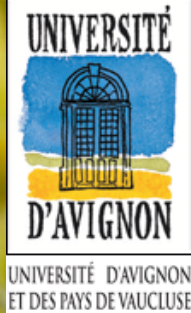




**KU LEUVEN**



## Le cas des toits « écosystémisés » dans le Sud-Est de la France

Thierry DUTOIT, Carmen VAN MECHELEN, Martin HERMANN  
thierry.dutoit@imbe.fr

## ► “INFRASTRUCTURES VERTES”

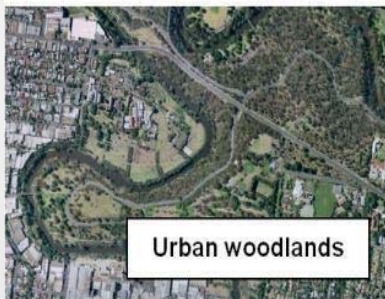


Urban agriculture



Green walls

## Urban green infrastructure



Urban woodlands



Suburban street trees



City street trees



Green roofs



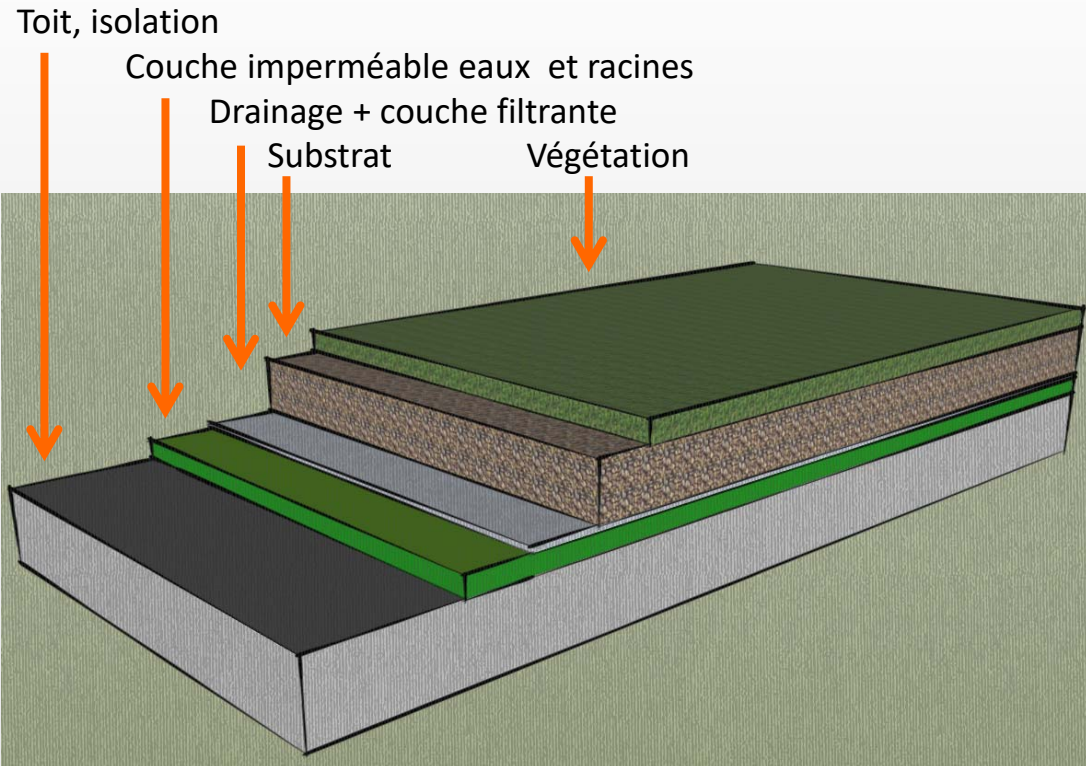
Sensitive urban design



Parks, gardens & golf courses

Habitats semi-naturels à totalement artificiels qui nécessiteraient cependant plus de stratégies de création et de gestion “durables”.

## ► TOITS VERTS



*“Les toits verts sont des toits où les plantes et le substrat sont placés sur le toit. Les plantes sont utilisées pour améliorer la performance et / ou l'apparence des toitures”*  
(Snodgrass & McIntyre, 2010)



Optigreen Ltd

Extensif (< 20cm; 2-12cm)  
Semi-intensif (12-20cm)  
Intensif (> 20cm)

## ► EN CLIMAT MEDITERRANEEN...



Van Mechelen C., Dutoit T., Hermy M. 2015. Adapting green roof irrigation practices for a sustainable future: A review. *Sustainable Cities and Society* 19: 74-90.

