



Restauration et intégration écologique des centrales photovoltaïques (PV)

Armin Bischoff, Quentin Lambert, Arnaud Lec'hvien, Louison Bienvenu, Bertrand Schatz, Francis Isselin-Nondedieu, Raphael Gros



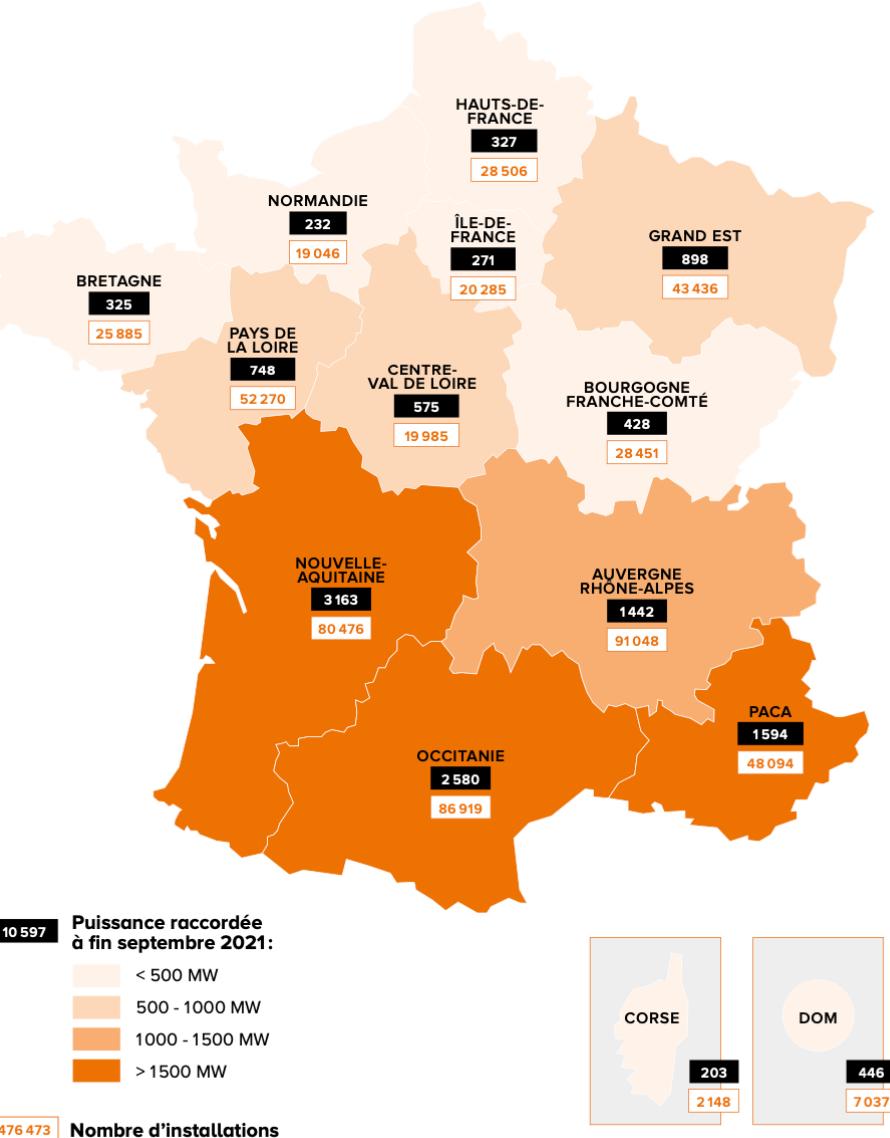
ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Expansion des centrales PV en France



Loi sur la transition énergétique

Diviser par 4 les émissions des gaz à effet de serre (pollution, changement climatique) jusqu'à 2050

Porter à 32% la part des énergies renouvelables

Augmenter la surface des centrales PV par 130.000ha (= 150.000 terrains de foot)

Impact des centrales photovoltaïques

- La construction des centrales photovoltaïques implique souvent une destruction complète de la végétation (sol nu)
 - La mise place des panneaux solaires change les conditions microclimatiques
 - Pendant la période d'exploitation, les végétaux doivent rester plus bas que les panneaux pour ne pas gêner la production de l'électricité
- Gestion par pâturage et/ou fauche/débroussaillage

