

Gestion basée sur la modélisation des macrophytes dans les lacs peu profonds face au réchauffement

Rainer F. WUNDERLICH

Vincent BERTRIN

Sebastien BOUTRY

Maha HOSNI

Aurélien JAMONEAU



❖ Contexte & objectifs

Contenu

❖ Contexte & objectifs

❖ Méthodes

Contenu

- ❖ Contexte & objectifs
- ❖ Méthodes
- ❖ Résultats

Contenu

- ❖ Contexte & objectifs
- ❖ Méthodes
- ❖ Résultats
- ❖ Conclusions & perspectives

Contexte & objectifs

- ❖ Dégradation/perte d'habitat, changements d'aire de répartition & modification de la composition de la communautés

Contexte & objectifs

- ❖ Dégradation/perte d'habitat, changements d'aire de répartition & modification de la composition de la communautés
 - ↳ Changements climatiques et d'utilisation des terres
 - ↳ Impacts anthropiques directs

Contexte & objectifs

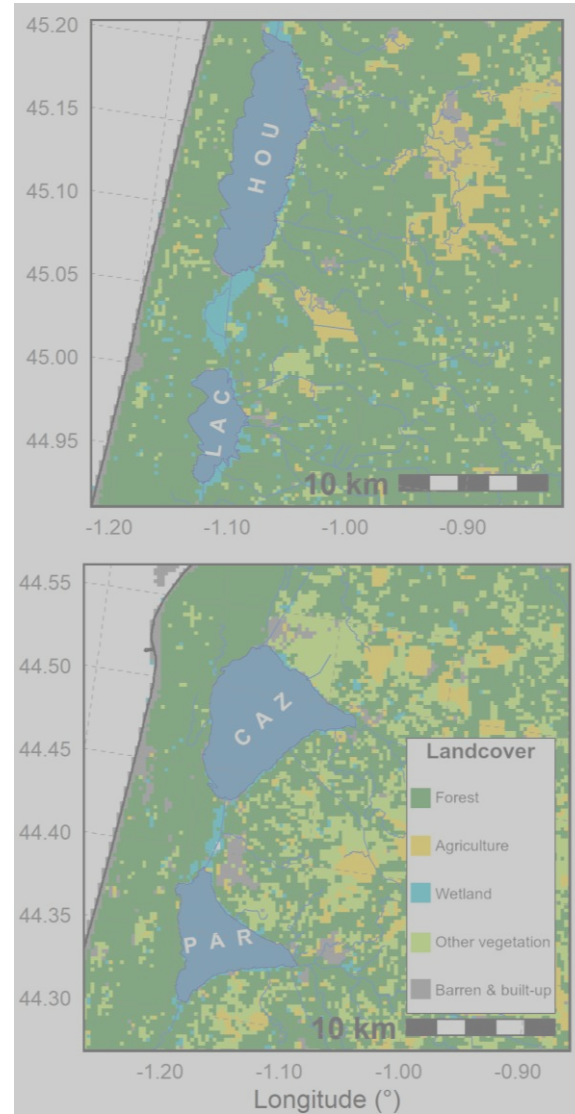
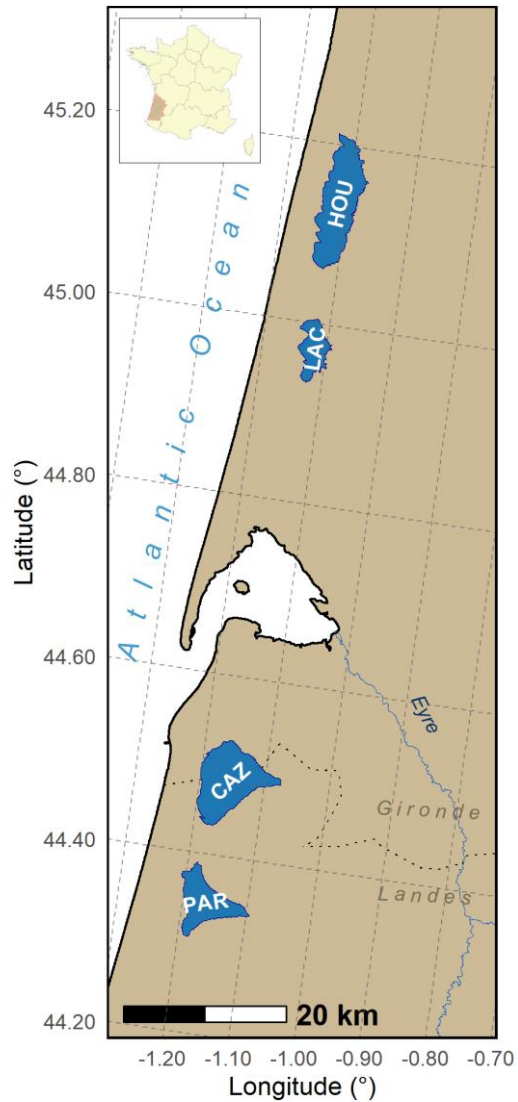
- ❖ Dégradation/perte d'habitat, changements d'aire de répartition & modification de la composition de la communautés
 - ↳ Changements climatiques et d'utilisation des terres
 - ↳ Impacts anthropiques directs
- ❖ Meilleure compréhension de la répartition actuelle



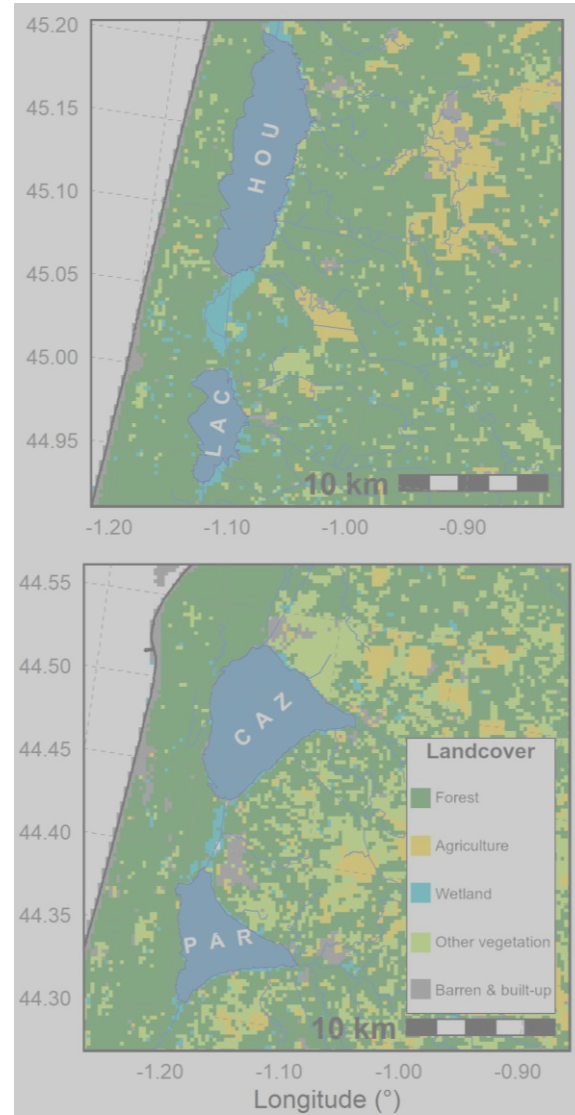
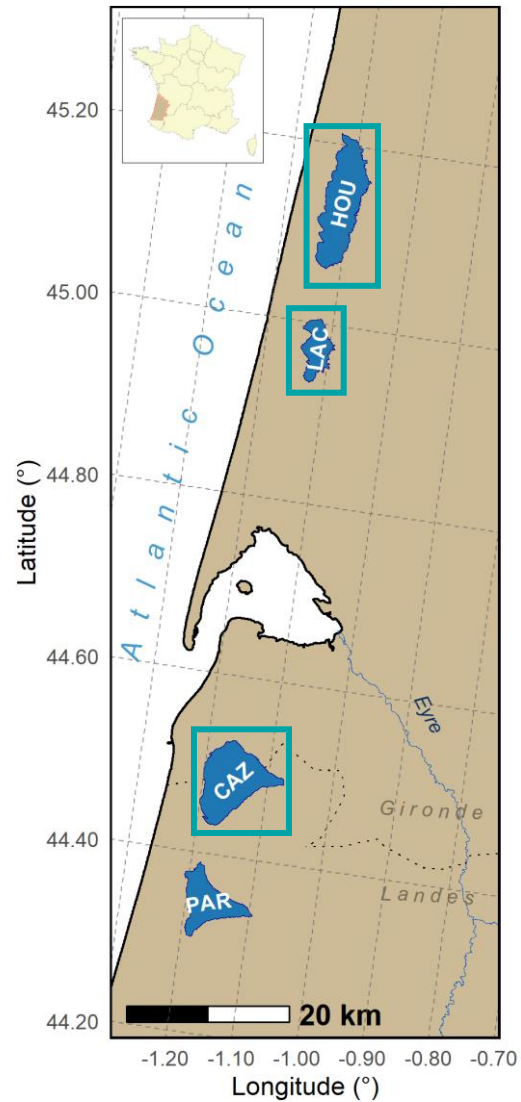
Contexte & objectifs

- ❖ Dégradation/perte d'habitat, changements d'aire de répartition & modification de la composition de la communautés
 - ↳ Changements climatiques et d'utilisation des terres
 - ↳ Impacts anthropiques directs
- ❖ Meilleure compréhension de la répartition actuelle
 - ↳ Interactions entre espèces
 - ↳ Prédiction face au réchauffement
 - ↳ Zones sensibles pour la conservation et le suivi