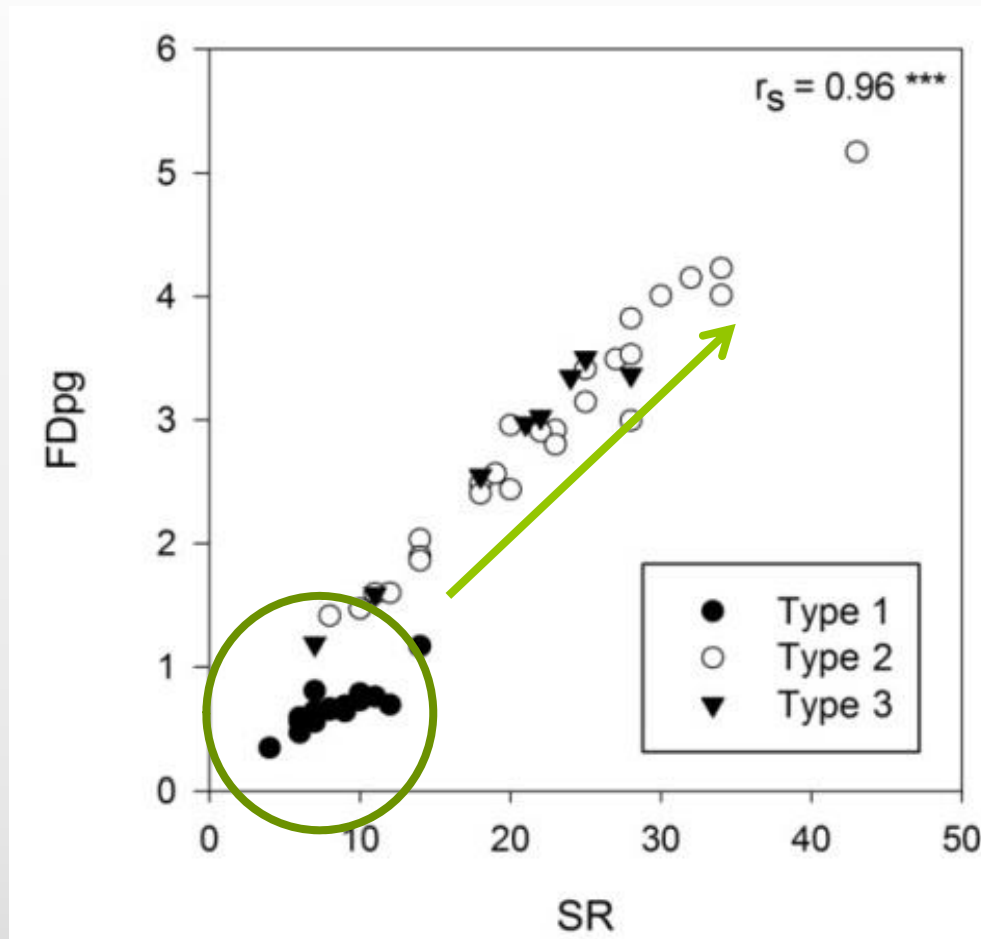


Conditions environnementales difficiles (sécheresse estivale) mais aussi très forte irrégularité des précipitations intra et inter-annuelles.

Toits verts surtout de type intensif avec irrigation très importante...

Peu d'essais de toits verts extensifs avec végétation adaptée à l'image des évolutions actuelles pour les jardins

## ► BIODIVERSITE ?



VAN MECHELEN C., VAN MEERBEEK K., DUTOIT T. HERMY M. 2015. Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: The example of extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning* 136: 165-173

Diversité fonctionnelle  
fortement corrélée avec la  
richesse spécifique.

Mais...

Faible richesse et diversité  
fonctionnelle pour les  
systèmes extensifs  
(biodiversité introduite à  
base d'espèces succulentes  
(*Sedum* sp.)



## ► OBJECTIF

- Appliquer le concept de « modèle d'habitat » (bio-inspiration, solutions basées sur la nature, ingénierie écologique, écotechnologies, etc.) aux toits verts , en prenant en compte à la fois la sélection des plantes mais aussi le contexte environnemental propre aux toits (substrats, absence d'irrigation, etc.)



## Habitat template concept (cf. Lundholm, 2006)

*“Natural habitats can serve as a source of inspiration for development of new green roof systems because species inhabiting these environments have similar adaptations as the plants on extensive green roofs “*

# QUESTIONS DE RECHERCHE

---

- ▶ Quel type de végétation peut être trouvée dans les zones semi-naturelles méditerranéennes pour être sélectionnée comme modèle pour des toits verts extensifs ?
- ▶ Comment ces plantes peuvent être classées en fonction de leur utilisation potentielle pour les toits verts extensifs en rapport avec leurs traits ?
- ▶ Le potentiel des espèces méditerranéennes sélectionnées pour les toits verts extensifs peut-il être confirmé expérimentalement ?