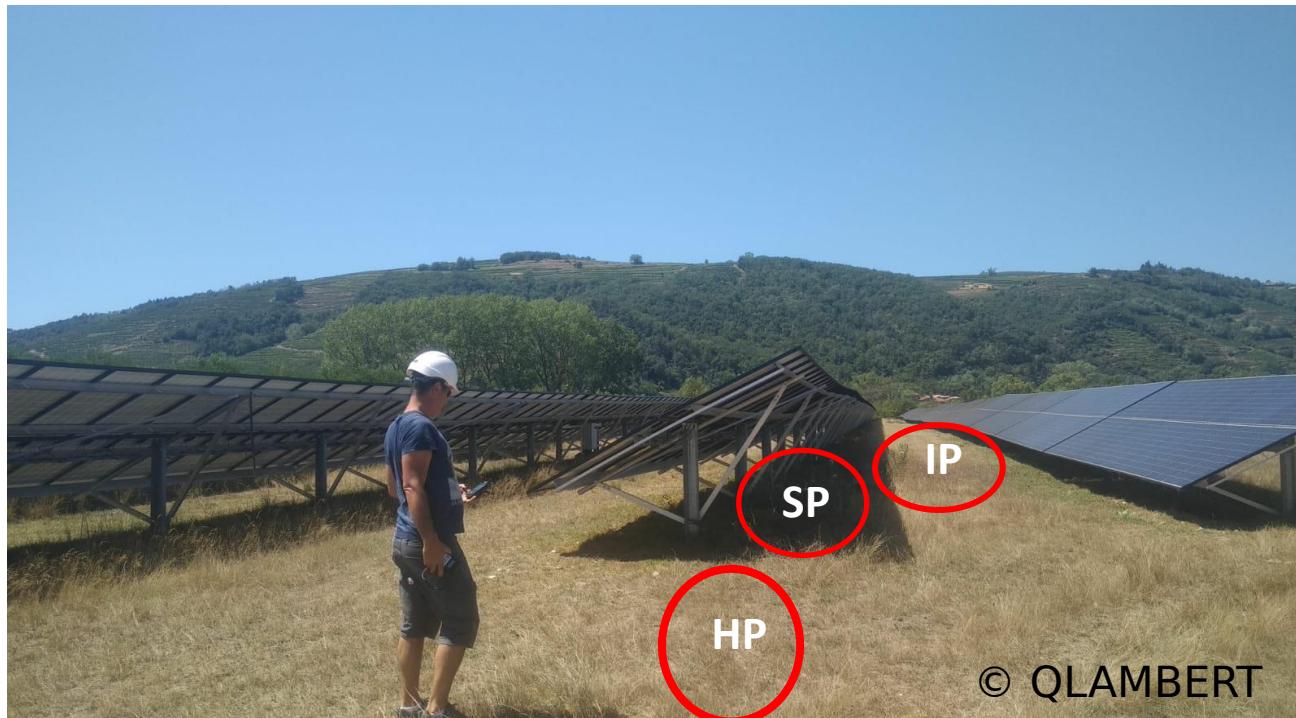


Impact des centrales photovoltaïques

Une grande partie d'une centrale PV n'est pas couverte par les panneaux: restauration (ou succession) « classique », similaire au cas connus suite à l'utilisation agricole

Peu ou pas connu: effets des panneaux solaires:

Trois situations: hors (HP), inter (IP) et sous (SP) panneaux



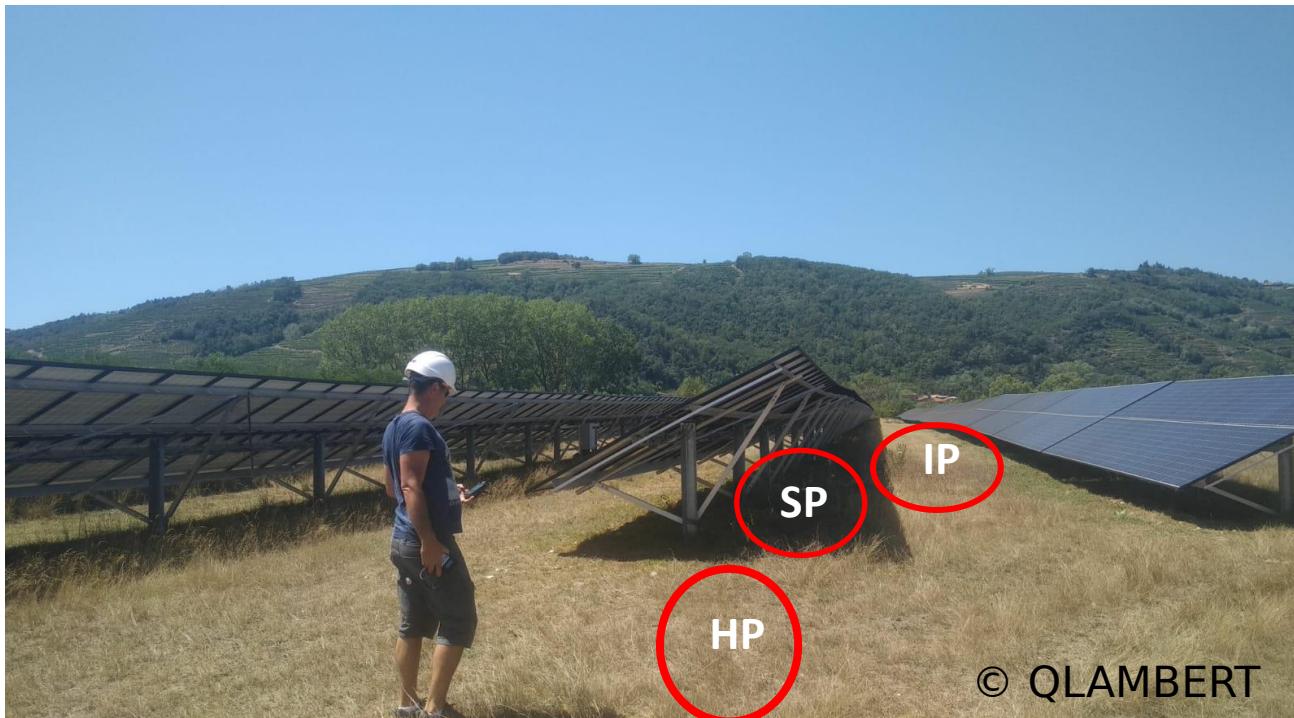
HP: Pluie, soleil

IP : Pluie, mais lumière réduite

SP: parapluie, lumière fortement réduite

Objectifs

- (1) Evaluer l'impact des panneaux sur microclimat, végétation, sol et insectes polliniseurs
- (2) Analyser les interactions avec la gestion (pâturage vs fauche)
- (3) Tester différentes modalités de restauration active



