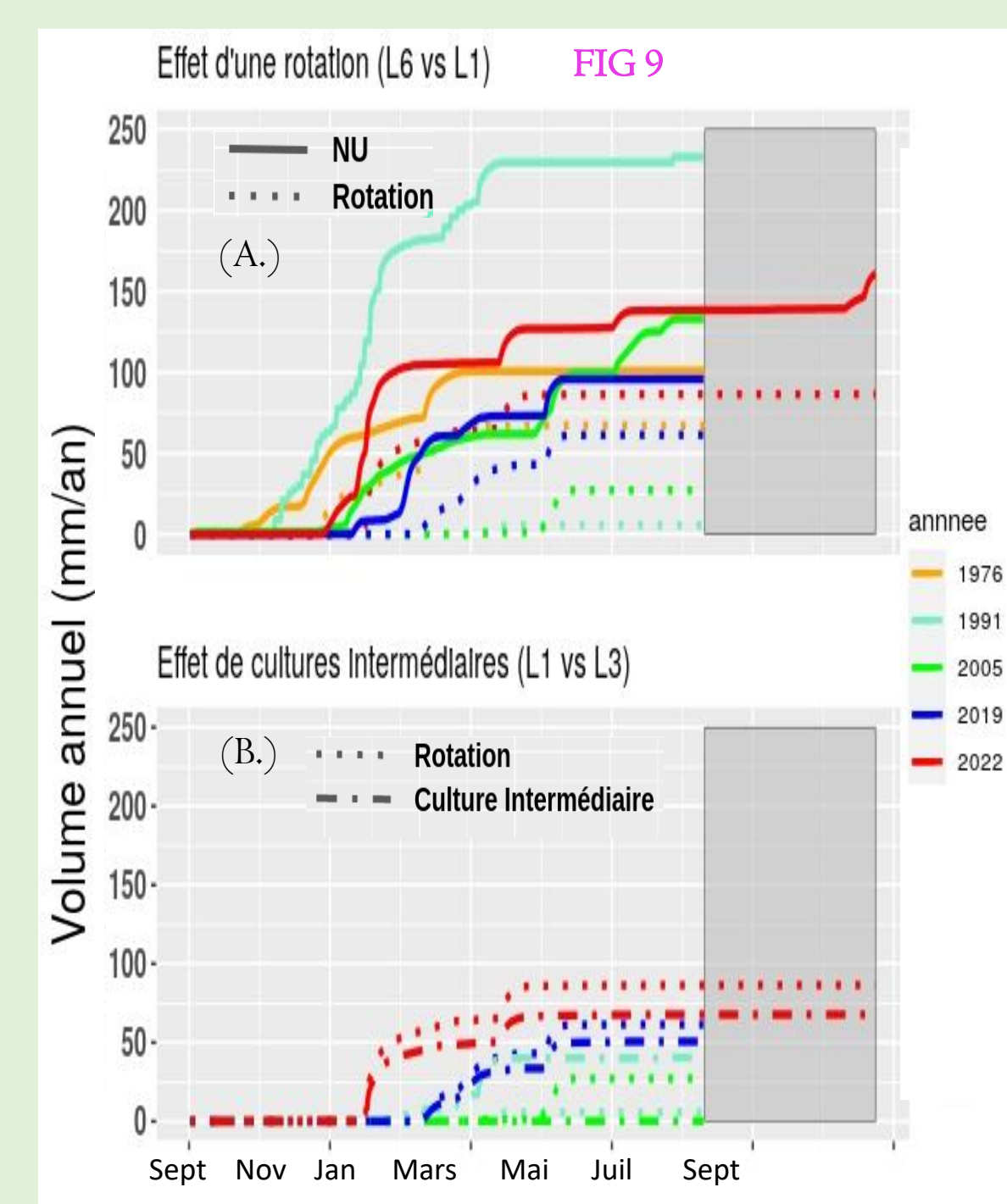
## Effet de la végétation

Figure 8 : comparaison des recharges annuelles pour chaque lysimètres de Fagnières : en rouge les années les + sèches → La végétation réduit fortement voir totalement la recharge lors des années sèches. 2022 n'est pas forcément l'année avec la recharge la plus faible.