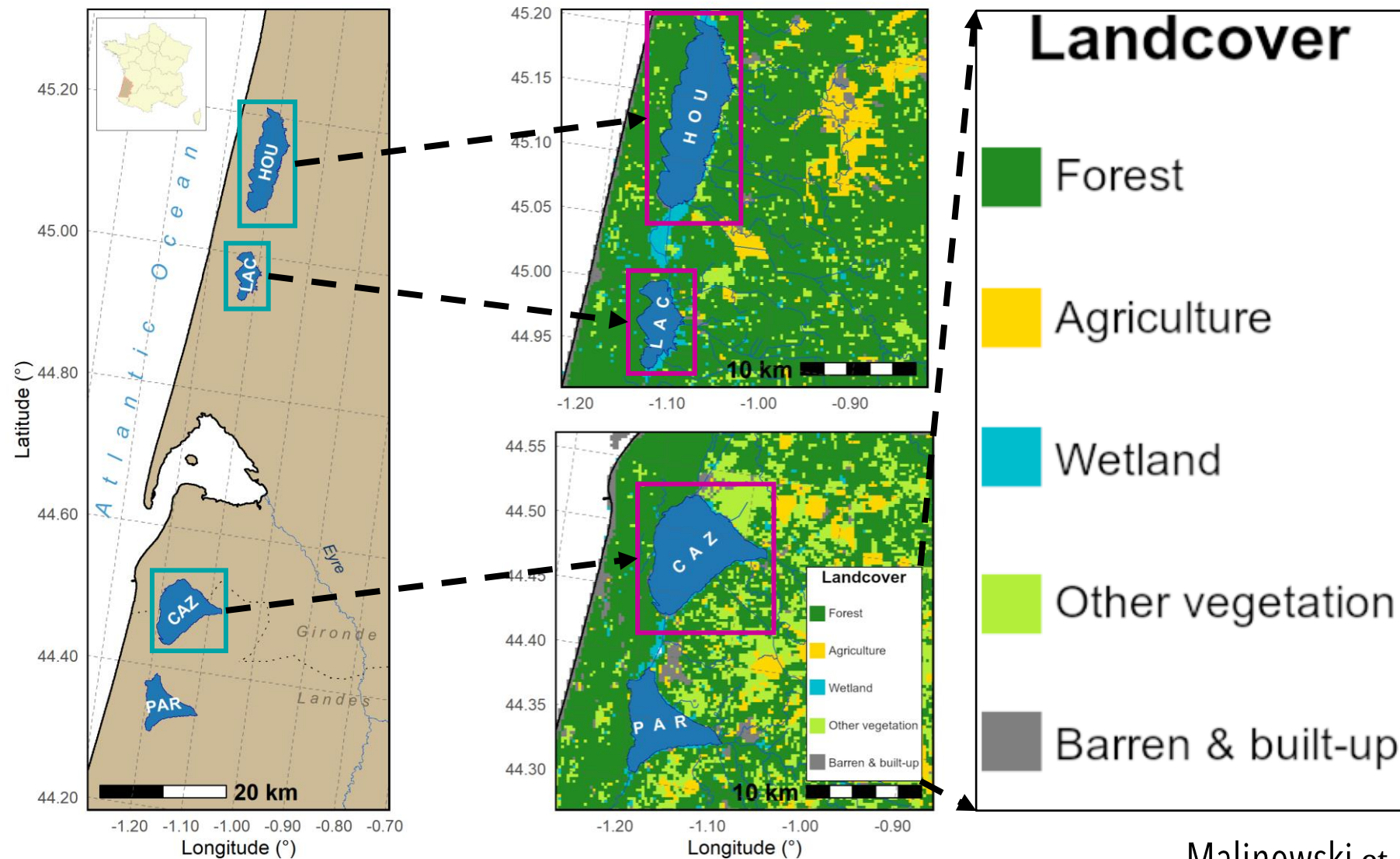
Méthodes Zone d'étude



Méthodes Zone d'étude



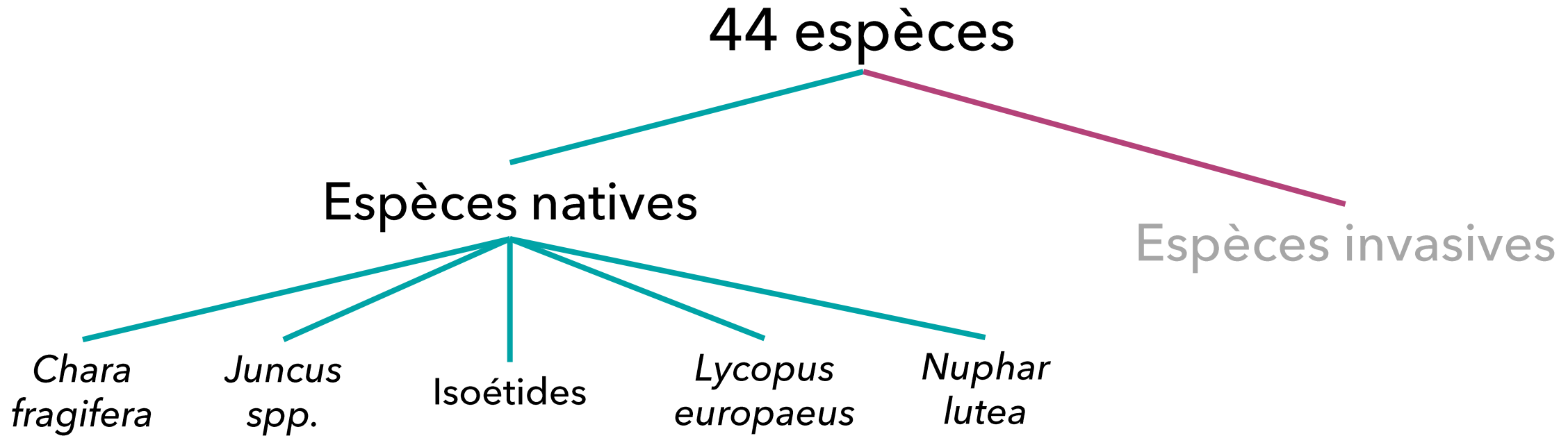
Méthodes Zone d'étude

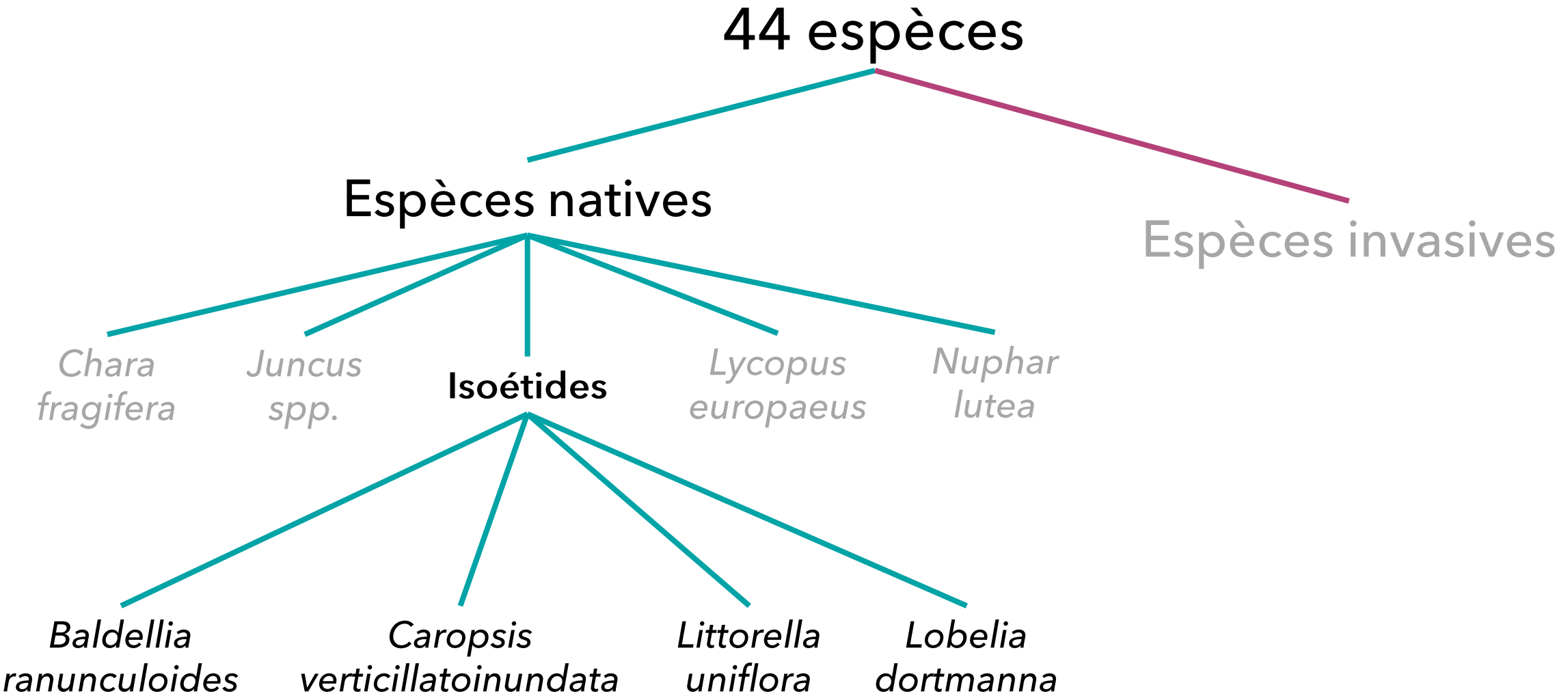


Malinowski et al., 2020

44 espèces

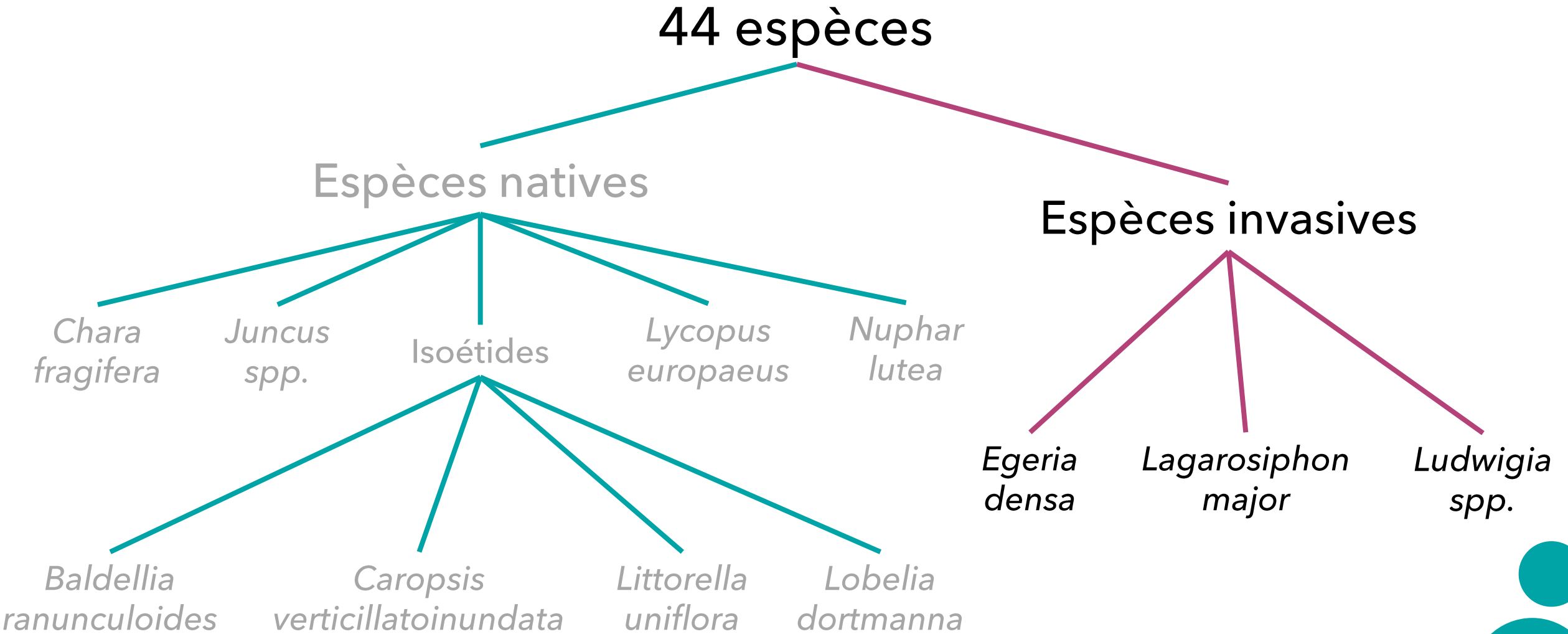






Méthodes

Espèces étudiées



Méthodes Workflow

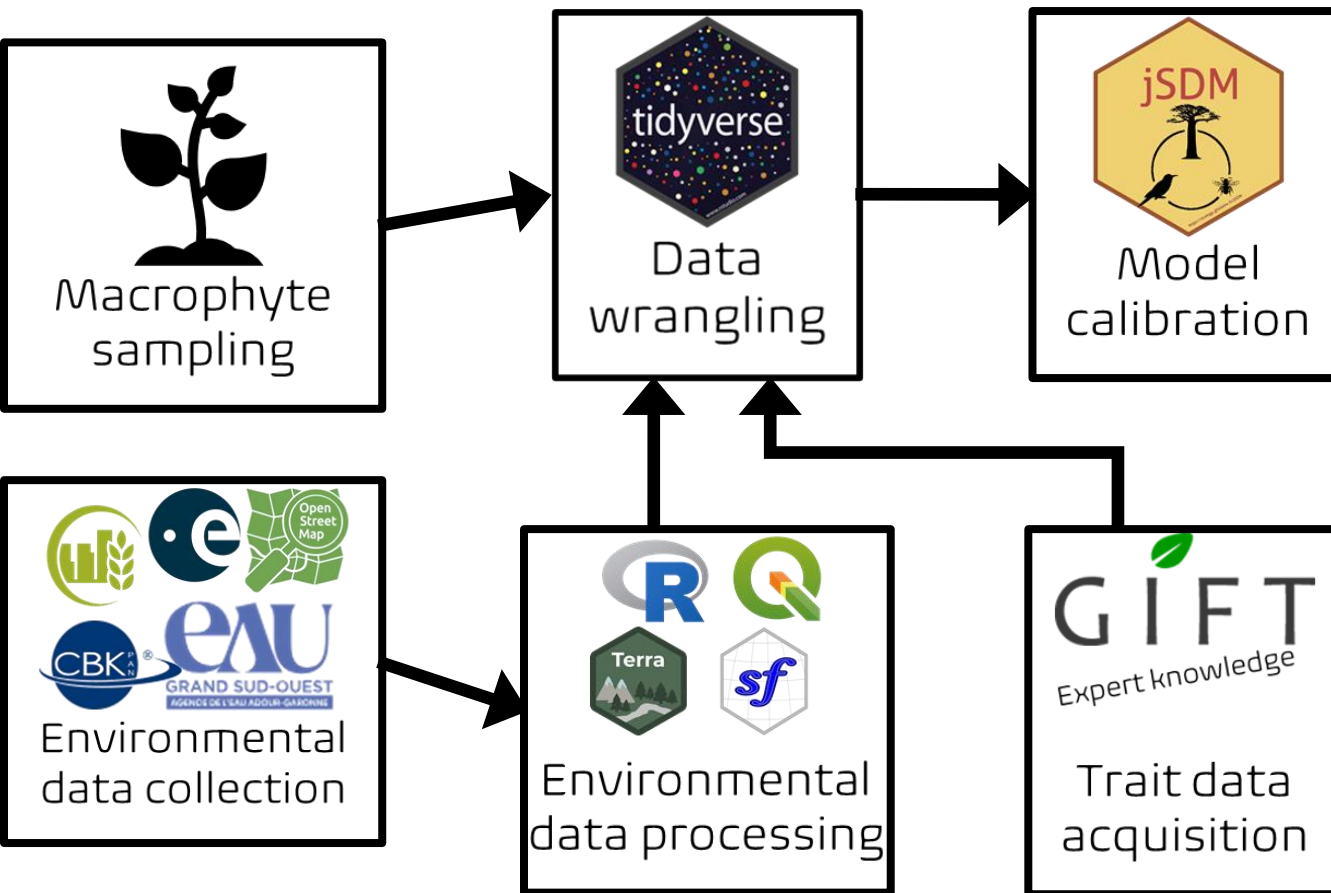


Macrophyte
sampling

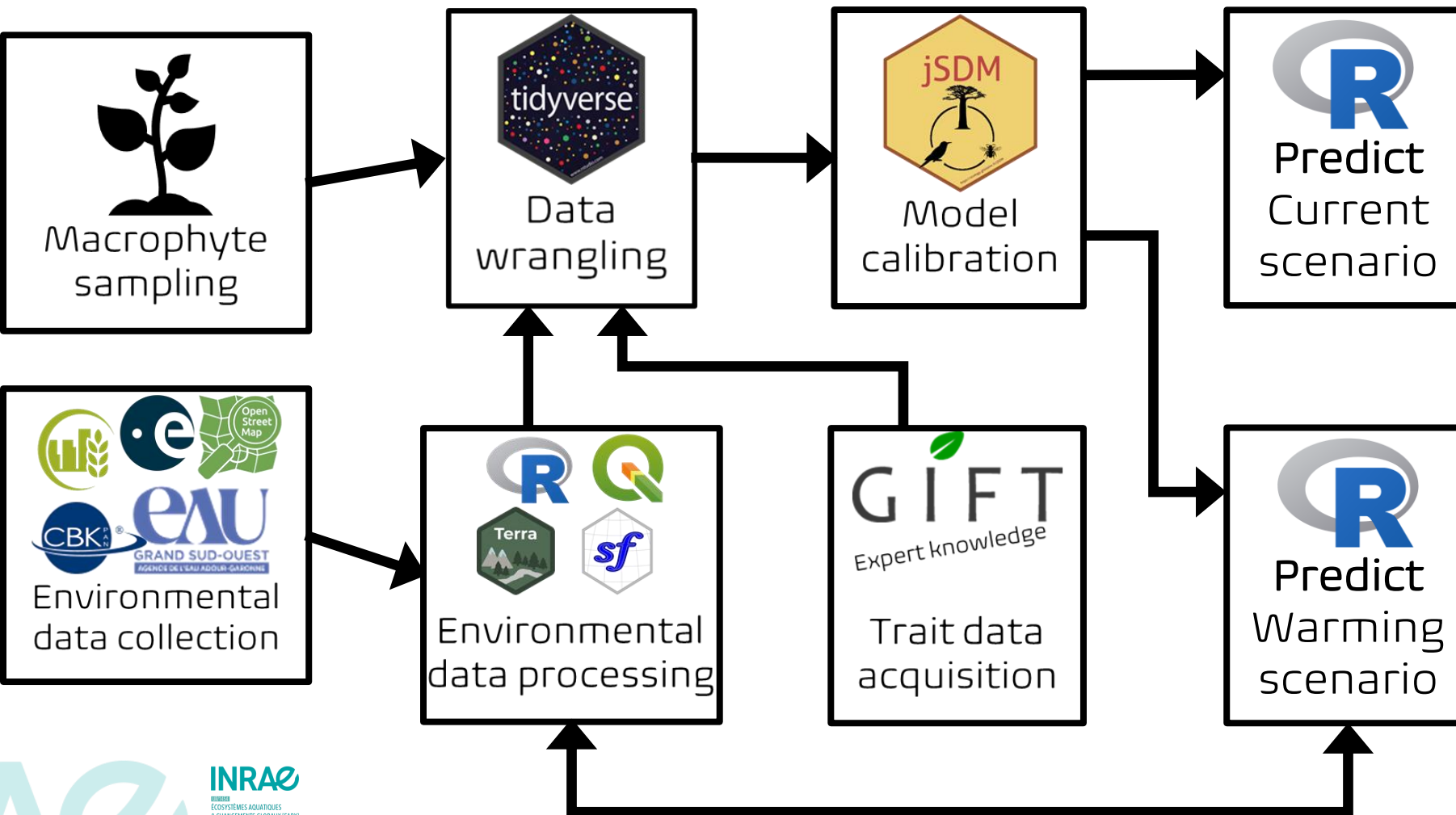


Environmental
data collection

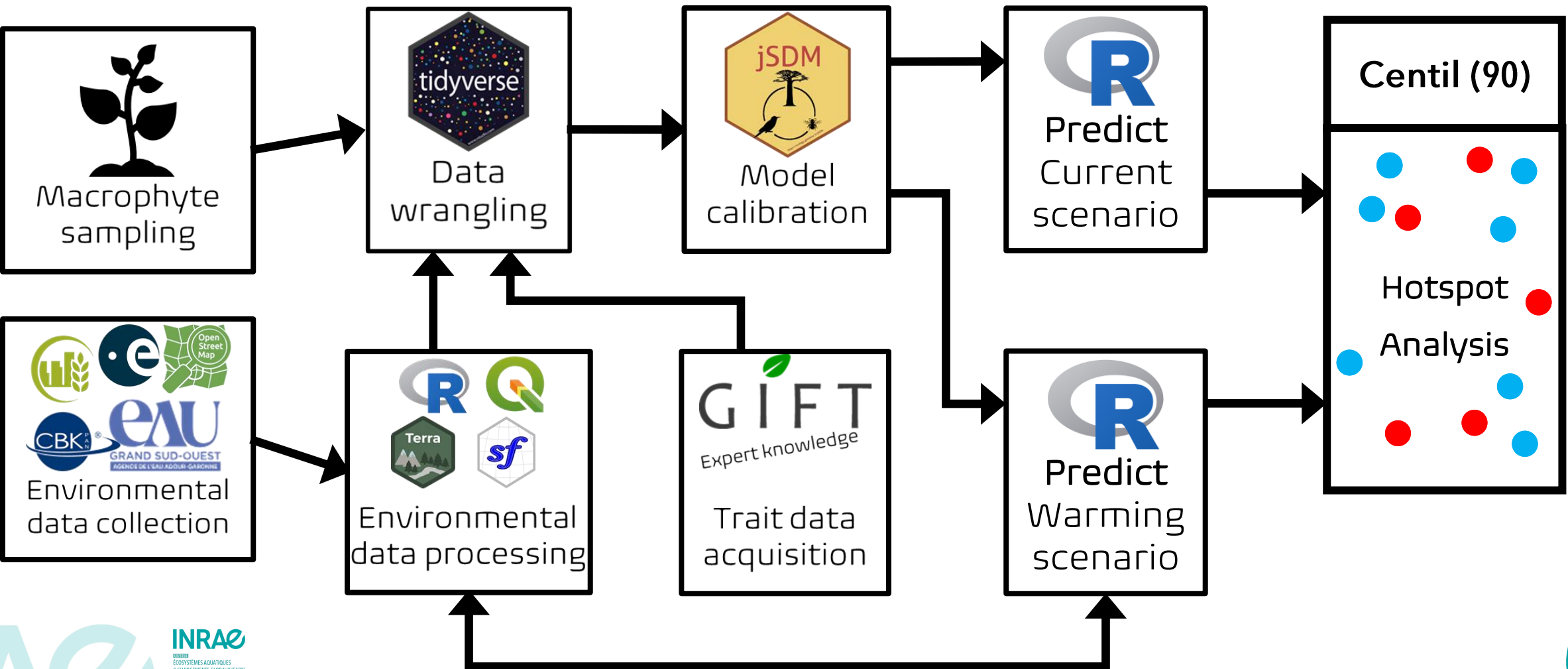
Méthodes Workflow



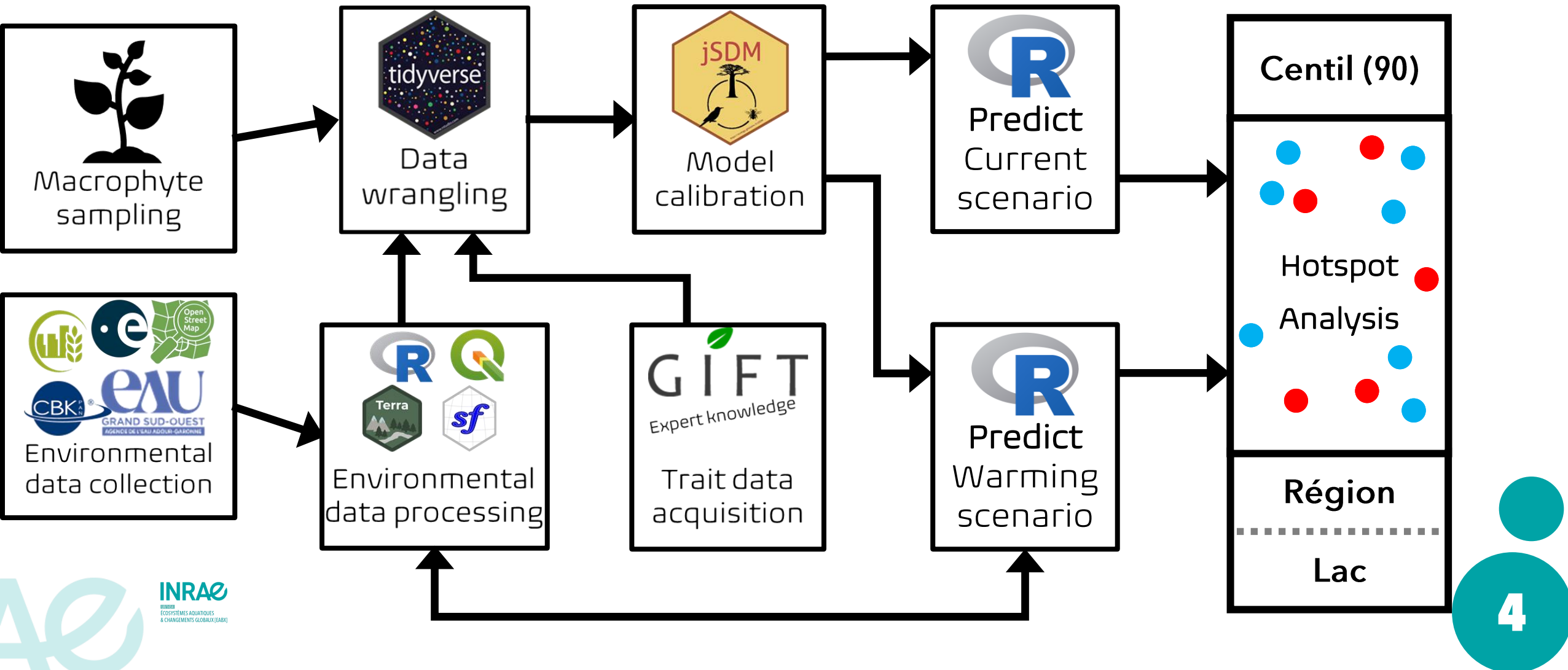
Méthodes Workflow



Méthodes Workflow



Méthodes Workflow



Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	?	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	?	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	?	?
90e Centile						?

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	?	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	?	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	?	?
90e Centile						?

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	<u>0.61</u>	0.59	0.61	?
2	0.64	0.67	0.62	<u>0.68</u>	0.68	?
3	<u>0.76</u>	0.61	0.63	0.65	0.76	?
90e Centile						?

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	?
90e Centile						?

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	?
90e Centile						?



Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	?
90e Centile					0.744	

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	?
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	?
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	?
90e Centile						0.744

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile					0.744	

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile					0.744	

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile					0.610	

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile					0.744	