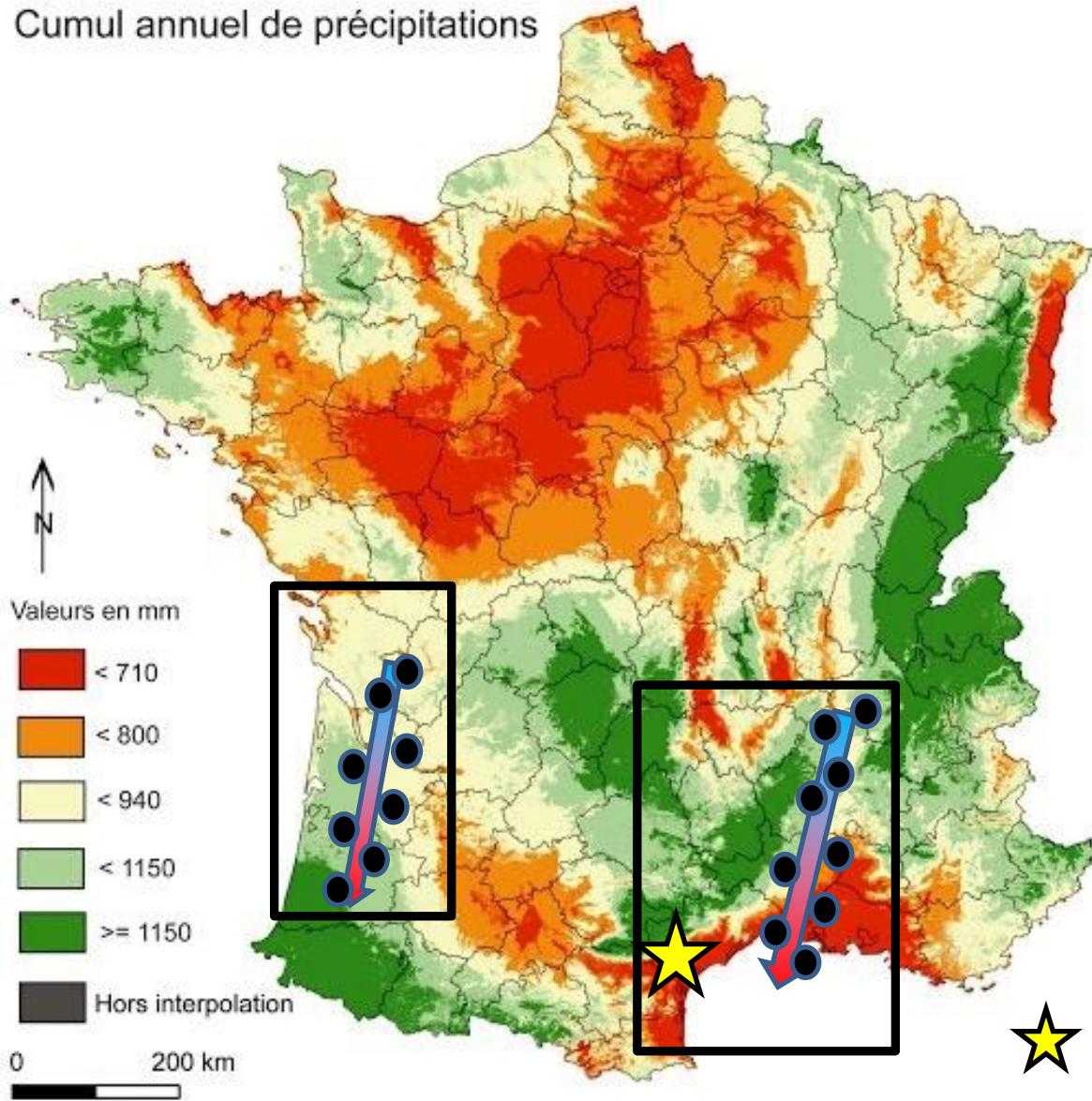
HP: Pluie, soleil

IP : Pluie, mais lumière réduite

SP: parapluie, lumière fortement réduite

Sites d'études

Cumul annuel de précipitations



Zone d'étude: sud de la France

1. Région PACA + Drôme + Aude (la plupart)
2. Nouvelle Aquitaine (globalement Landes)

Entre 10 et 20 centrales PV par étude

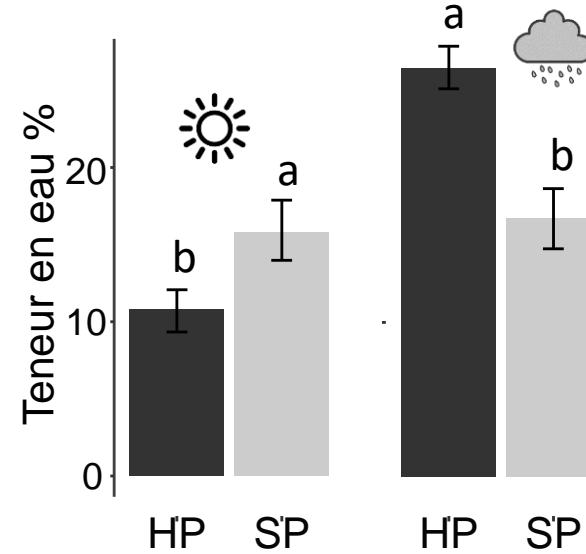
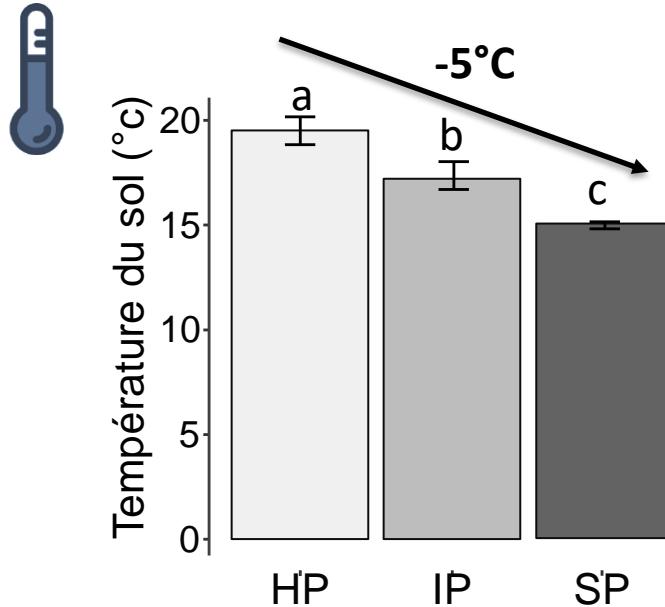
Différentes études entre 2016 et 2023