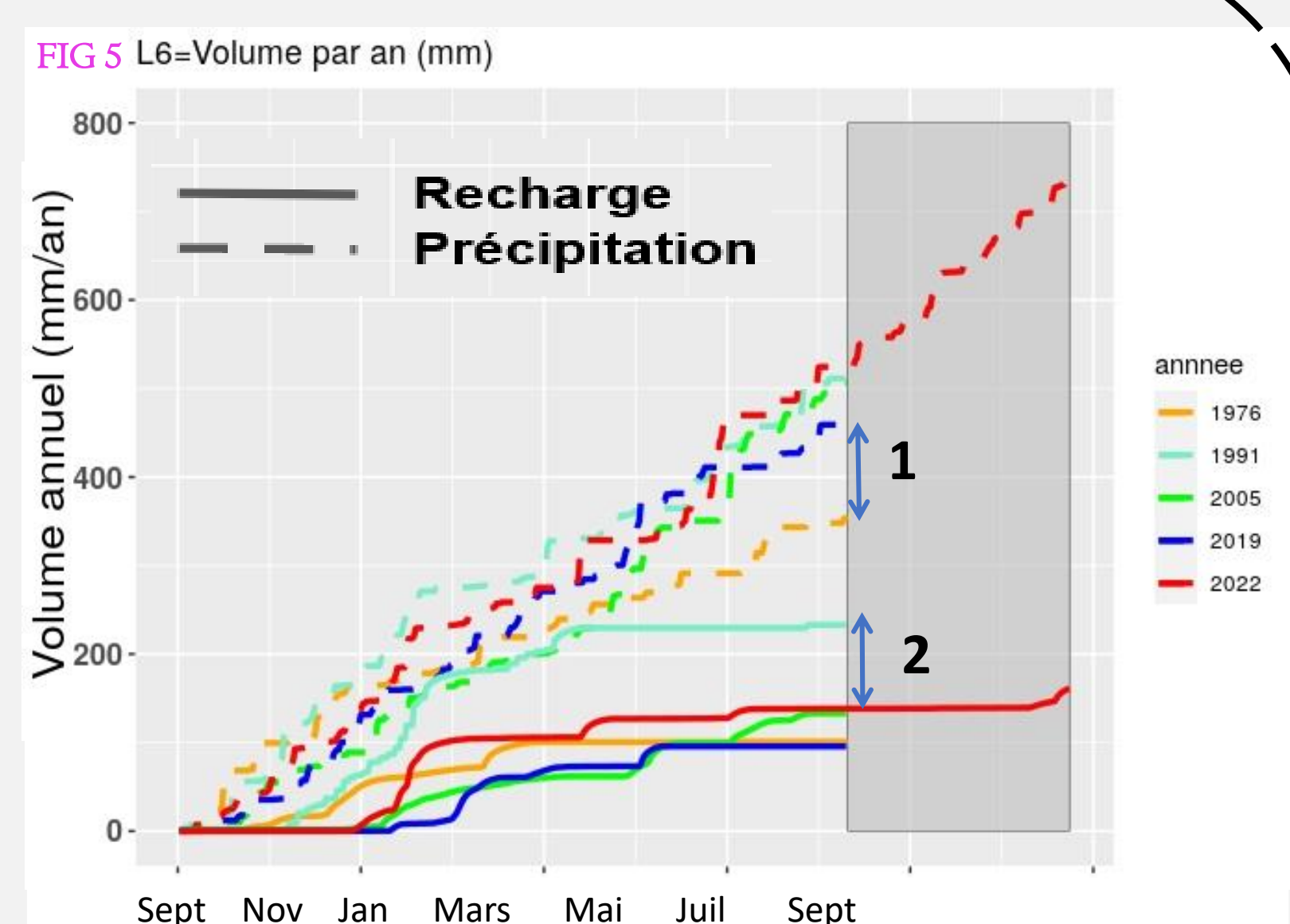


Recharge annuelle par lysimètre (Fagnières)

Figure 9 : A. comparaison de la recharge sur sol nu (traits pleins) et sur végétation (pointillés) et B. l'effet d'une culture intermédiaire piège à nitrates → Forte réduction de la recharge les années sèches sur les cases végétalisées, → réduction encore plus marquée pour les rotations incluant des cultures intermédiaires.