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	<u>0.57</u>	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	<u>0.62</u>	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	<u>0.67</u>	0.67	1
90e Centile					0.610	

$$0 + \textit{Current} + 2 * \textit{Future}$$

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile					0.744	

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile					0.610	

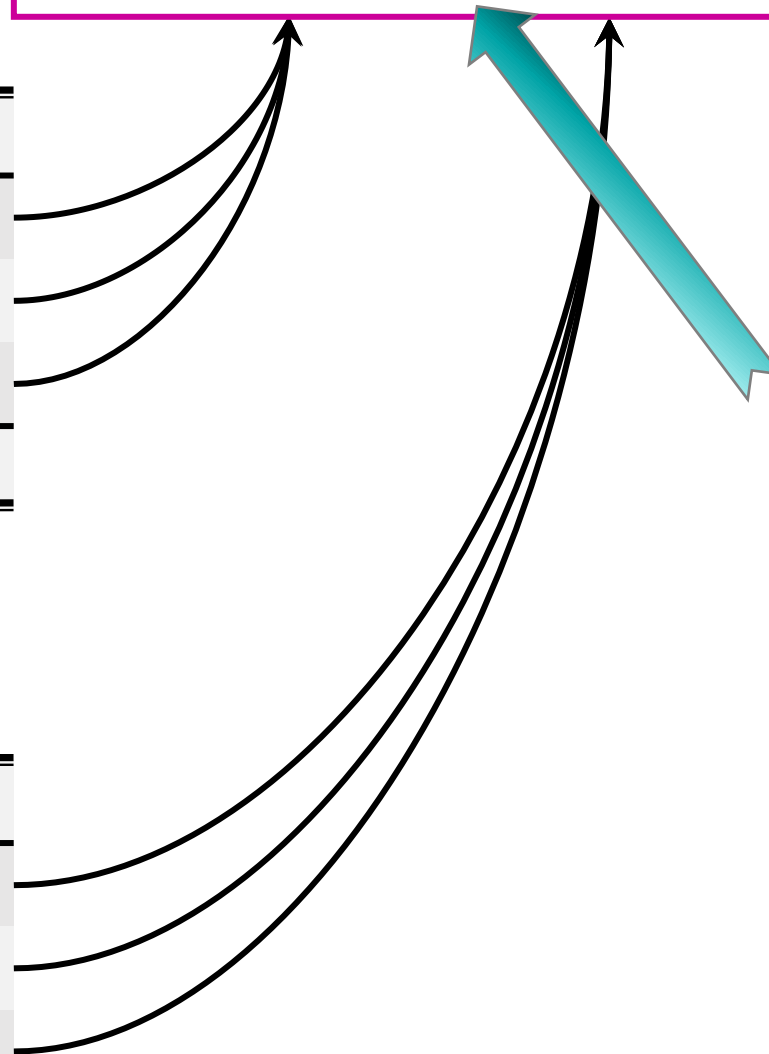
Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile						0.744

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile						0.610

$$0 + \text{Current} + 2 * \text{Future}$$



Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile						0.744

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile						0.610

$$0 + \text{Current} + 2 * \text{Future}$$

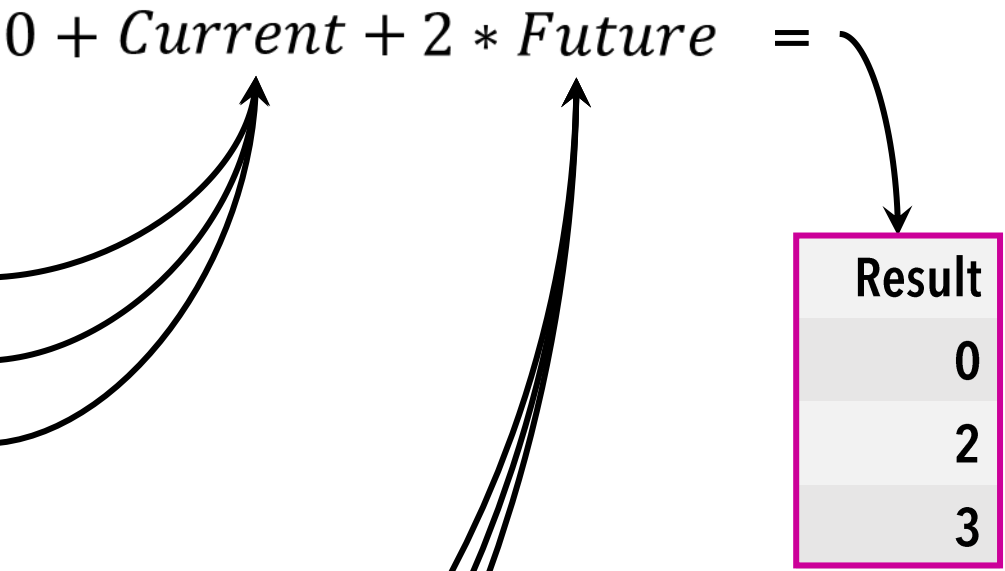
Differentiate between the present and future

Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile						0.744

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile						0.610



Current conditions

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.55	0.57	0.61	0.59	0.61	0
2	0.64	0.67	0.62	0.68	0.68	0
3	0.76	0.61	0.63	0.65	0.76	1
90e Centile						0.744

Future – 2°C warming scenario

Site	Sp 1	Sp 2	Sp 3	Sp 4	max	ZS
1	0.51	0.56	0.57	0.54	0.57	0
2	0.61	0.59	0.61	0.62	0.62	1
3	0.63	0.65	0.62	0.67	0.67	1
90e Centile						0.610

$0 + \textit{Current} + 2 * \textit{Future} =$

Result
0
2
3

- Low priority 0
- Conservation & restoration 1
- Conservation of future habitat 2
- Conservation of climate refugia 3

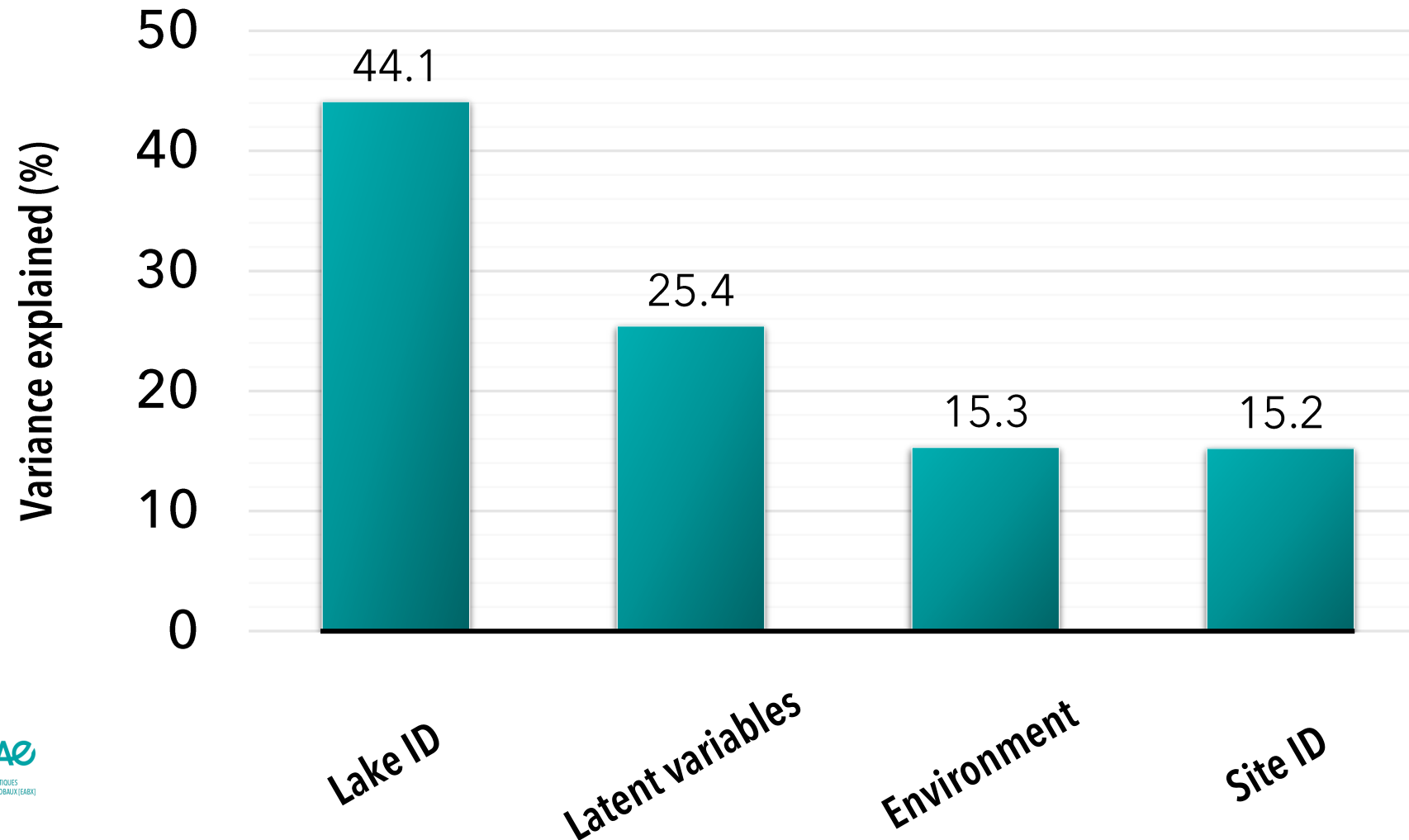
Résultats Performance du modèle

Statistique	AUC (0:1)	SEDI (-1:1)	SPE (0:1)
Moyenne	0.954 V	0.910 V	0.877 V
Espéré	0.700	0.400	0.700

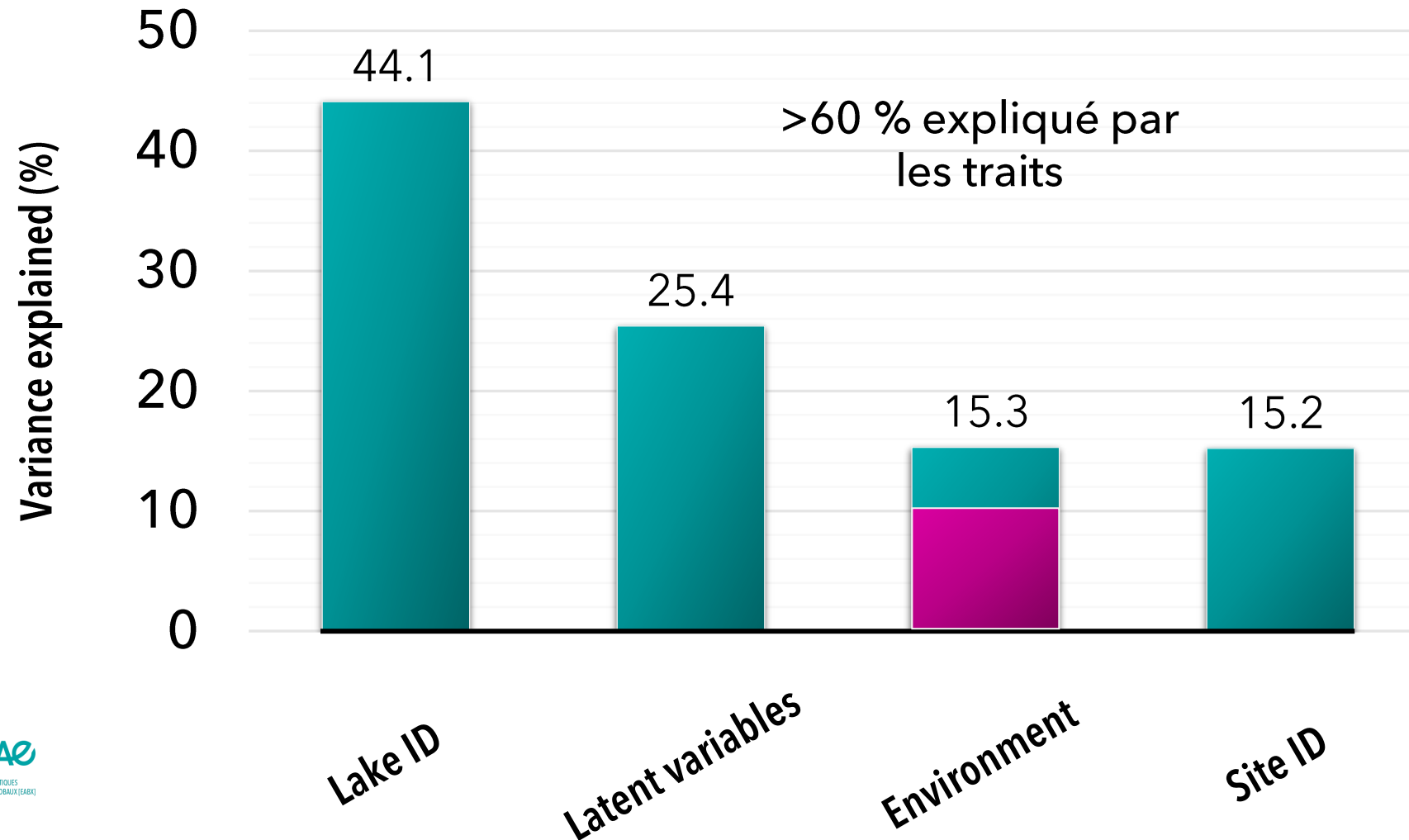
Résultats Performance du modèle

Statistique	AUC (0:1)	SEDI (-1:1)	SPE (0:1)
Moyenne	0.954	0.910	0.877
Minimum	0.847	0.720	0.737
Espéré	0.700	0.400	0.700