Expe restauration:
Roquefort-des-Corbières



Effet panneaux: microclimat

1. Lumière: forte réduction du PhAR à < 10%

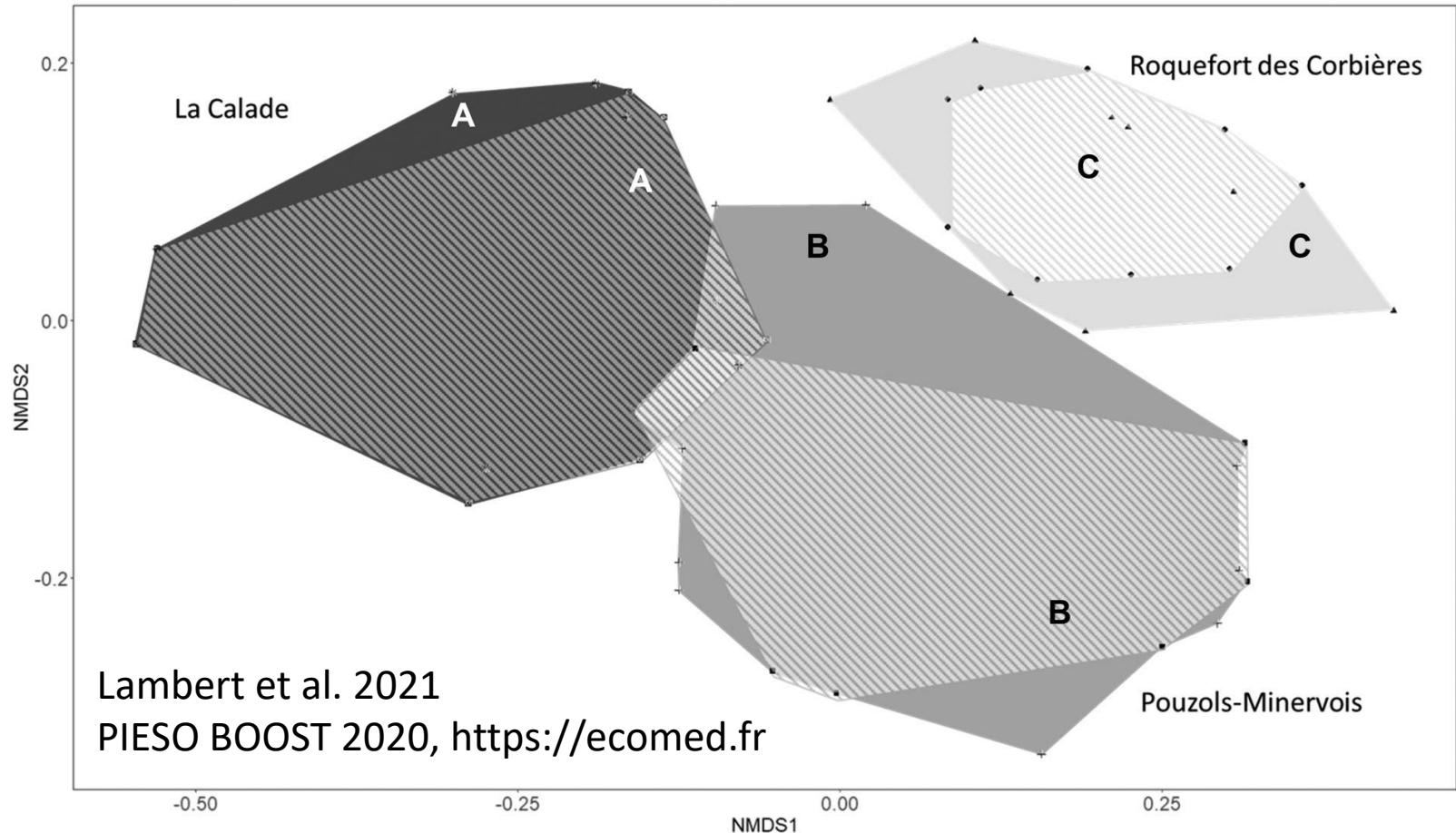


2. Température: globalement inférieure, forte réduction pendant la journée, légère augmentation pendant la nuit (effet tampon)

3. Humidité du sol: résultats dépendent bcp de type de panneau et de la pente des centrales, mais globalement inférieure après précipitations (parapluie) et augmentation pendant périodes de sécheresse (évaporation moins forte), également effet tampon

Effet panneaux: végétation

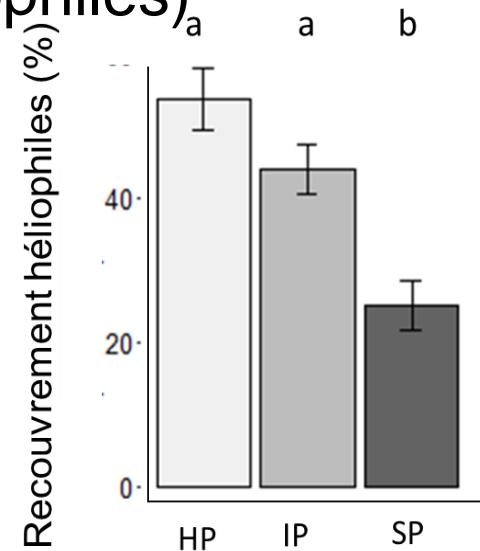
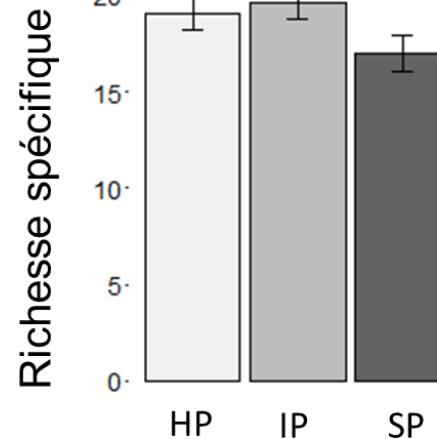
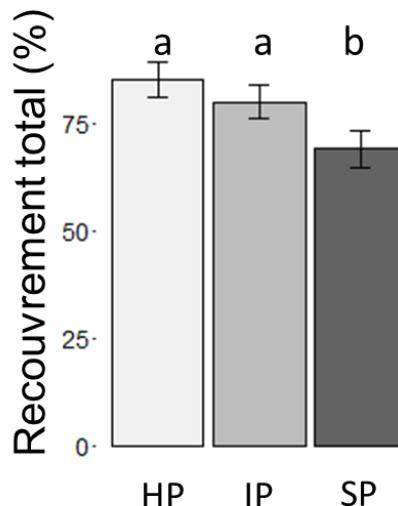
Premières analyses n'ont pas montré un effet significatif des panneaux solaires, mais centrales analysées étaient jeunes et méthodes pas assez fines



Effet panneaux: végétation

Analyses refaites en 2021 (PACA) et en 2023 (PACA et Nouvelle Aquitaine) montrent un effet significatif des panneaux:

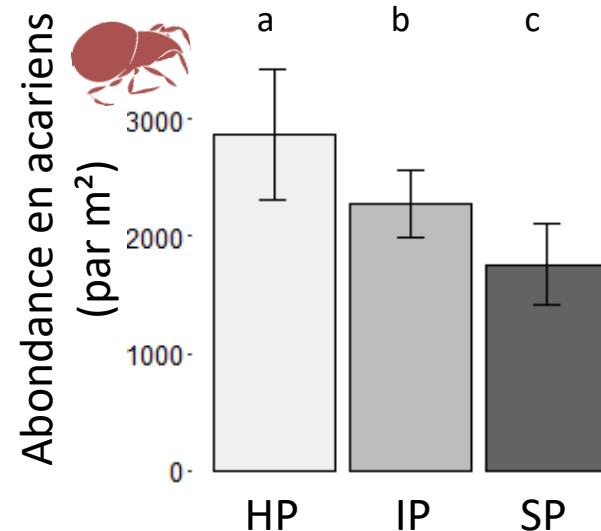
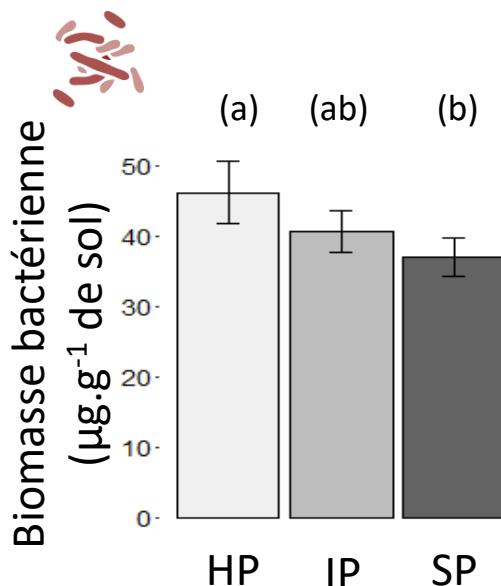
1. Diminution du recouvrement (mais bcp de variabilité!)
2. Diminution de la richesse spécifique, plus marqué en NA qu'en PACA
3. Changement de la composition floristique (augmentation des sciaphiles au détriment des héliophiles)



Effet panneaux: sol

Globalement réduction de la productivité sous panneau ce qui entraîne une diminution de l'abondance et de l'activité des organismes du sol:

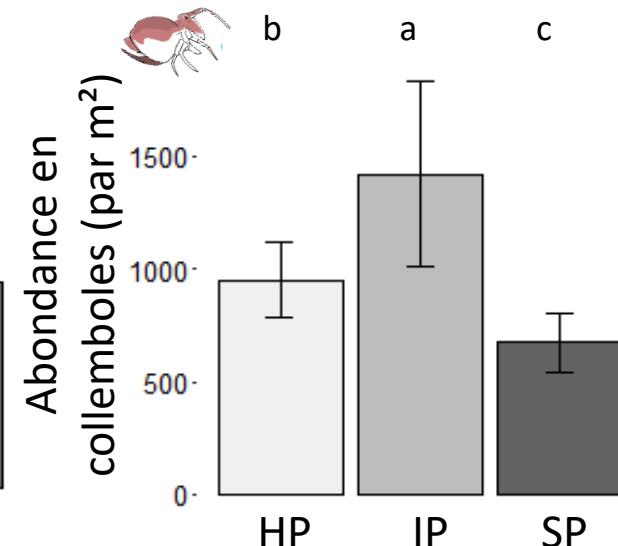
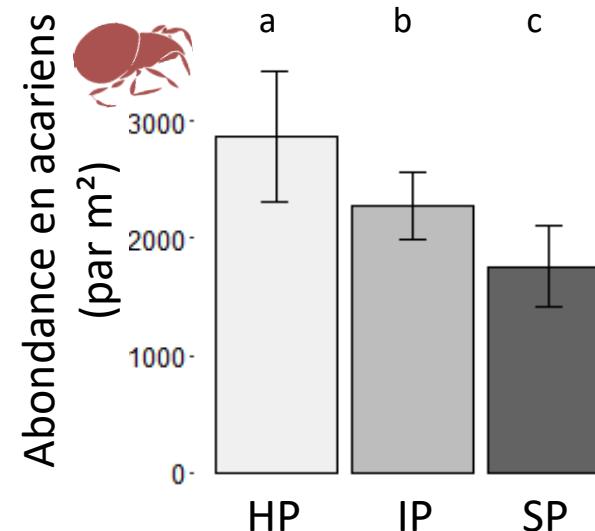
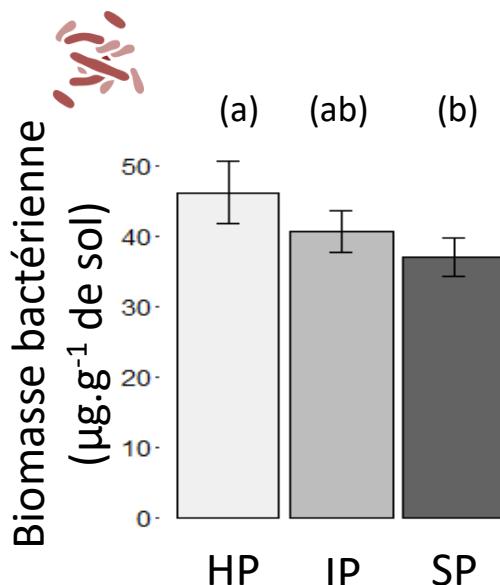
1. Diminution de la biomasse végétale >> litière >> mat org du sol
2. Diminution de l'ensemble d'organismes du sol, respiration, activité enzymatique



Effet panneaux: sol

Globalement réduction de la productivité sous panneau ce qui entraîne une diminution de l'abondance et de l'activité des organismes du sol:

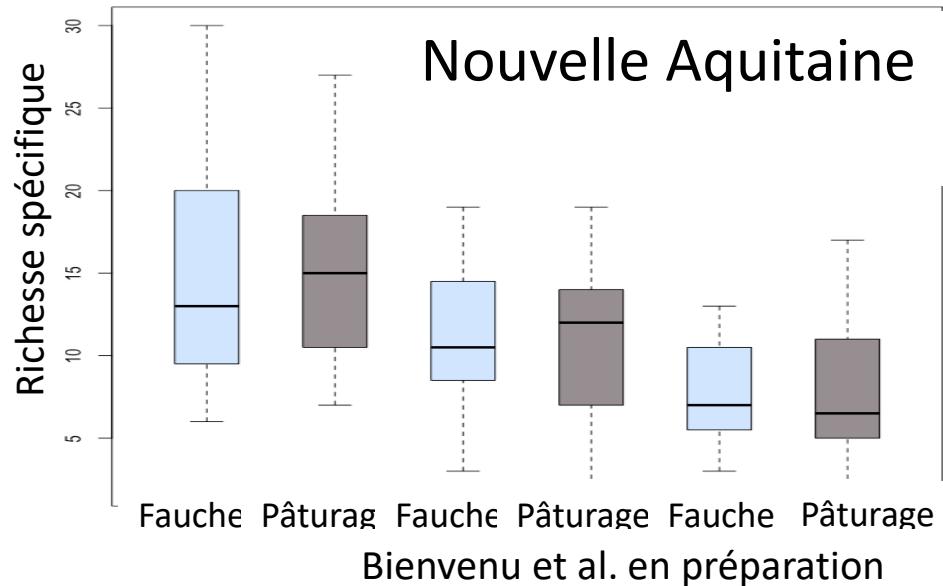
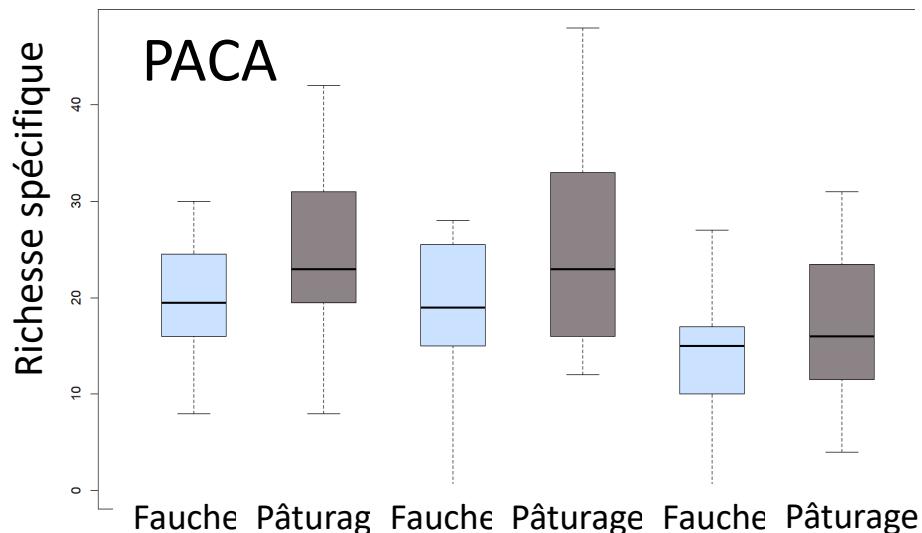
3. IP montre dans la plupart de cas une position intermédiaire entre HP et SP mais qq exceptions – comme collemboles



Effet gestion: végétation

Effet de la gestion (fauche vs pâturage) sur la végétation assez hétérogène (dépend des unités bétail, saisonnalité, fréquence)

1. Dans l'ensemble des centrales non-significatif concernant recouvrement et paramètres de diversité
2. En Nouvelle Aquitaine la composition spécifique est significativement différente entre fauche et pâturage

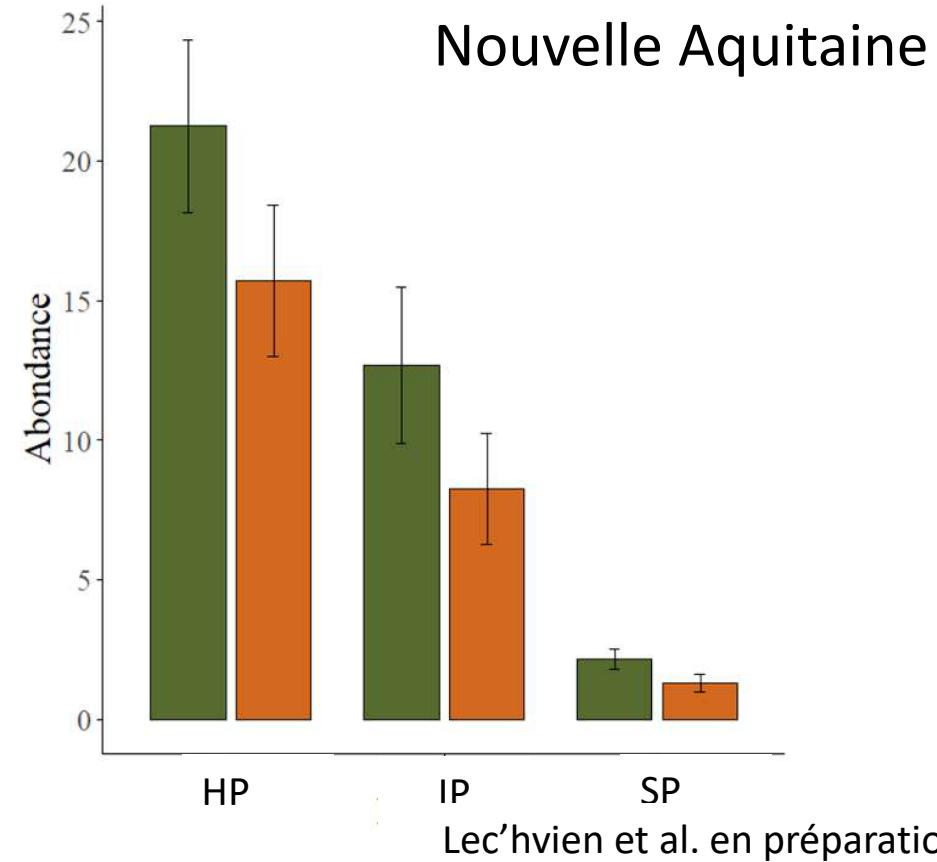
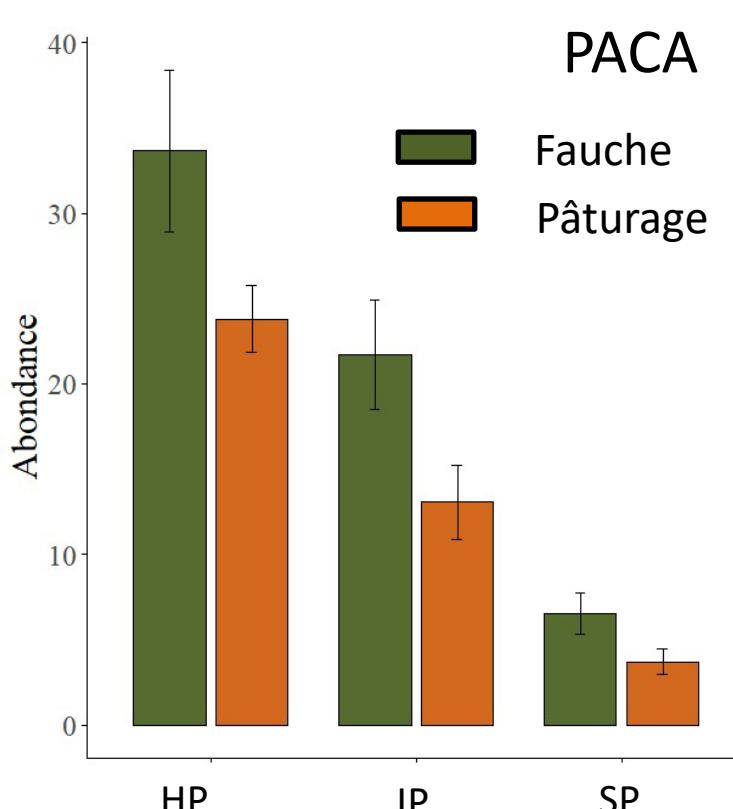


Effet gestion: polliniseurs

Effet négatif du pâturage sur les polliniseurs!