Volumes cumulés écoulés lors de 5 années sèches (Fagnières) sur plusieurs lysimètres



Volumes cumulés précipités et pour la recharge lors de 5 années sèches (Fagnières)

Figure 5 : Comparaison des cumuls de précipitation (tirets) et de la recharge sur sol nu (traits pleins) sur les 5 années hydrologiques (couleurs différentes). Pour l'année civile (jusqu'en décembre).  
→ 1976-2019 : Les Précipitations sont plus importantes en 2019, mais les volumes écoulés sont identiques : Effet Température + Pluie en été (2019)  
→ 1991-2022 : Les Précipitations sont identiques, mais les volumes écoulés sont plus important pour 1991. Effet Température + Pluie en hiver (1991)  
→ En 2022, depuis juillet, il n'y a pas eu de recharge.

Volumes cumulés écoulés lors de 5 années sèches (Fagnières) sur plusieurs lysimètres

Dans cette étude, onze lysimètres de 2m de profondeur et 2m de côté, sont analysés. Ils sont situés dans le nord-est de la France sur deux sites expérimentaux, avec des mesures horaires.

- Fagnières (INRAE) (1973-2023) (Figures 1 & 2)  
Sol : Crayeux (rendzine)  
Mesure : Recharge (à 2m)
- OPE (ANDRA) (2014-2023) (Figures 2 & 3)  
Sol : Cambisol  
Mesures : Recharge (à 2m)  
Teneur en eau/Pression/Température (0.2-0.5-1-1.5 m)  
Masse totale