# ► ZONE d'ETUDE



Plateau de Caume



La Crau



Plateau d'Artamon



Cuvette de Pompignan



Nivoliens, Causse Méjean



La Roche sur le Buis

**Legend**

**Study location**

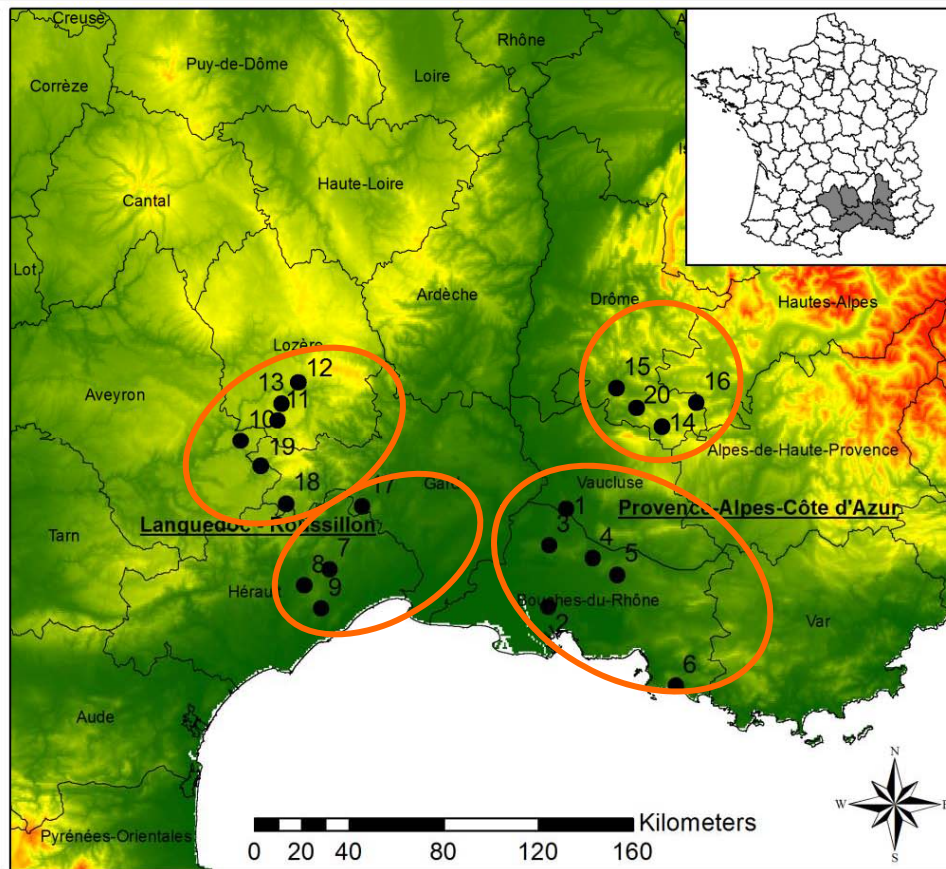
1. Caumont
2. Crau
3. Caume
4. Lamanon
5. Vernègues
6. Calanques
7. Mas Dieu
8. Aumelas
9. Artamon
10. St Pierre
11. Saubert
12. Cros Garnon
13. Nivoliens
14. Aulan
15. Milmandre
16. Chamouse
17. Pompignan
18. Blandas
19. Begon
20. la Roche

□ Department boundary

**Elevation (m)**

High : 3000

Low : 0





## ► ECHANTILLONNAGE



Avril – Juin 2011

20 sites

253 quadrats de 1m<sup>2</sup>  
(12-20 par site)

**372** espèces identifiées

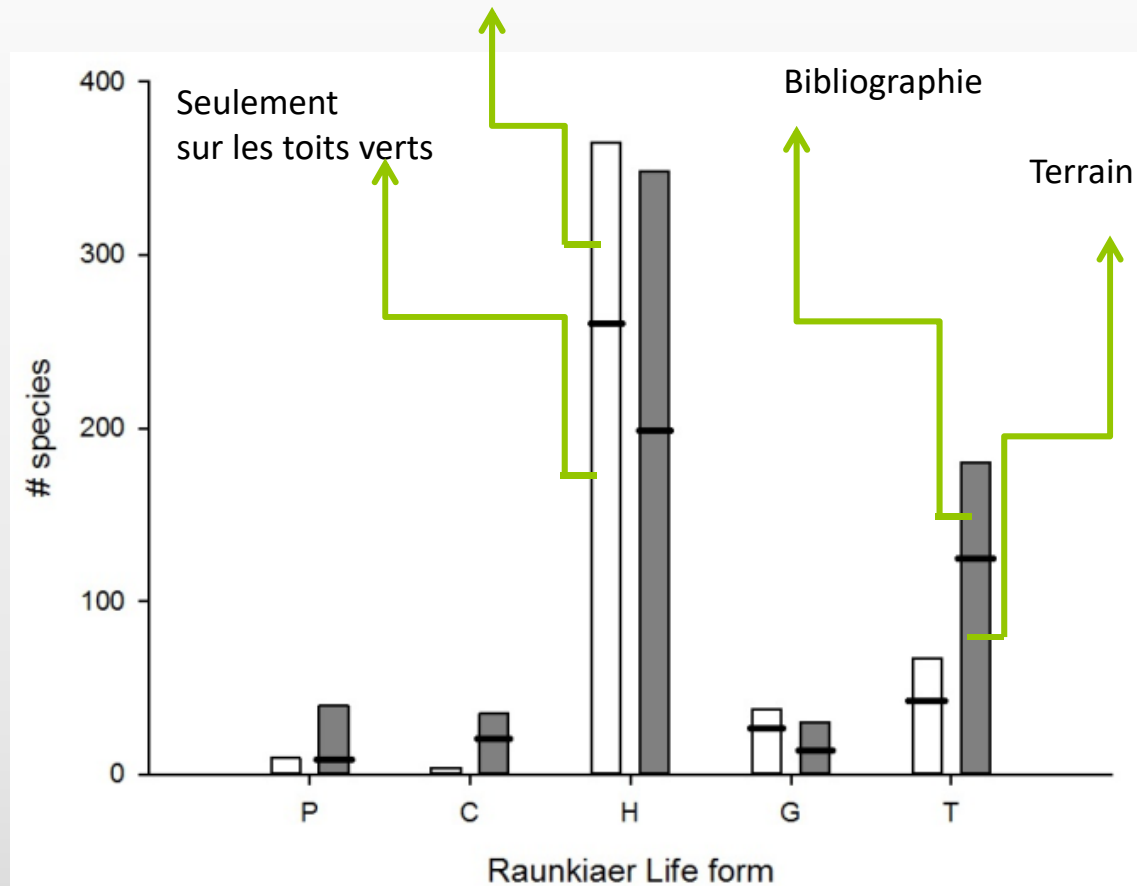
**261** espèces  
complémentaires à  
partir de la bibliographie