Polliniseurs en vol et contacts avec fleurs (interactions)

[Effet fortement négatif des panneaux solaires]



Restauration écologique



Hors panneaux solaires

Semis monospécifique

Transfert de foin

Vermicompost

Sous panneaux solaires

Semis monospécifique

Témoin

Transfert de foin

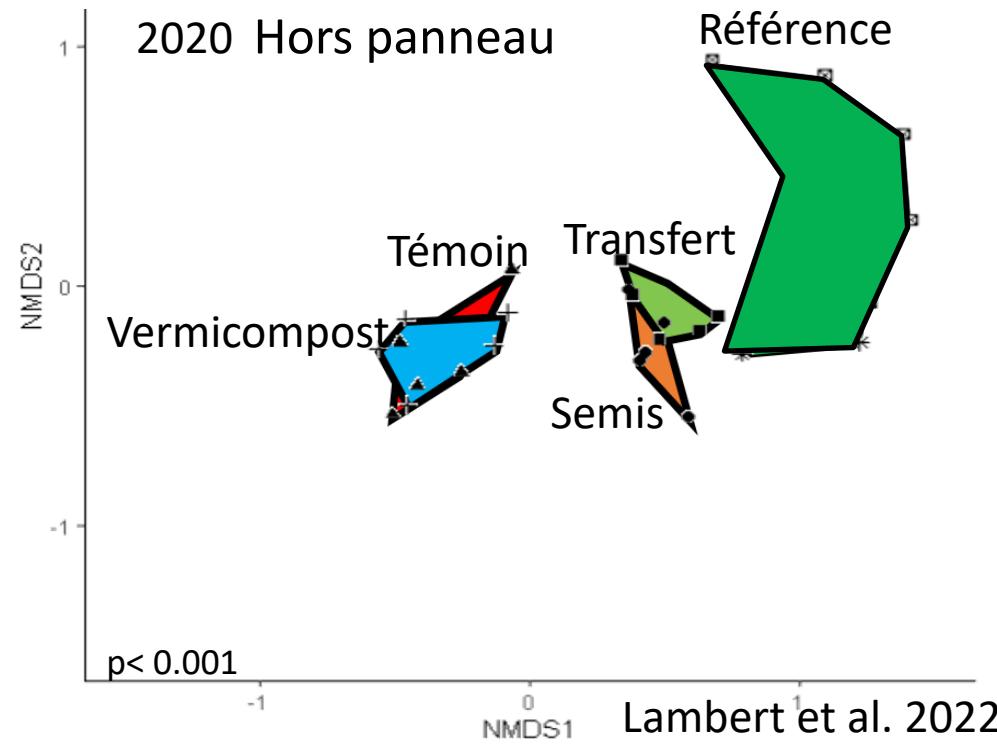
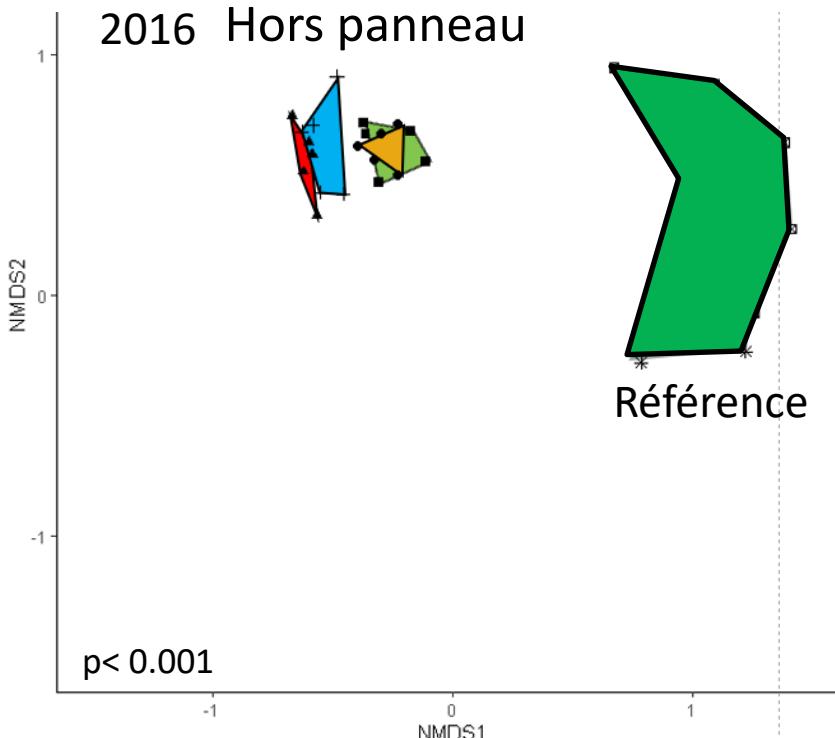
Vermicompost