Résultats Partitionnement de variance



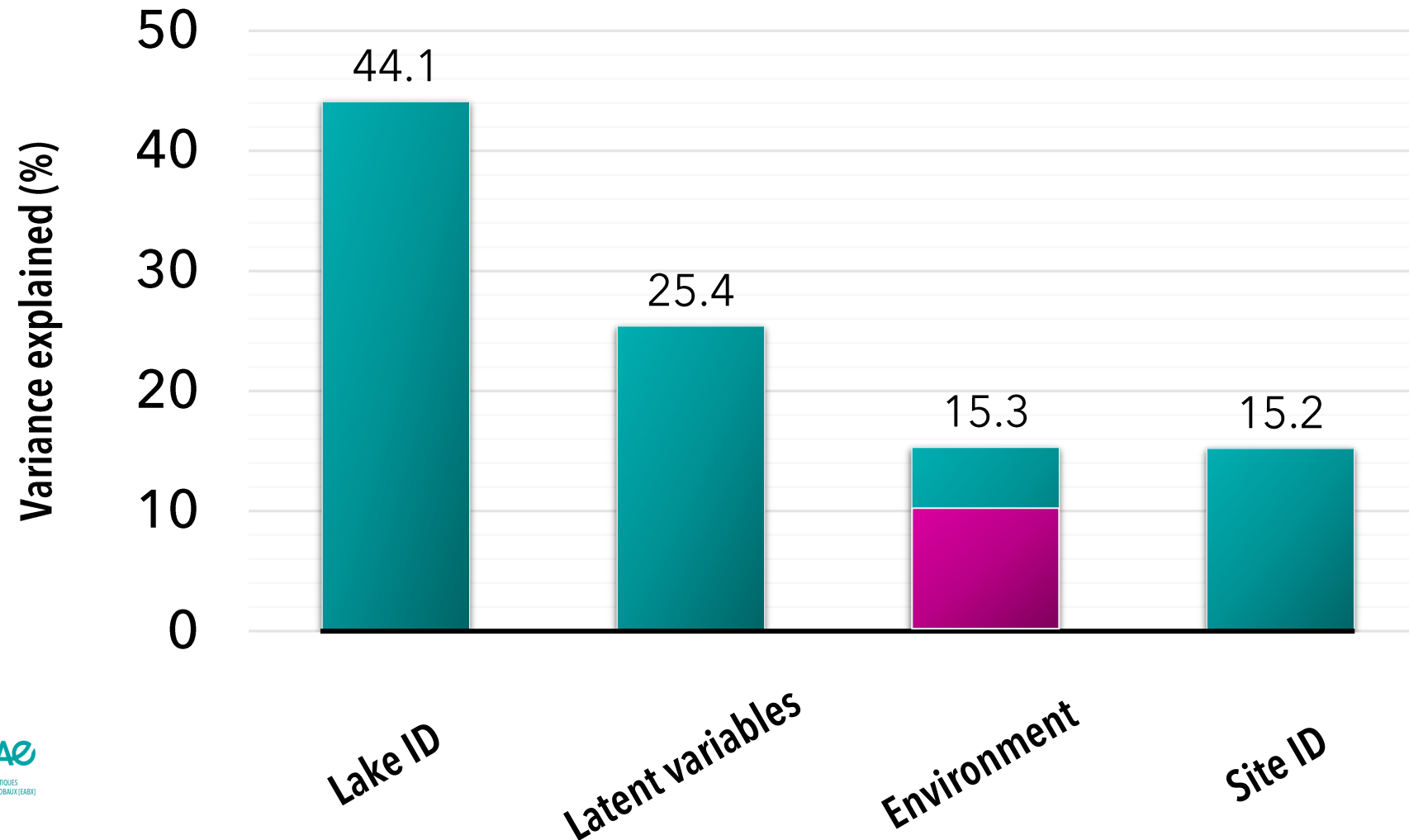
Résultats Partitionnement de variance



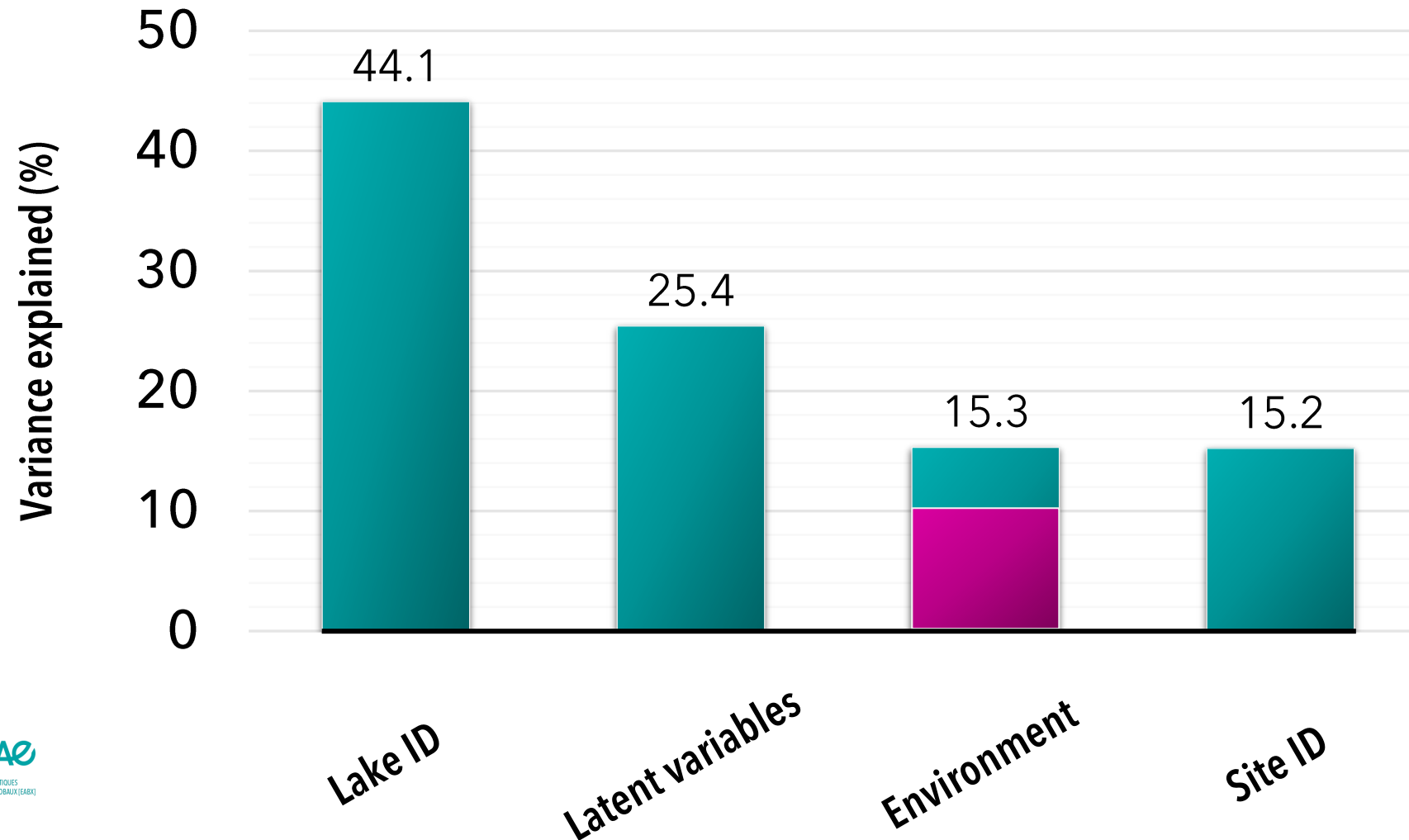
Forme de croissance
elodeid forbid isoetid
myriophyllid nymphid
peploid

Aquaticité
1 - 5

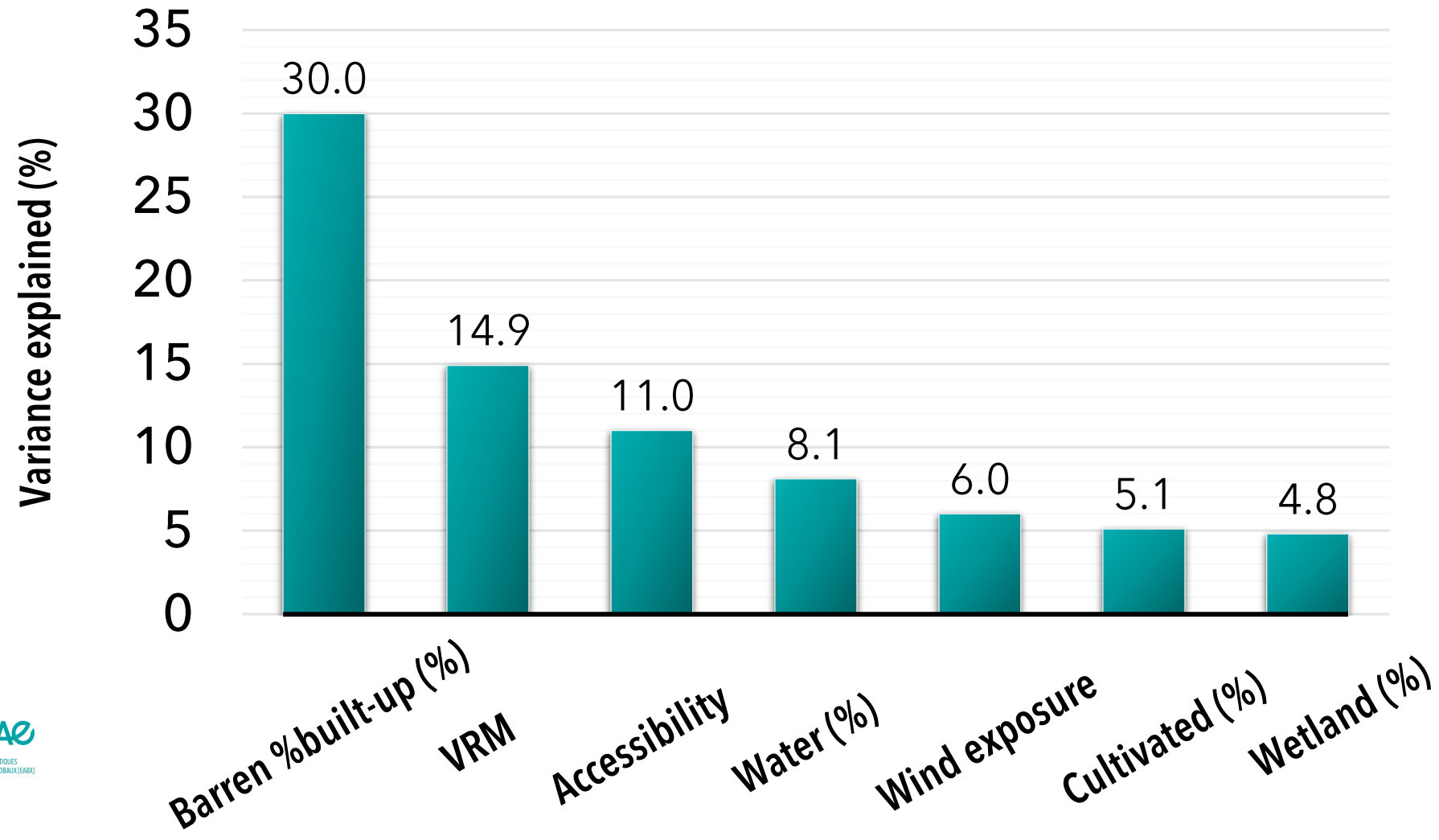
Dispersion des graines
insect water wind



La variance expliquée par l'environnement est généralement plus élevée pour les espèces natives que pour les espèces invasives.