Variables  
environnementales

Propriétés du sol

## ▶ RESULTATS

Trouvées aussi dans les habitats méditerranéens



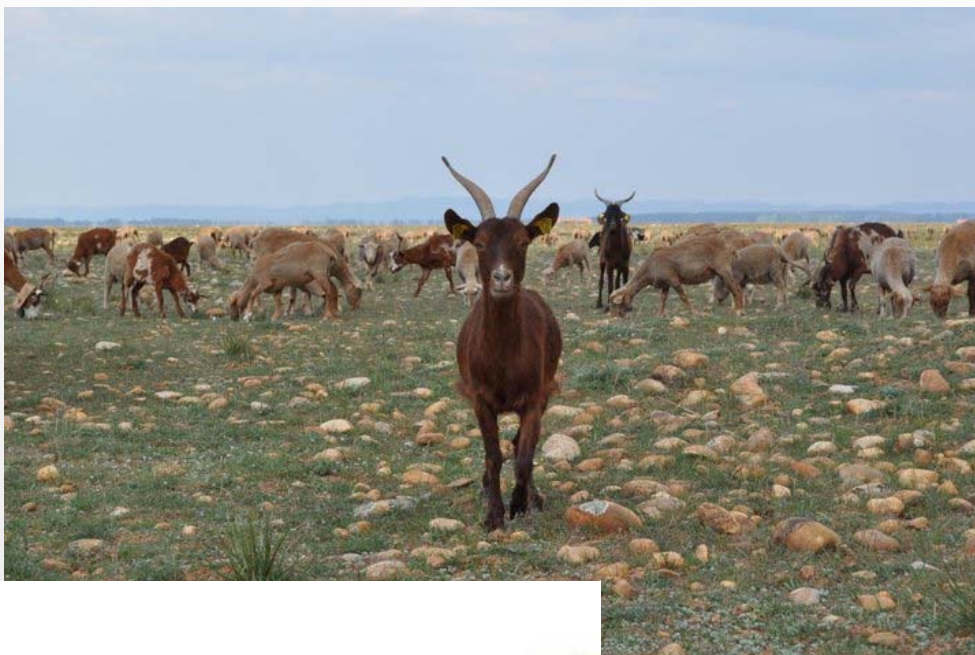
VAN MECHELEN C., DUTOIT T. & HERMY M., 2014. Mediterranean open habitat vegetation offers great potential for extensive green roof design. *Landscape and Urban Planning*. 121 : 81-91.

79% des espèces trouvées dans les habitats méditerranéens ne sont pas utilisées sur les toits verts

75% des espèces des toits verts sont des hémicryptophytes (pérennes)

Les espèces annuelles sont très peu utilisées sur les toits verts (14%) alors qu'elles sont très abondantes dans les habitats méditerranéens (36%)

## ► RESULTATS



Al Johnson's Swedish  
Restaurant & Butik,  
photo Luanne Lozier

- Des habitats méditerranéens peuvent être une source d'inspiration pour trouver de nouvelles espèces adaptées à la sécheresse des toits verts méditerranéens.

- Les espèces annuelles semblent être de bonnes candidates et devraient être plus introduites dans la végétation extensive des toits verts.

- Les nouvelles communautés devront cependant être durables même sans les régimes de perturbations qui les maintiennent...

## 2. APPROCHE PAR LES TRAITS

---

→ Sélection des traits associés avec les adaptations à la sécheresse et « utilitaires » (bibliographie + base de données TRY), outil de « screening » pour identification des espèces avec meilleurs traits pour une acceptabilité, installation et un maintien sur toits verts extensifs en région méditerranéenne.

## ► SCREENING TOOL

<u>Secondary traits</u>	
Trait	Scoring condition
Low seed mass	< 4,5 mg
Low height	< 0,2 m
High woodiness	(semi) woody
Leaf phenology	Evergreen
Pollinator reward	Nectar
Short flowering duration	< 2 months
Late flowering period	Early summer or later
Life form	Geophytes, annuals, hemicryptophytes
Flower color	Yellow, blue or white
Flower type	Disc flowers
Maximum plant longevity	Perennial

Critères d'exclusion

Traits primaires: + 2 points

Traits secondaires : + 1 point

Score maximale : 28

## ▶ RESULTATS

Species	New	Life form	Score
<i>Sedum album</i>		H	25
<i>Sedum acre</i>		H	23
<i>Sedum dasyphyllum</i>		H	19
<i>Thymus praecox</i>		H	18
<i>Thymus serpyllum</i>		H	18
<i>Draba aizoides</i>		H	17
<i>Hippocrepis comosa</i>		H	17
<i>Silene otites</i>	x	H	17
<i>Alyssum montanum</i>		H	16
<i>Galium verum</i>		H	16
<i>Helianthemum nummularium</i>		H	16
<i>Sedum ochroleucum</i>		H	16
<i>Aster linosyris</i>		H	15
<i>Teucrium montanum</i>		H	15
<i>Petrorhagia prolifera</i>	x	T	14
<i>Plantago coronopus</i>	x	H	14
<i>Polygala vulgaris</i>	x	H	14
<i>Bupleurum falcatum</i>	x	H	13
<i>Centaurium erythraea</i>	x	T	13
<i>Euphorbia seguieriana</i>		H	13
<i>Galium boreale</i>	x	H	13
<i>Veronica chamaedrys</i>	x	H	13

VAN MECHELEN C., DUTOIT T., KATTGE J., HERMY M. 2014. Plant trait analysis delivers an extensive list of potential green roof species for Mediterranean France. *Ecological Engineering* 67 : 48-59.