## OPE

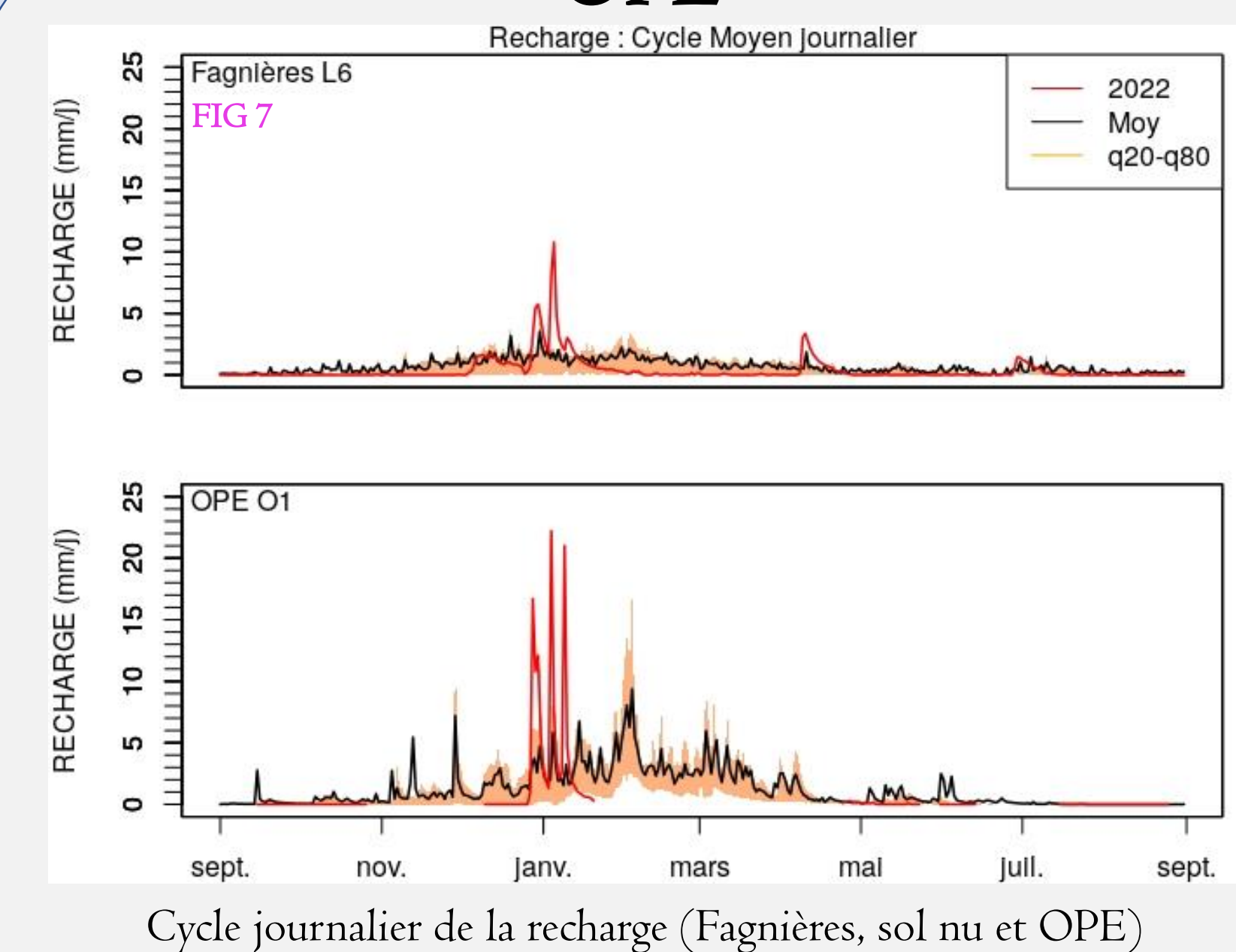
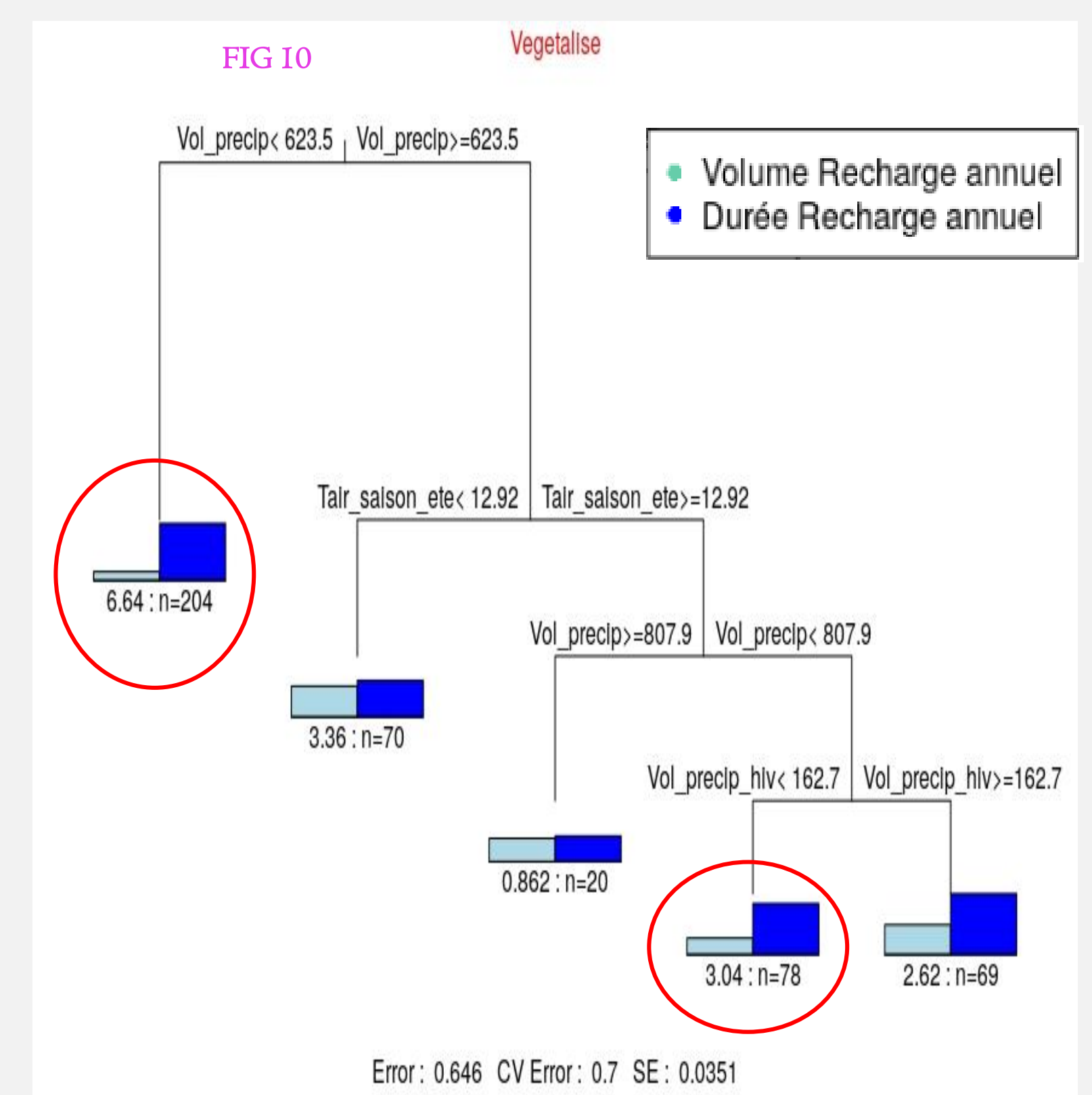