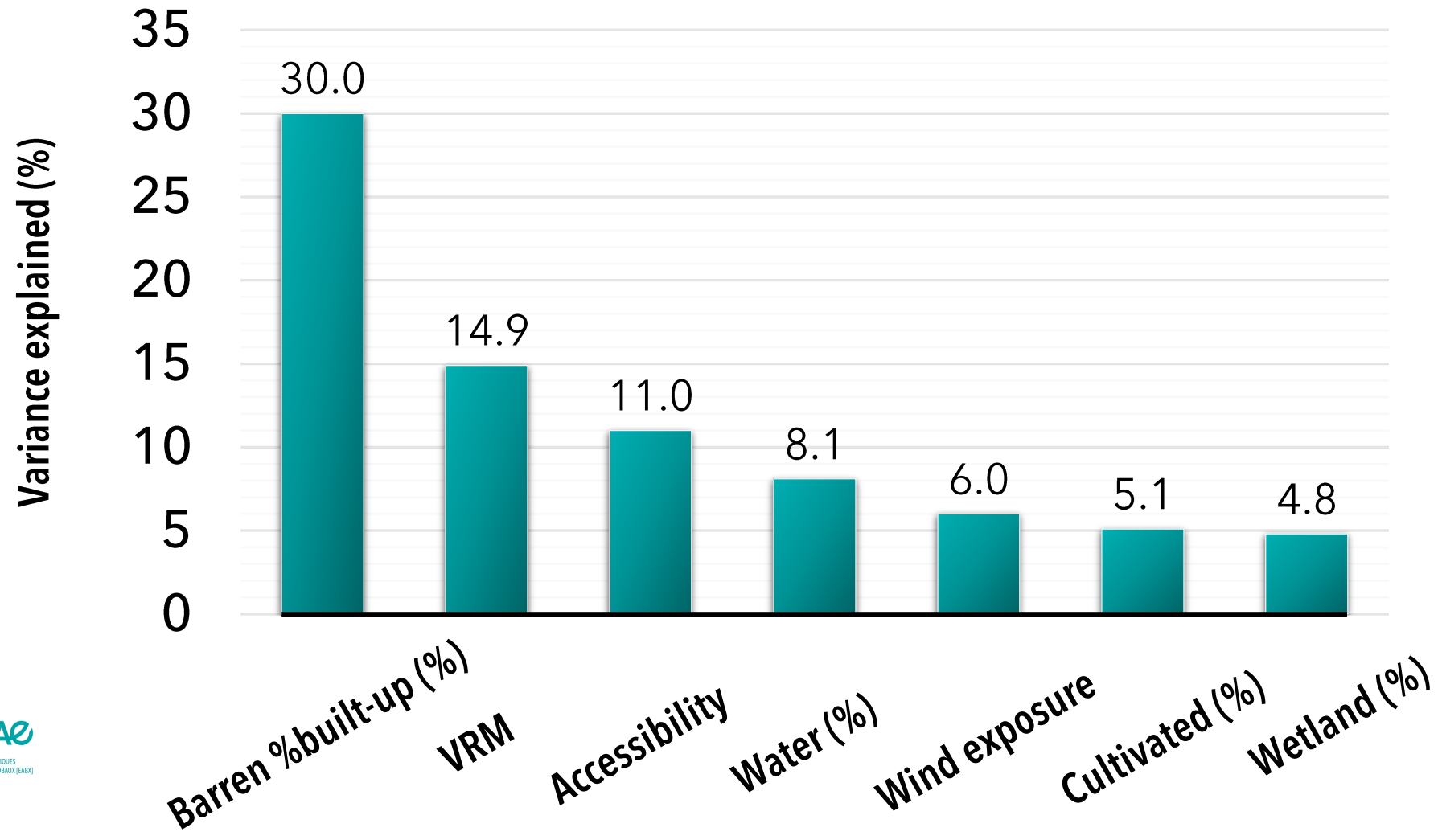


Résultats Importance des variables

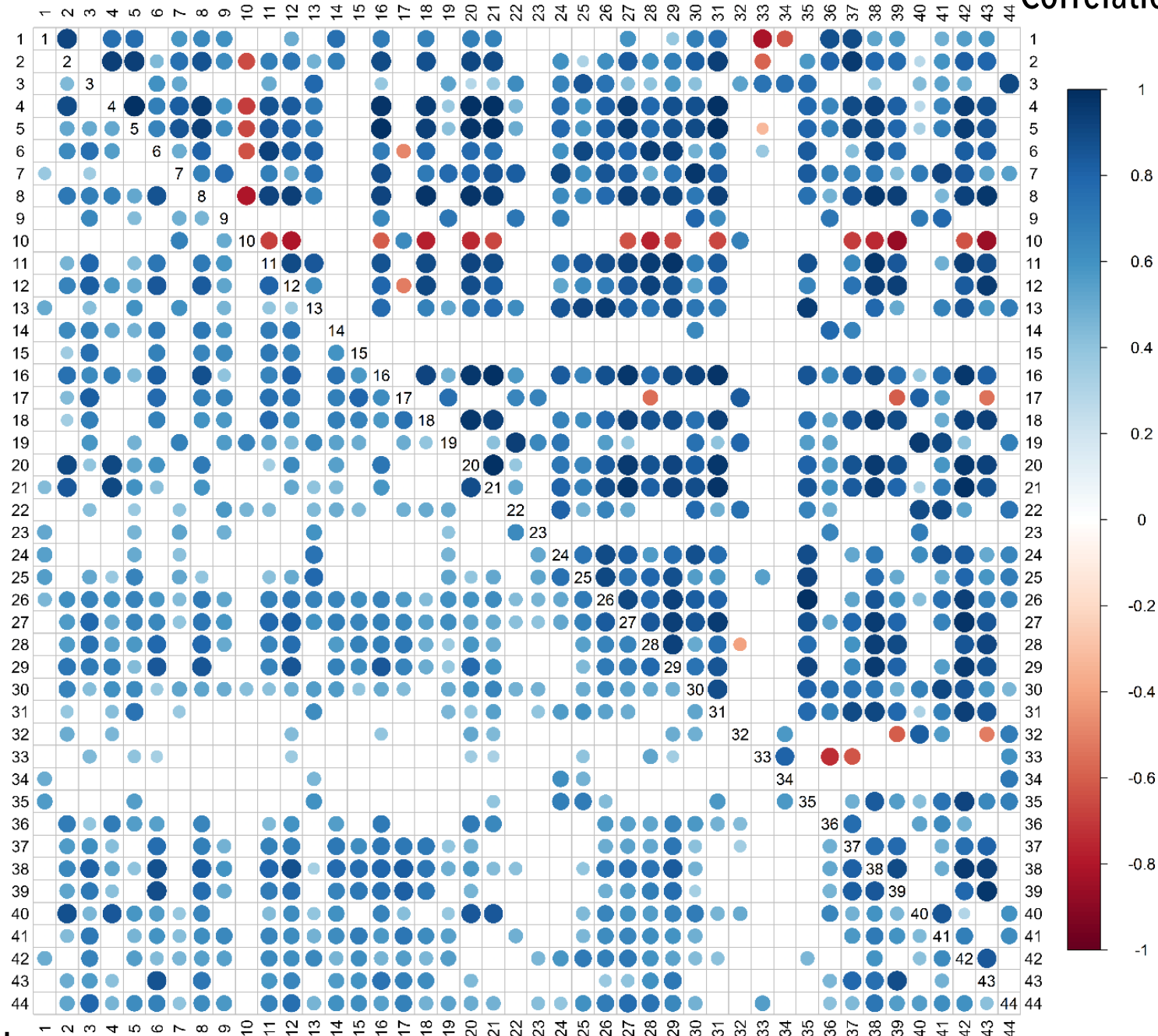


Résultats Importance des variables

Variation selon les espèces ! Il y a 7 autres variables (dont une interaction).
Isoétides & invasives montrent souvent des réponses opposées (à l'accessibilité).