Meilleurs scores obtenus par des espèces déjà utilisées sur les toits verts (*Sedum* sp.)

35% des meilleures espèces potentielles sont bien des annuelles non encore utilisées sur les toits verts

→ Les *Sedum* doivent bien toujours être utilisés dans les toits verts extensifs mais en combinaison avec d'autres espèces notamment les annuelles

### 3. PHASE EXPERIMENTALE POUR TESTER LES ESPECES POTENTIELLES SELECTIONNEES

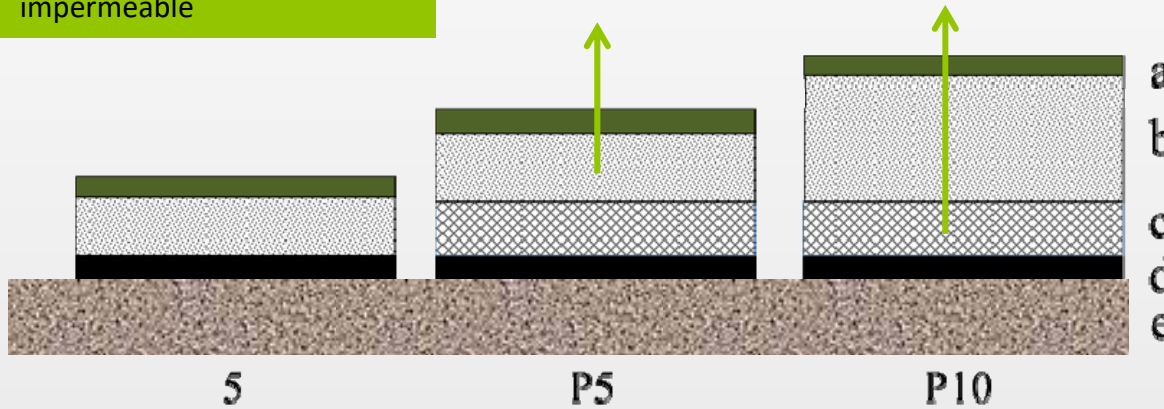
---

- ▶ Protocole expérimental
- ▶ Sélection des espèces
- ▶ Suivis
- ▶ Résultats
- ▶ Conclusion majeure



## ► PROTOCOLE

- a) Végétation
- b) Substrat
- c) Couche de rétention
- d) Drainage + couche filtrante
- e) Toit recouvert d'une bâche imperméable



18 espèces potentielles  
testées expérimentalement

(disponible dans le  
commerce et de  
provenance locale pour le  
sud-est méditerranéen)

Climat Méditerranéen →  
AVIGNON

Climat maritime tempéré →  
HEVERLEE (Belgique)

Ombre ou plein soleil

3 types de substrats : 5, P5,  
P10

Technosol : Pouzzolane  
(recyclée), pierres calcaires  
concassées et compost.