Figure 7 : Du fait de données incomplètes, le site de l'OPE ne peut être analysé en détail. Cependant, il y a une dynamique de la recharge similaire en 2022 entre Fagnières et l'OPE.

## Identification des facteurs conduisant à une faible recharge

Analyse via les arbres de régression multivariés (MRT) pour lier les faibles recharges avec les caractéristiques climatiques des années. Les relations entre plusieurs groupes et leurs caractéristiques présentent des variations similaires (ACP).



Arbre de régression multivarié (MRT) appliqué sur des couverts végétalisés

Figure 10 : Un MRT se lit de haut en bas, le premier critère à ressortir est celui le plus en haut. 2 branches se forment ainsi, avant de retrouver un autre critère. En bas, des sous-groupes (Feuilles) se sont formés, ce qui discrétise les caractéristiques de la recharge annuelle (Volume et Durée) en forte/faible/intermédiaire réactions. Le nombre de cas par feuille est noté (n) ainsi que l'écart-type.

→ Les années à faibles recharge (rouge) sont des années où le volume précipité annuel (Vol\_Precip) sont faibles (<623 mm/an), ou sinon les températures estivale (Tair\_saison\_ete) sont importantes (<12.92°C) et que les précipitations hivernales (Vol\_precip\_hiv) sont faibles (<162.7 mm). Les 5 années sélectionnées sont bien détectées par les MRTs.

## Conclusion

- En 2022, malgré des précipitations hivernales, la recharge est fortement réduite et ne reprend pas en 2023.
- Avec la présence d'un couvert, la recharge est retardée, et n'a lieu qu'en hiver lors des années sèches.
- Pour un même volume précipité, la recharge efficace est fortement réduite en 30 ans.
- Avec des outils statistiques, il est possible de prévoir des sécheresses agricoles si l'on connaît l'occupation du sol, et les conditions atmosphériques, en particulier les précipitations annuelles et hivernales.
- Les lysimètres sont donc des outils puissants pour observer la recharge, et doivent être développés sur la France (Projet OneWater).