5x

Roquefort-des-Corbières

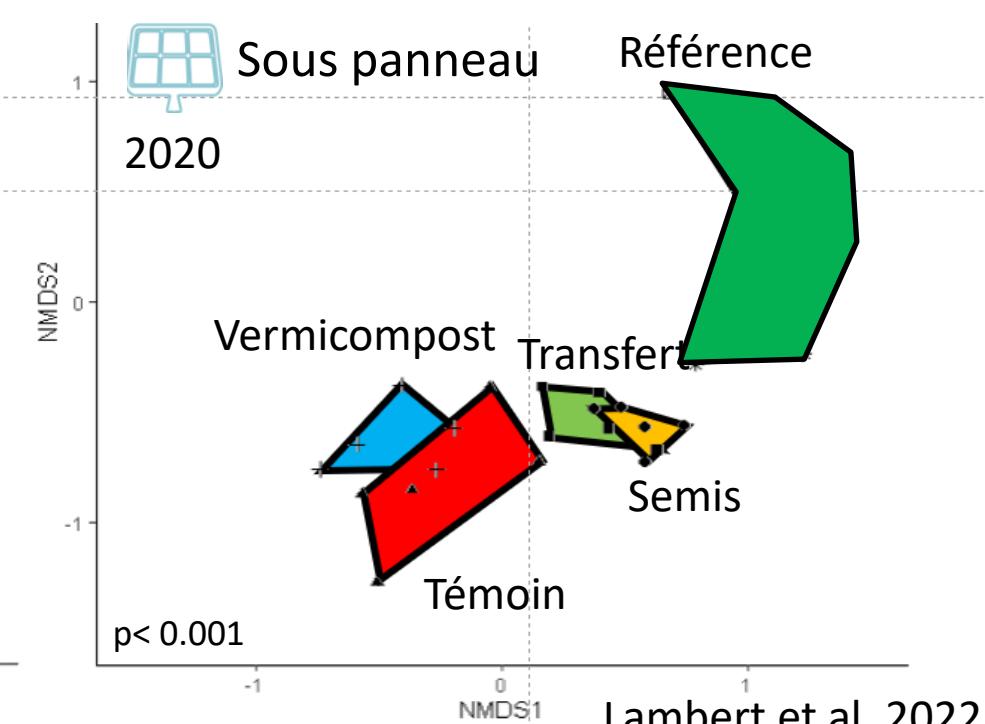
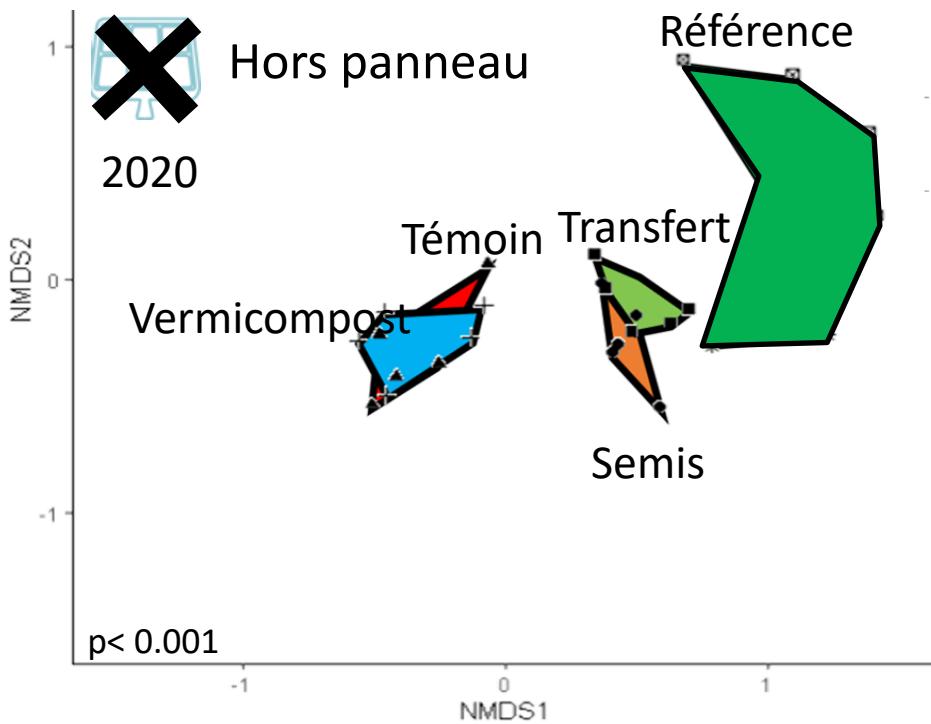
Restauration écologique

- La modalité transfert de foin se rapproche la plus de la communauté de référence après >4 ans (5 saisons) de suivi
- Le semis de *Brachypodium retusum* montre également un rapprochement (référence dominée par cette espèce)
- Vermicompost et témoin restent assez éloignés de la référence



Restauration écologique

- Les communautés hors panneaux se rapprochent bcp plus à la référence que les communautés sous panneaux!
- Semis des espèces moins héliophiles nécessaire sous panneaux?
- [paramètres du sol suivent ceux de la végétation: HP plus de biomasse >> mat org du sol >> activité/abondance organismes]





Conclusions et hypothèses

- Les centrales PV permettent une **restauration écologique partielle** suite à leur construction: **pelouses semi-naturelles**.
- Cette restauration est plus problématique **sous panneaux solaires** car les espèces végétales globalement **héliophiles** des pelouses de référence **ne sont pas bien adaptées** à ce microclimat.
- Diminution l'abondance des **organismes de sol et des pollinisateurs** ainsi que leurs fonctions écologiques.
- Vu que les communautés sous et hors panneaux sont différentes, la présence des panneaux peut quand même **augmenter la diversité à l'échelle d'une centrale PV**.
- La végétation montre peu de différences entre **centrales pâturées et fauchées** mais le pâturage **perturbe les pollinisateurs**.
- La restauration par **transfert de graines** récoltées dans des communautés de référence était la technique la **plus prometteuse**.



Conclusions

- Current environmental impact studies (France) do not involve monitoring following solar park construction. Thus the real impact of construction is not well known: ***urgent need for scientific monitoring!***
- The ecological management of sites (including partial restoration) during the production period (i.e. after construction) is currently not included in regulations: ***need for ecological management planning including restoration of degraded habitats!***
- The PIRESO project provided important information on impact and guideline for monitoring and management but there is still a lack of data

Project PIIESO

Vegetation

Young solar parks show a lower diversity than surrounding habitats but often selected sites had already lower diversity before construction

Small differences between plots under panels and outside

ROQUEFORT SOLAR	Species richness	Shannon	Eveness
Year	↗	↗	-
Parc vs surroundings	Surr>Parc	Surr>Parc	-
Under panels vs outside	-	-	-

Solar park construction project

APPENDIX

Foundations of structures: LITTLE IMPACT

The anchoring of the structures to the ground will be carried out either by driven piles or by concrete foundations, the illustrations of the implementation of each of the methods of which are presented below. The choice will be defined on the basis of the results of a geotechnical study which will be carried out before the site (verification of soil corrosion).



Realization of superficial concrete foundations for anchoring structures