► TAXONS

► Espèces annuelles



## ► TAXONS

- Chaméphytes
- Succulentes
- Géophytes



## ► SUIVIS

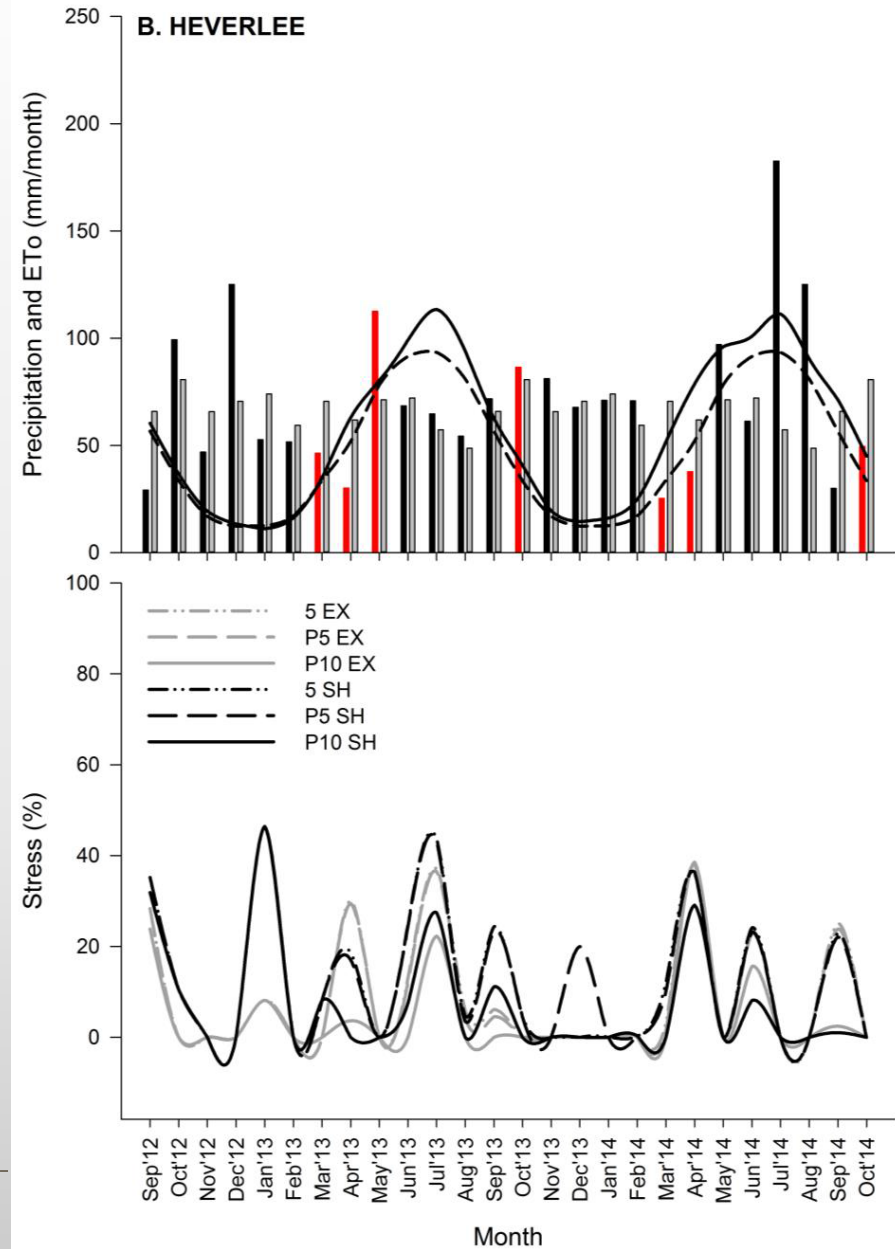
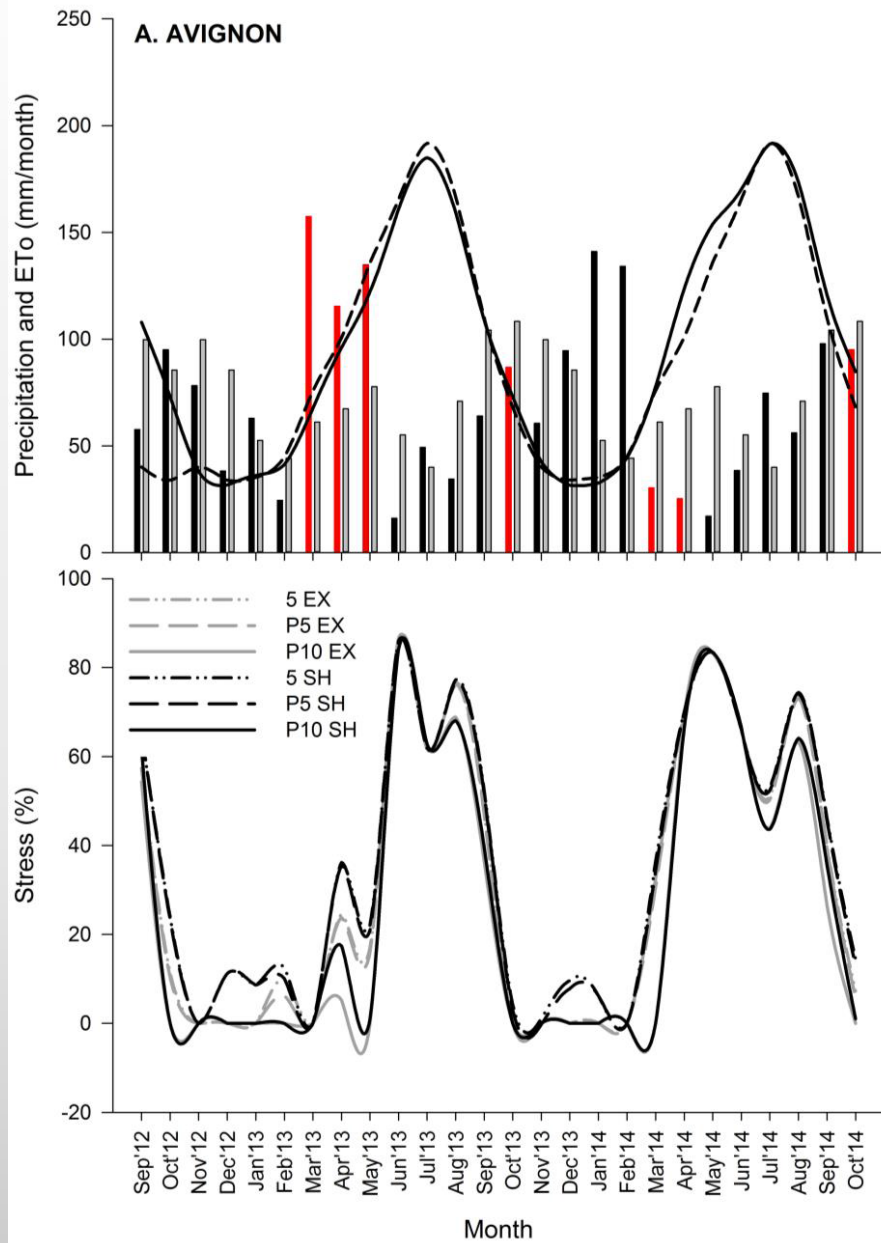