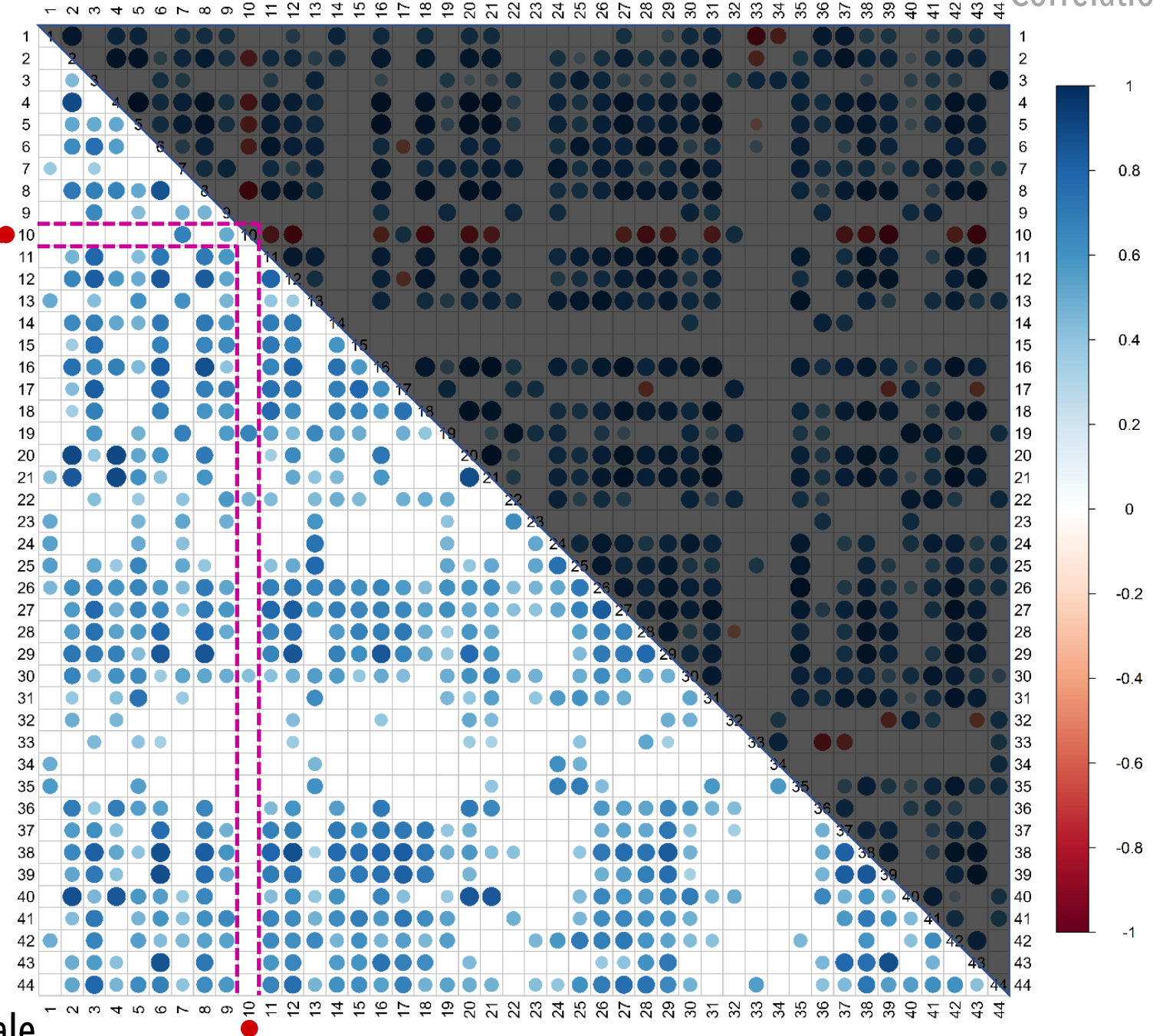


Corrélation résiduelle

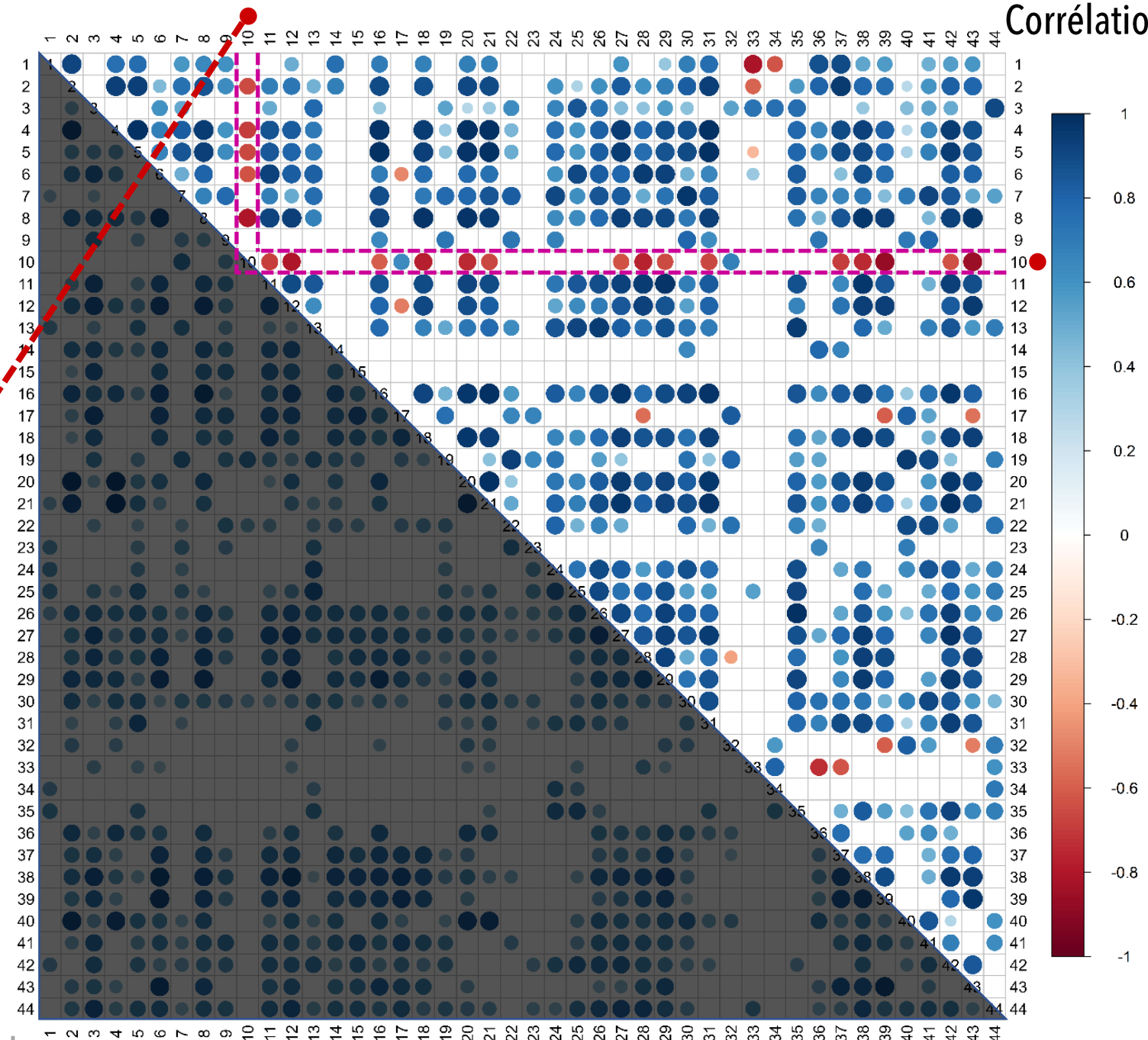


Corrélation environnementale

Egeria densa



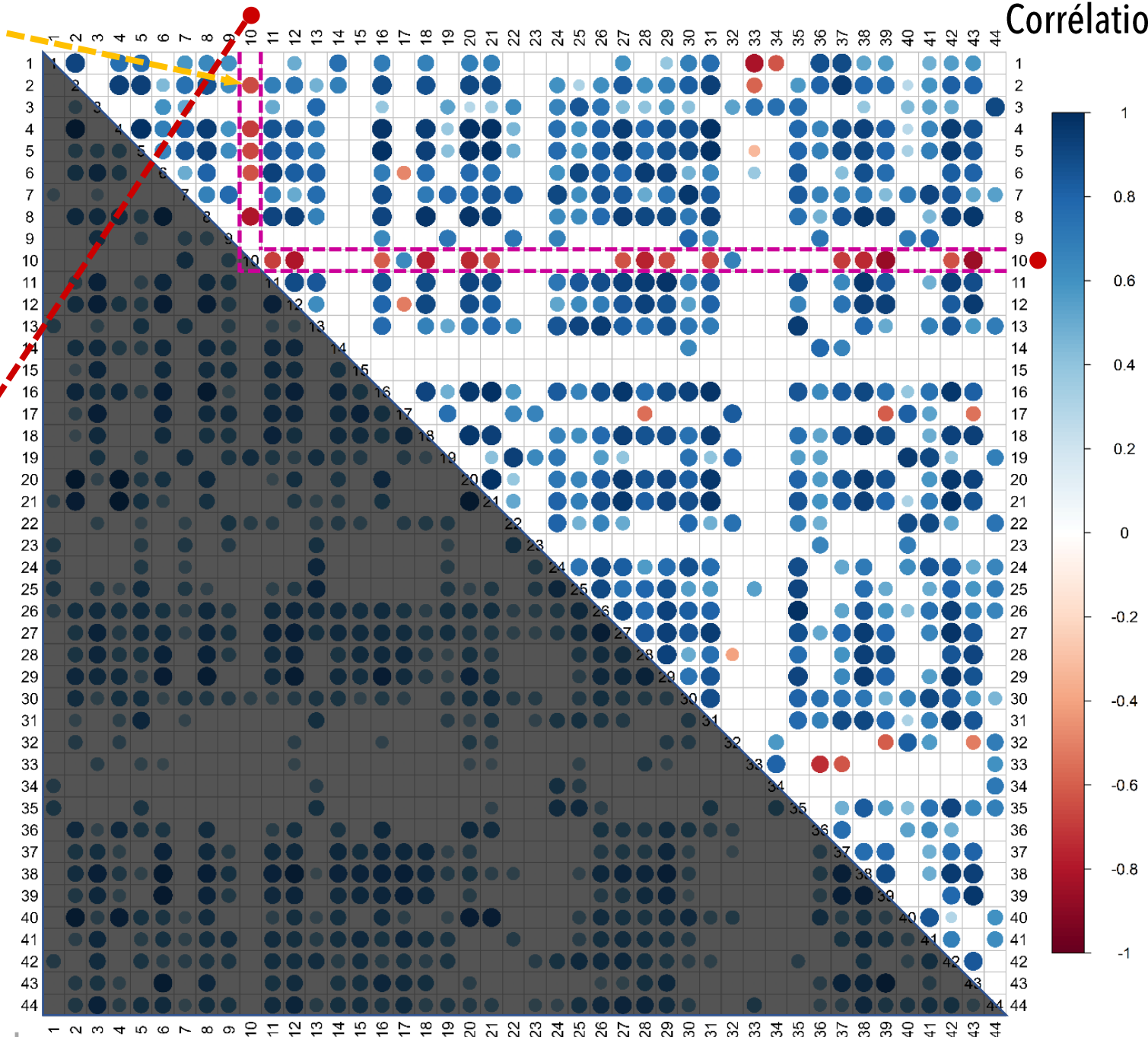
Egeria densa



B. ranunculoides

Corrélation résiduelle

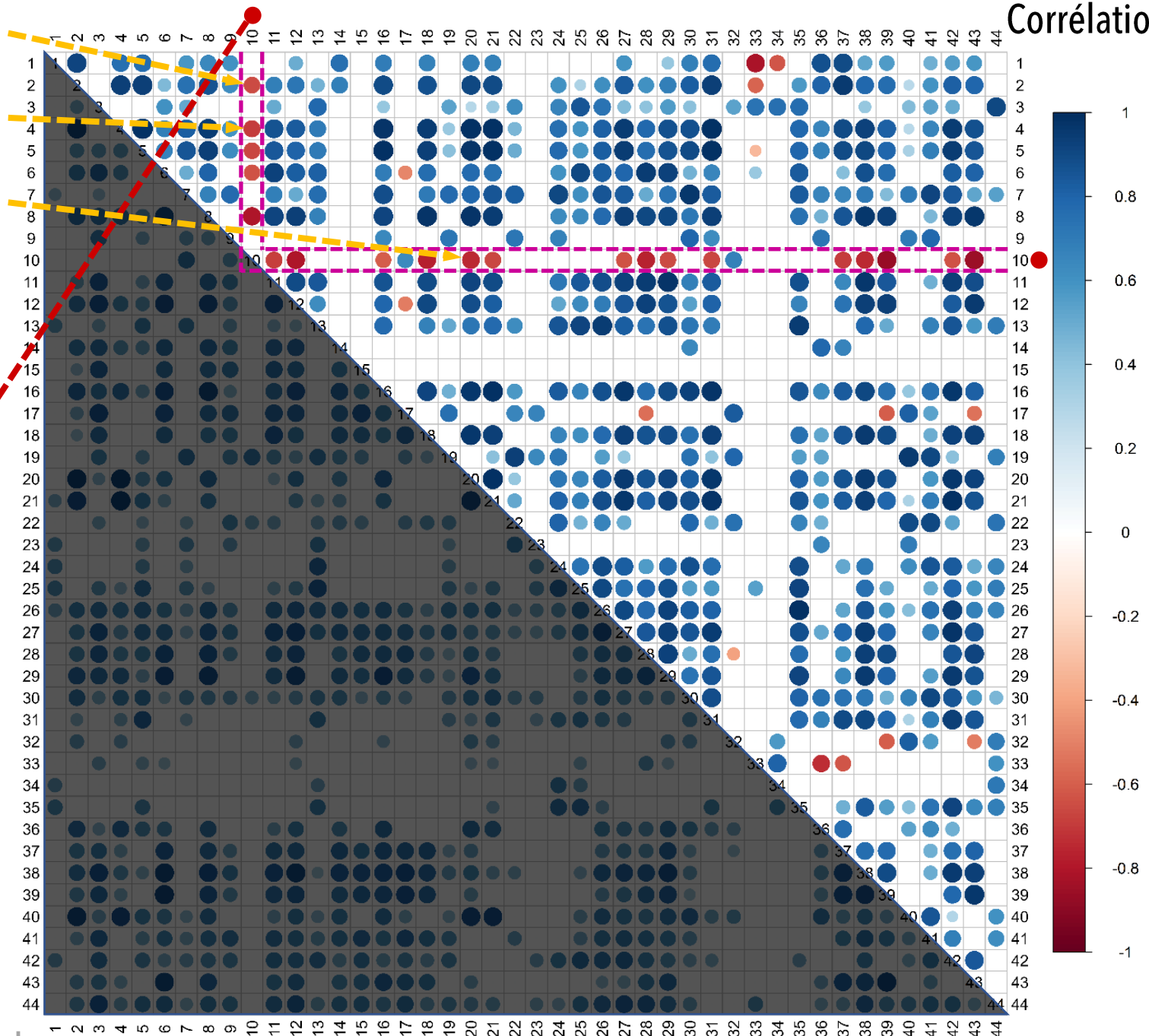
Egeria densa



B. ranunculoides
C. verticillatoinundata
L. uniflora

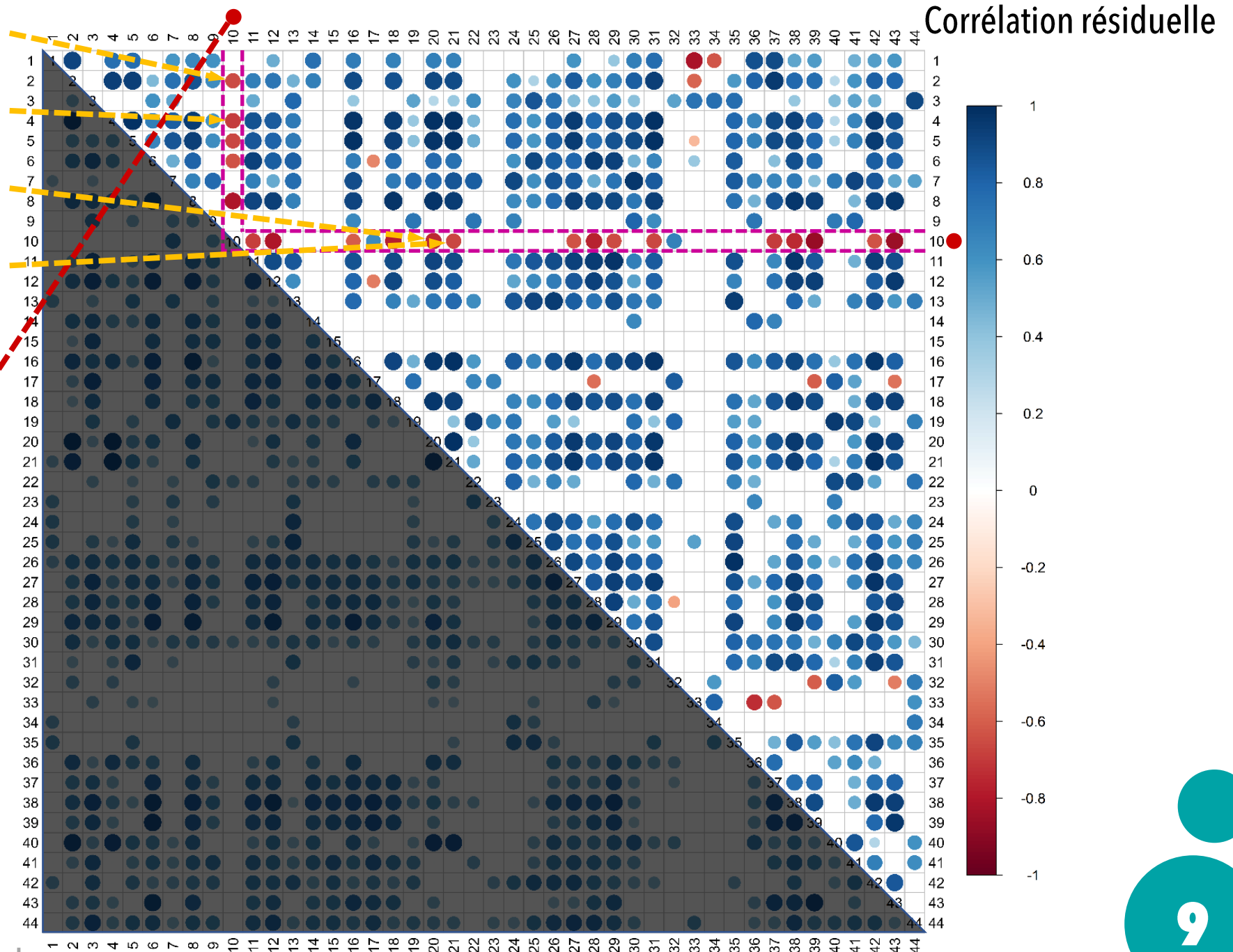
Egeria densa

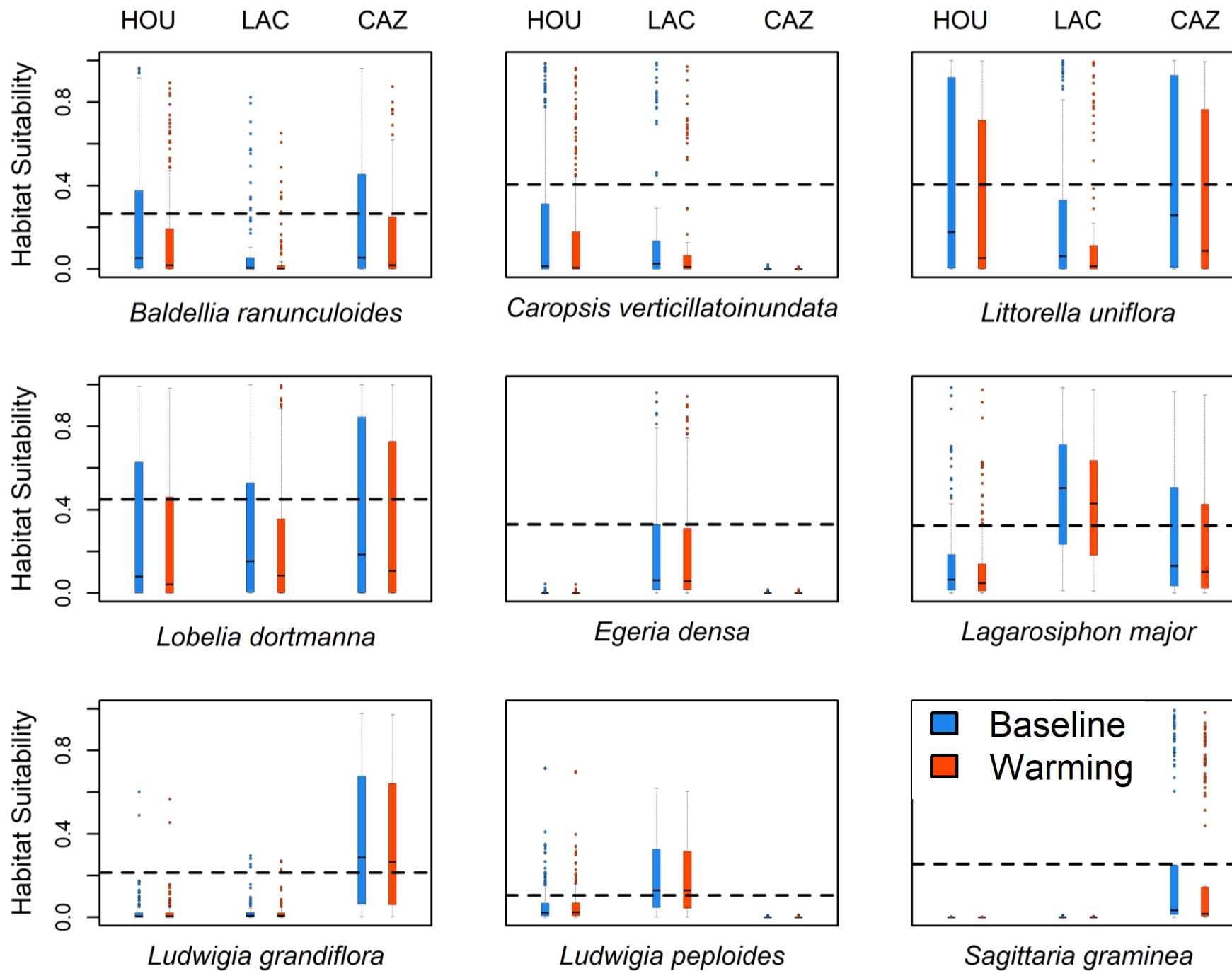
Corrélation résiduelle

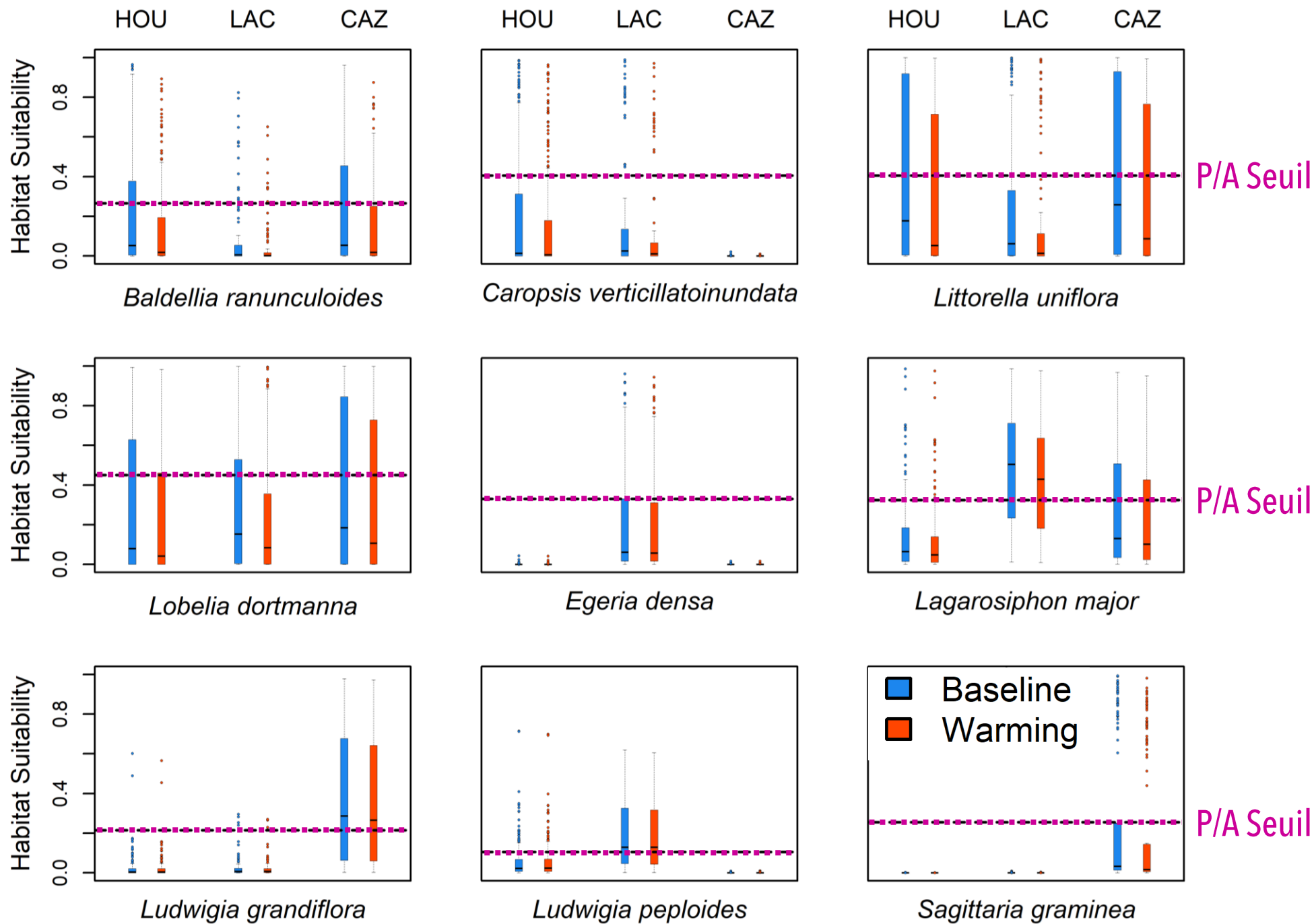


B. ranunculoides