### Données météo

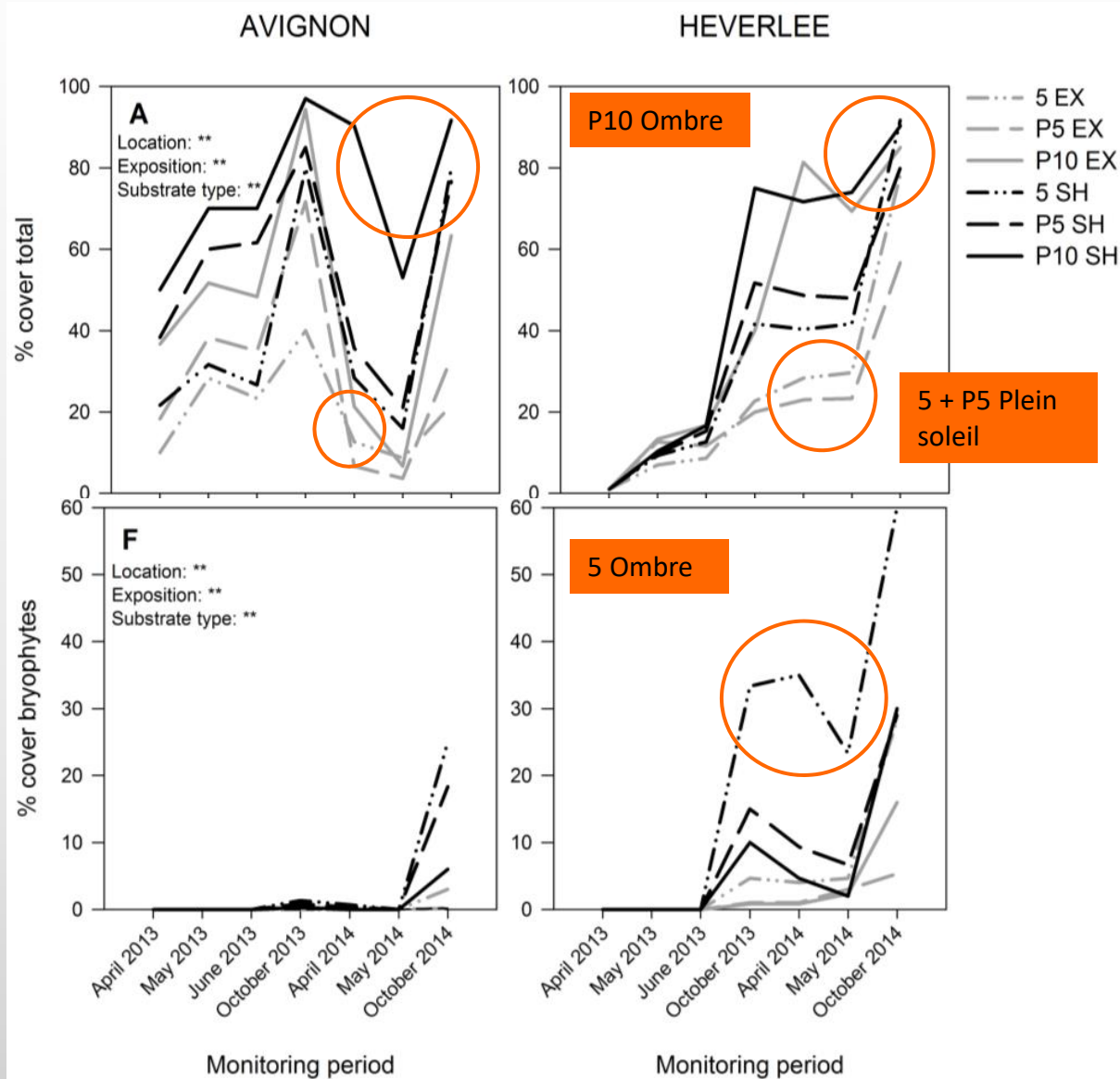
Suivi sur deux ans  
(octobre 2012 à 2015):

- 7 campagnes  
(printemps - automne)
- % recouvrement  
(Bryophytes)
- Abondances
- Richesse spécifique
- Colonisation spontanée  
de l'extérieur mais aussi  
vers extérieur !

# ► RESULTATS: METEO



## ▶ RESULTATS: % RECOUVREMENT



Effet temporel significatif

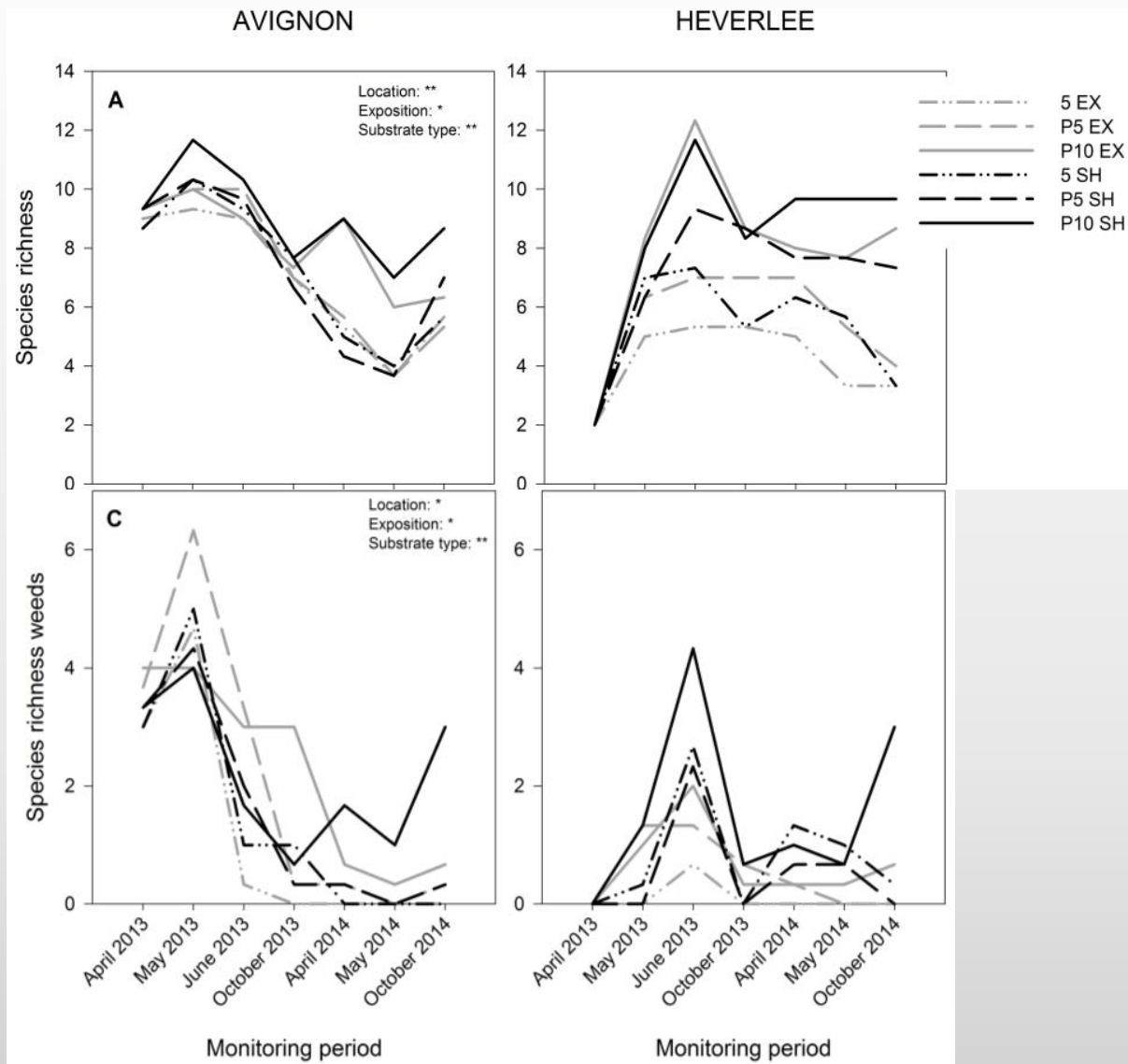
% recouvrement :

- Avignon > Heverlee
- Ombre > Plein soleil
- P10 > P5 et 5

% Bryophytes:

- Heverlee > Avignon
- Ombre > Plein Soleil
- 5 et P5 > P10 !

## ▶ RESULTATS : RICHESSE SPECIFIQUE



Avignon > Heverlee  
(Espèces introduites et spontanées)

Ombre > Plein soleil  
(espèces introduites seulement)

P10 > P5 > 5 (espèces introduites)

P10 > P5 and 5 (espèces spontanées)

33 espèces spontanées

→ 23 Avignon

→ 20 Heverlee

Espèces rudérales,  
exotiques, ligneuses

## ► CONCLUSIONS PRINCIPALES

ADVISED	
AVIGNON	HEVERLEE
<i>Sedum album</i>	<i>Sedum album</i>
<i>Sedum acre</i>	<i>Sedum acre</i>
<i>Lagurus ovatus</i>	<i>Allium sphaerocephalon</i>
<i>Allium sphaerocephalon</i>	<i>Euphorbia cyparissias</i>
<i>Alyssum alyssoides*</i>	<i>Alyssum alyssoides*</i>
<i>Lobularia maritima*</i>	<i>Lobularia maritima*</i>
<i>Silene conica*</i>	<i>Silene conica*</i>
<i>Iris lutescens*</i>	<i>Iris lutescens*</i>
<i>Linum bienne*</i>	<i>Dianthus superbus*</i>
	<i>Sideritis hyssopifolia*</i>
	<i>Linum bienne*</i>
	<i>Erophila verna*</i>
(*: not yet used on green roofs)	<i>Petrorhagia prolifera*</i>

VAN MECHELEN C., DUTOIT T., HERMY M. 2015. Vegetation development on different extensive green roof types in a Mediterranean and temperate maritime climate. *Ecological Engineering* 82: 571-582.

-A court terme :

-Dans tous les cas, régénération de la végétation semée (annuelles) après sécheresse estivale même précoce.

-- Pas besoin d'irrigation et même de couche de rétention.

-- Pas d'envahissement par des espèces spontanées (exotiques, rudérales, horticoles).

Mais...

...pas de prédiction possible des trajectoires futures même sur le moyen terme pour l'instant...

# PERSPECTIVES

---

- ▶ Continuer les suivis de la communauté et des différentes populations (introduites et spontanées).
- ▶ Etendre les surfaces traitées à un niveau plus opérationnel (éviter effet fonctionnement en petites populations).
- ▶ Etudier la banque de graines , les paramètres physico-chimiques des technosols et leur activité biologique (macro et mésofaune, matière organique, activité microbienne, etc.)
- ▶ Suivre d'autres composantes de la biodiversité : insectes sur végétation épigée.



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

► Financeurs et partenaires