C. verticillatoinundata
L. uniflora
L. dortmanna

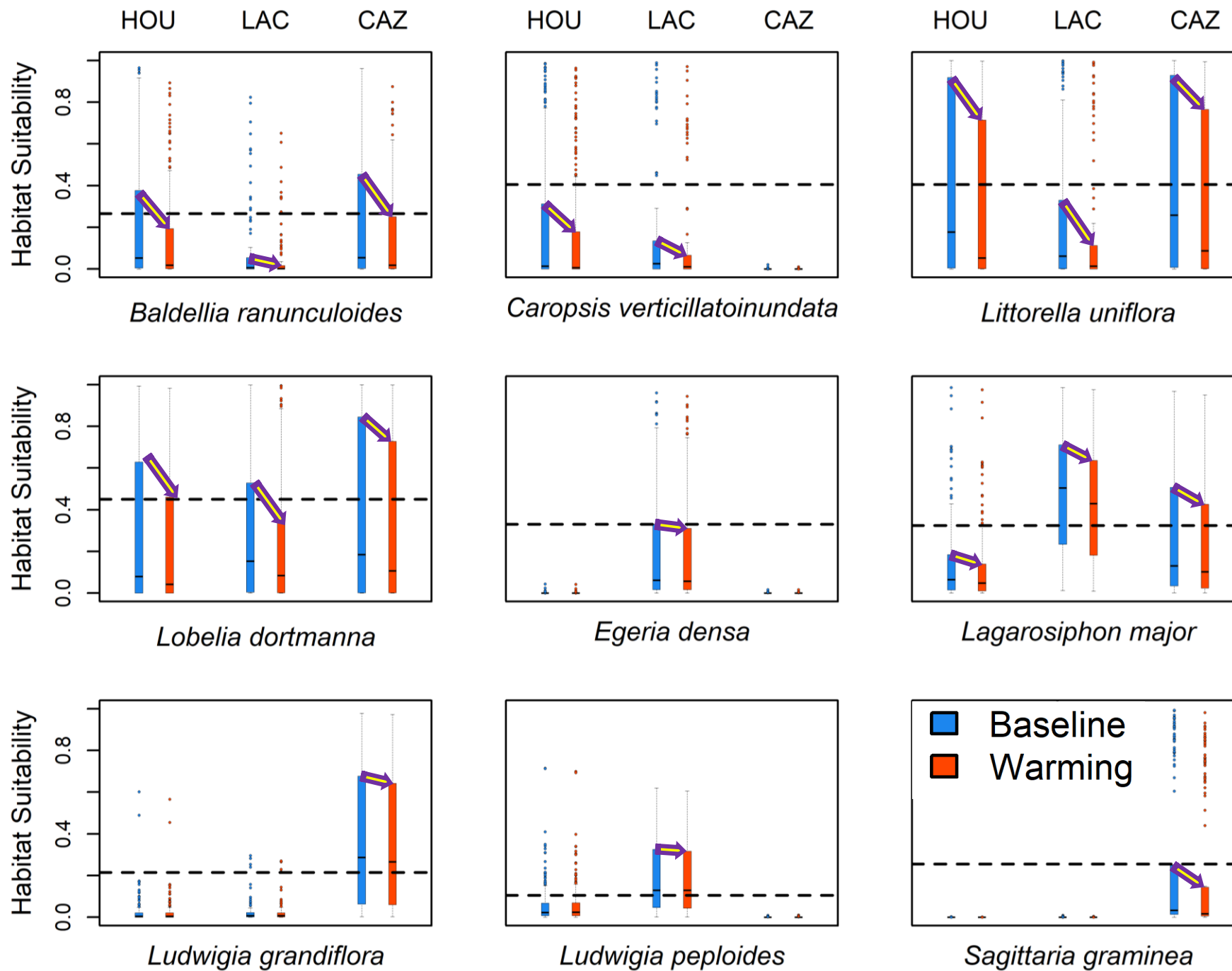
Egeria densa

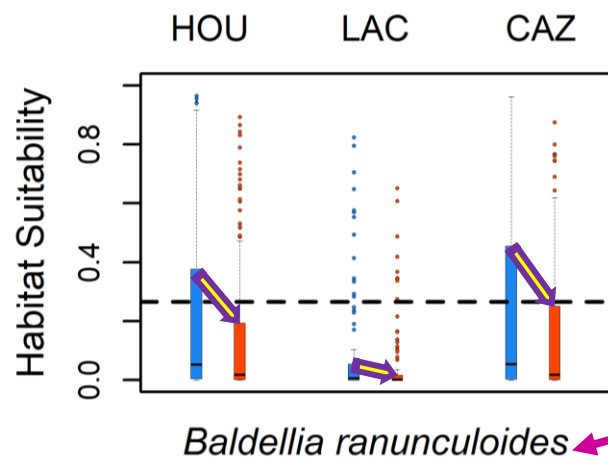




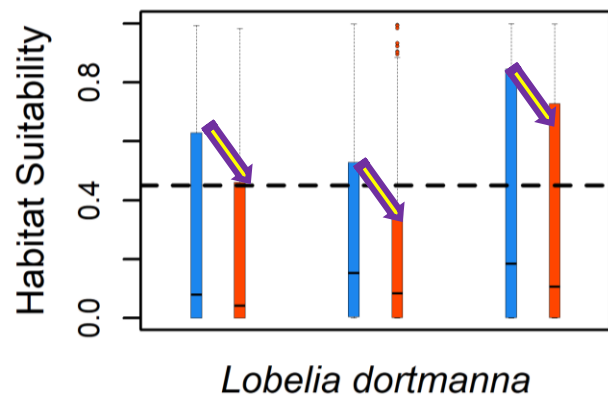


Decrease
in HS

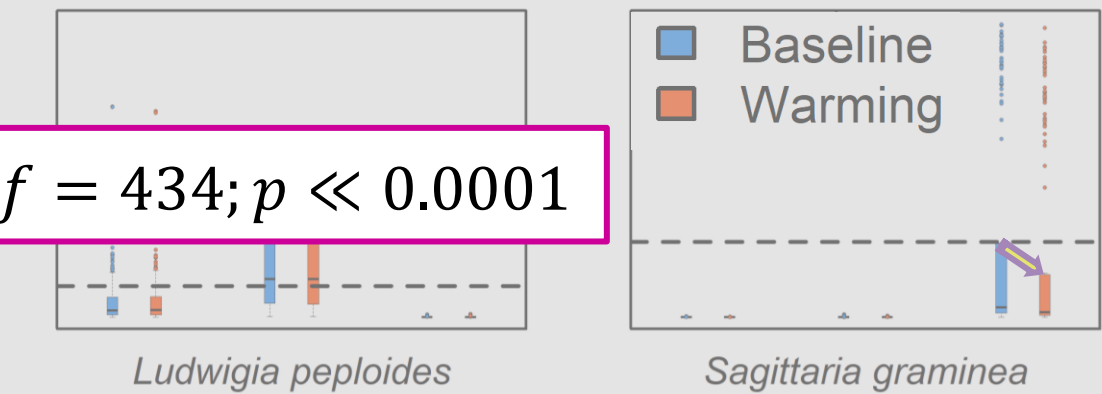
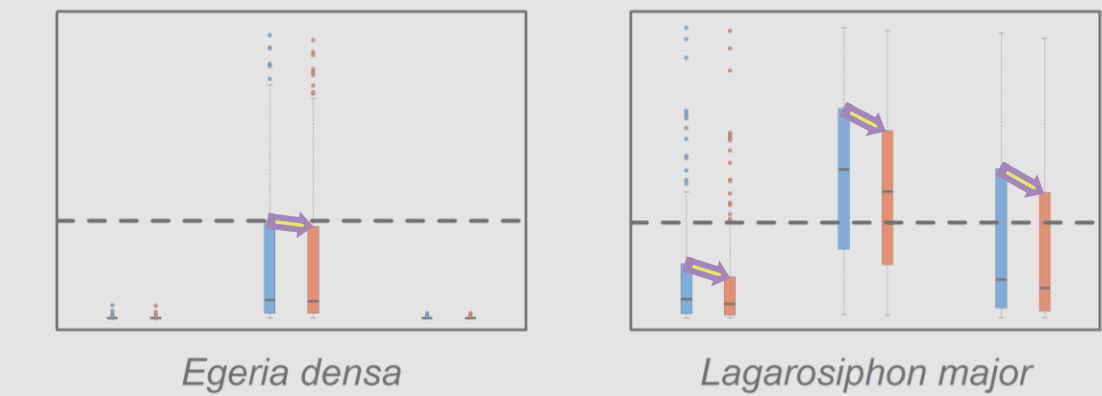
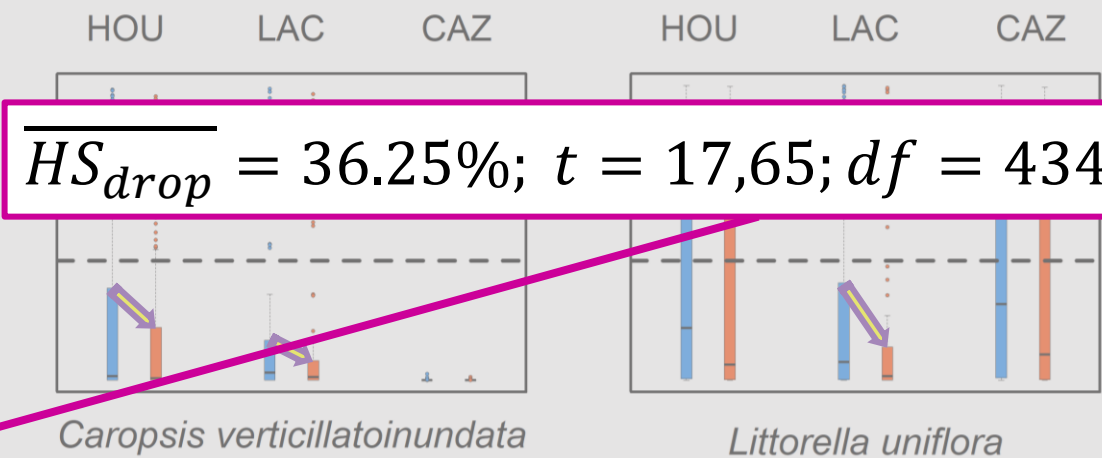


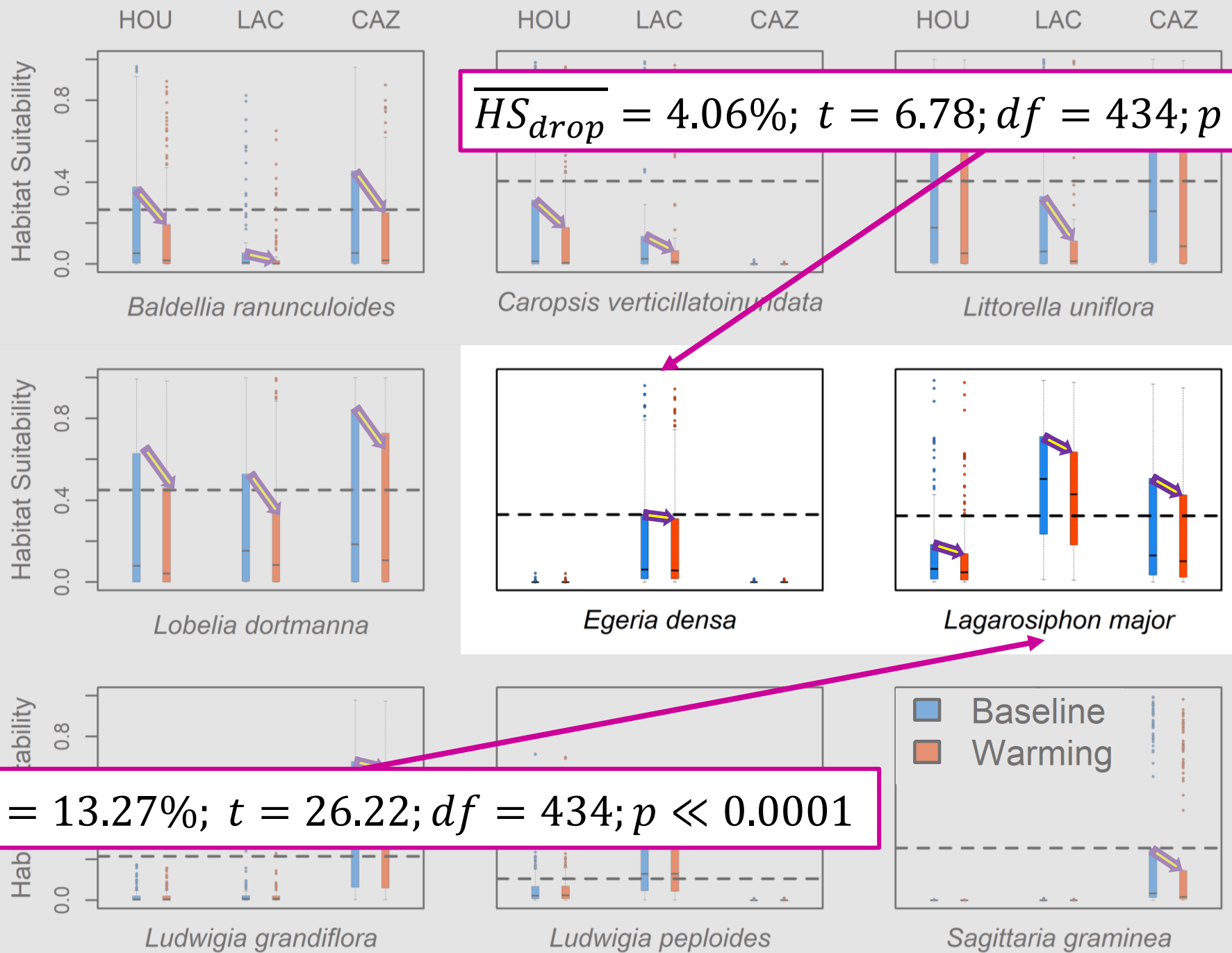


$$\overline{HS}_{drop} = 36.25\%; t = 17,65; df = 434; p \ll 0.0001.$$



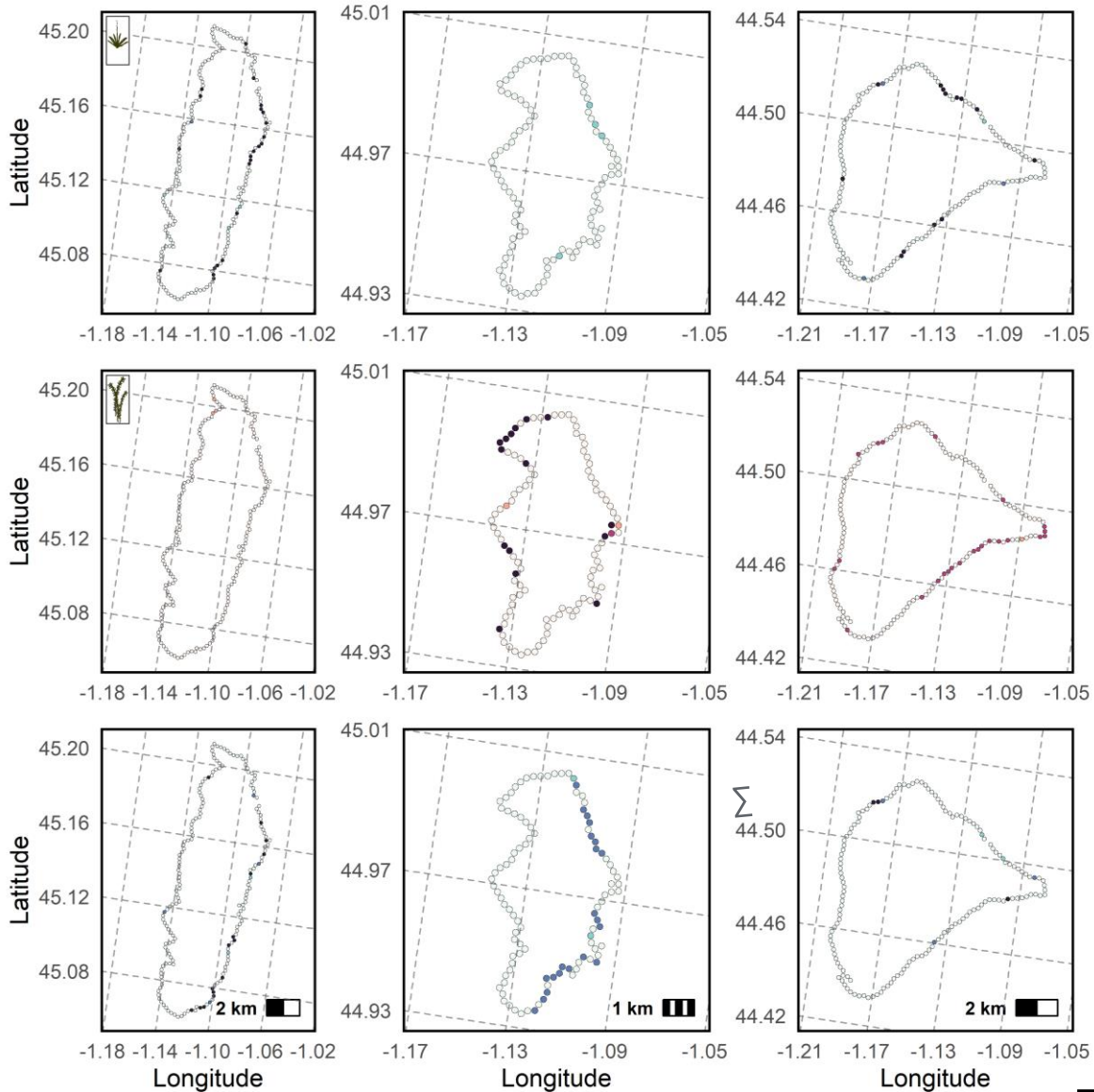
$$\overline{HS}_{drop} = 16.92\%; t = 19.60; df = 434; p \ll 0.0001$$



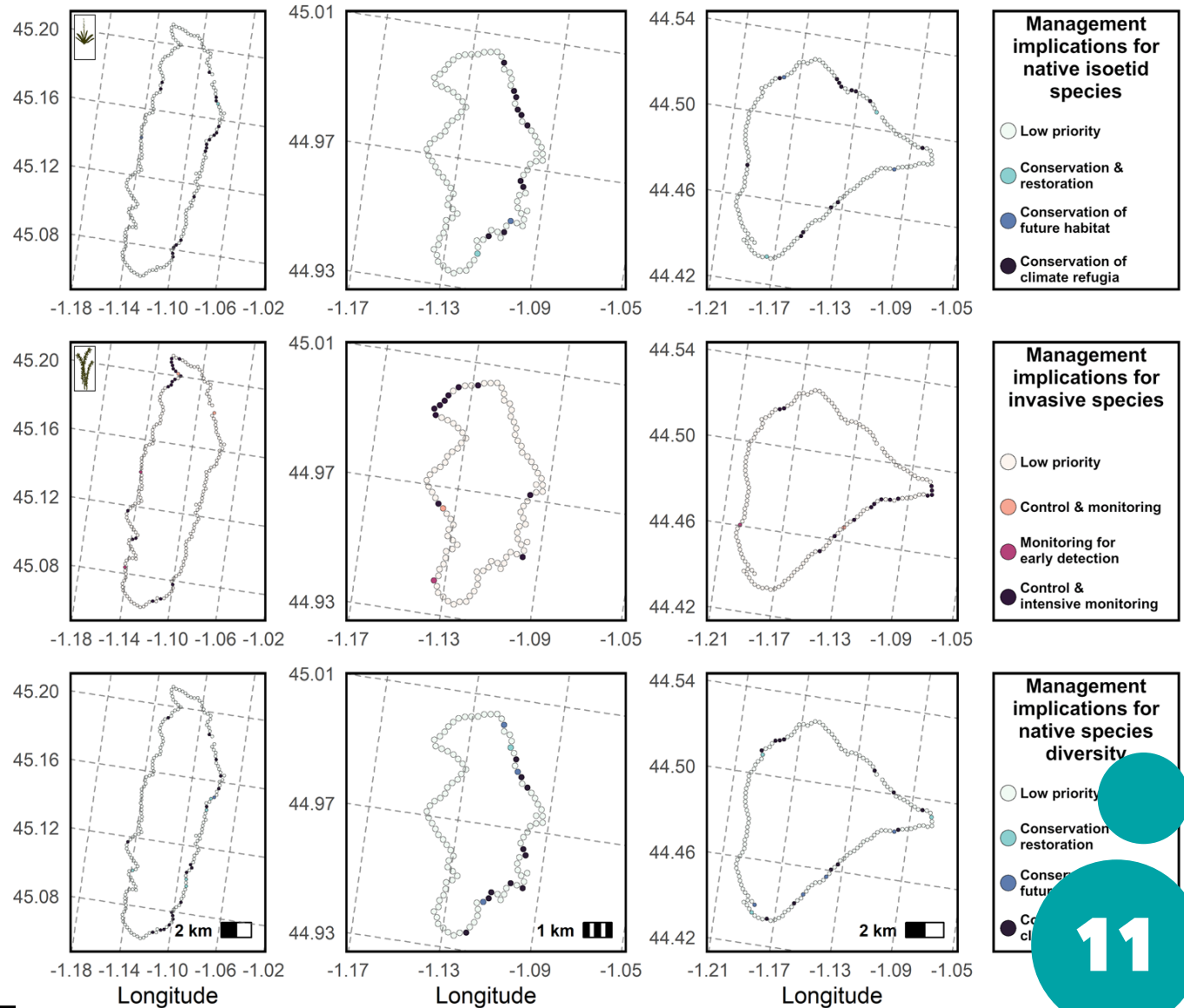


Résultats Zones sensibles

Région



Lac



Management implications for native isoetid species

- Low priority
- Conservation & restoration
- Conservation of future habitat
- Conservation of climate refugia

Management implications for invasive species

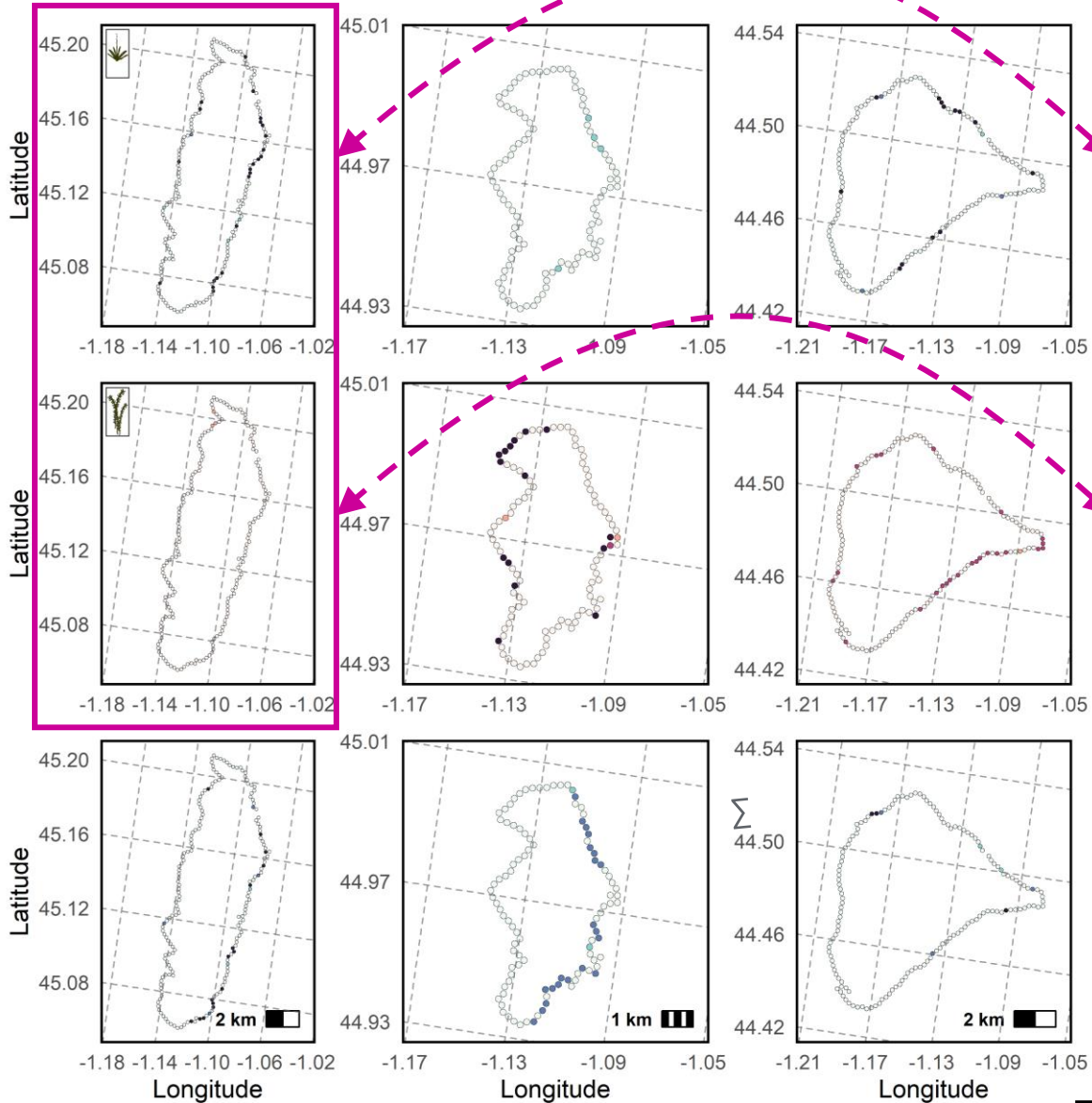
- Low priority
- Control & monitoring
- Monitoring for early detection
- Control & intensive monitoring

Management implications for native species diversity

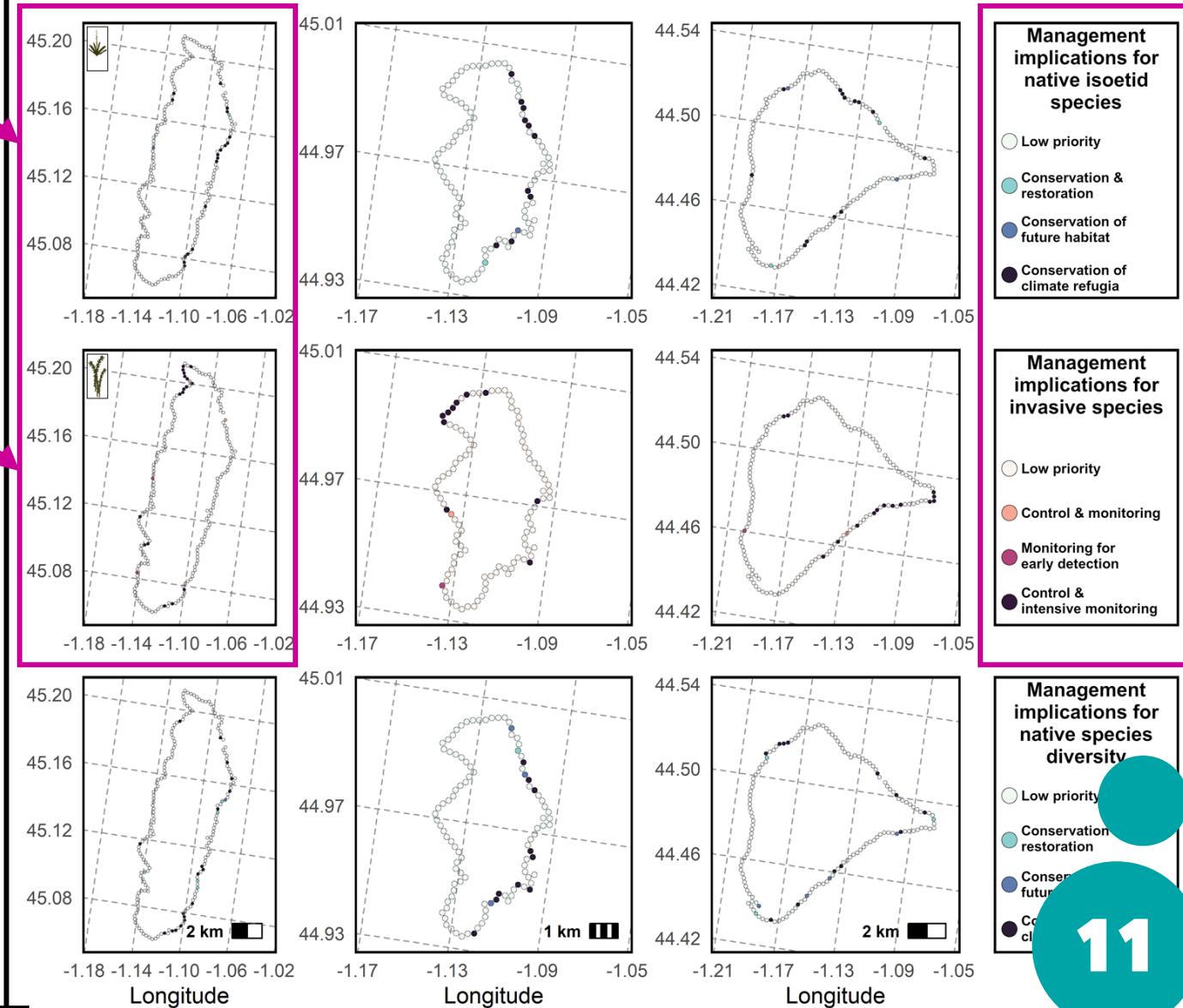
- Low priority
- Conservation & restoration
- Conservation of future habitat
- Conservation of climate refugia

Résultats Zones sensibles

Région



Lac



Management implications for native isoetid species

- Low priority
- Conservation & restoration
- Conservation of future habitat
- Conservation of climate refugia

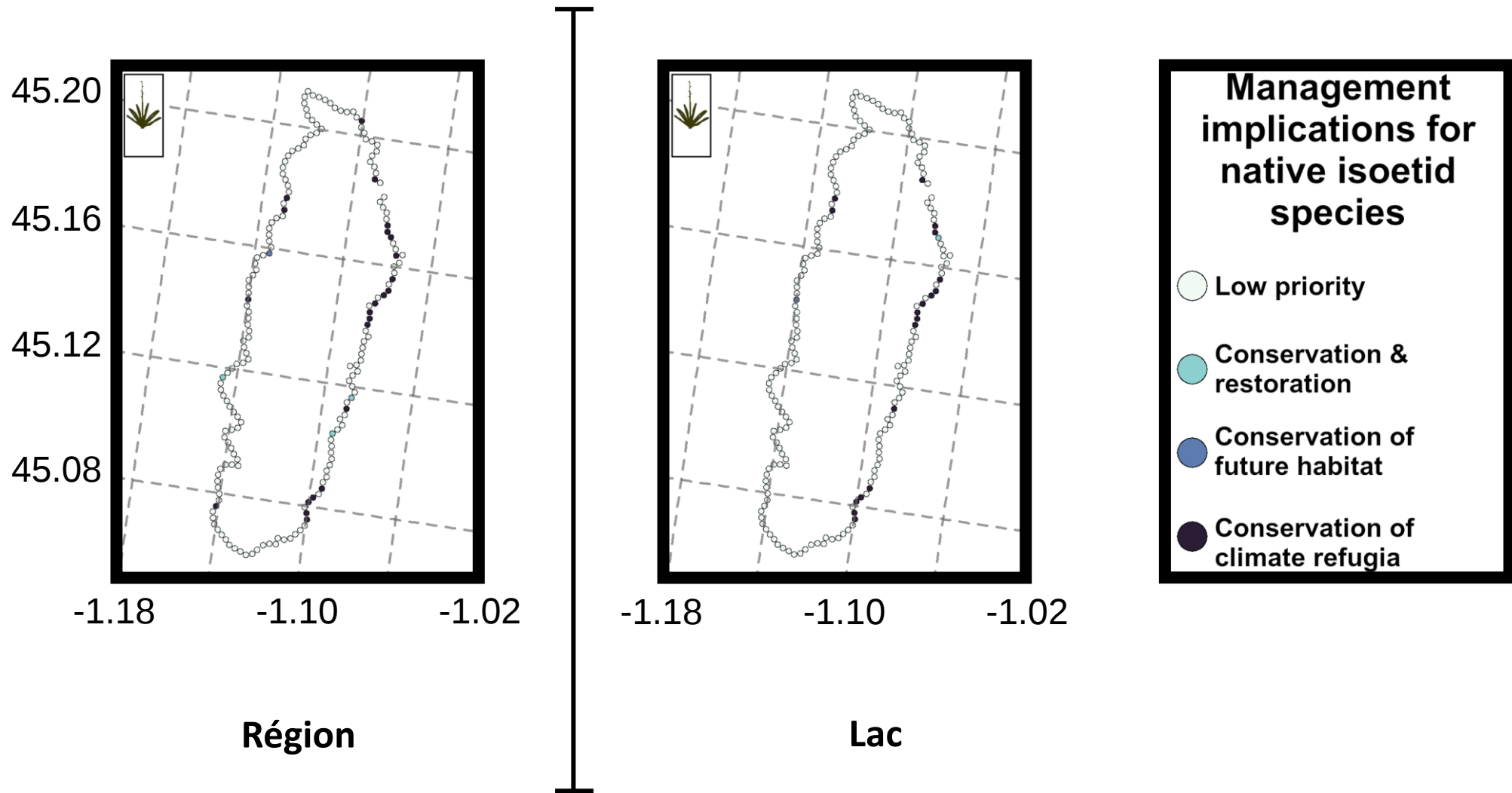
Management implications for invasive species

- Low priority
- Control & monitoring
- Monitoring for early detection
- Control & intensive monitoring

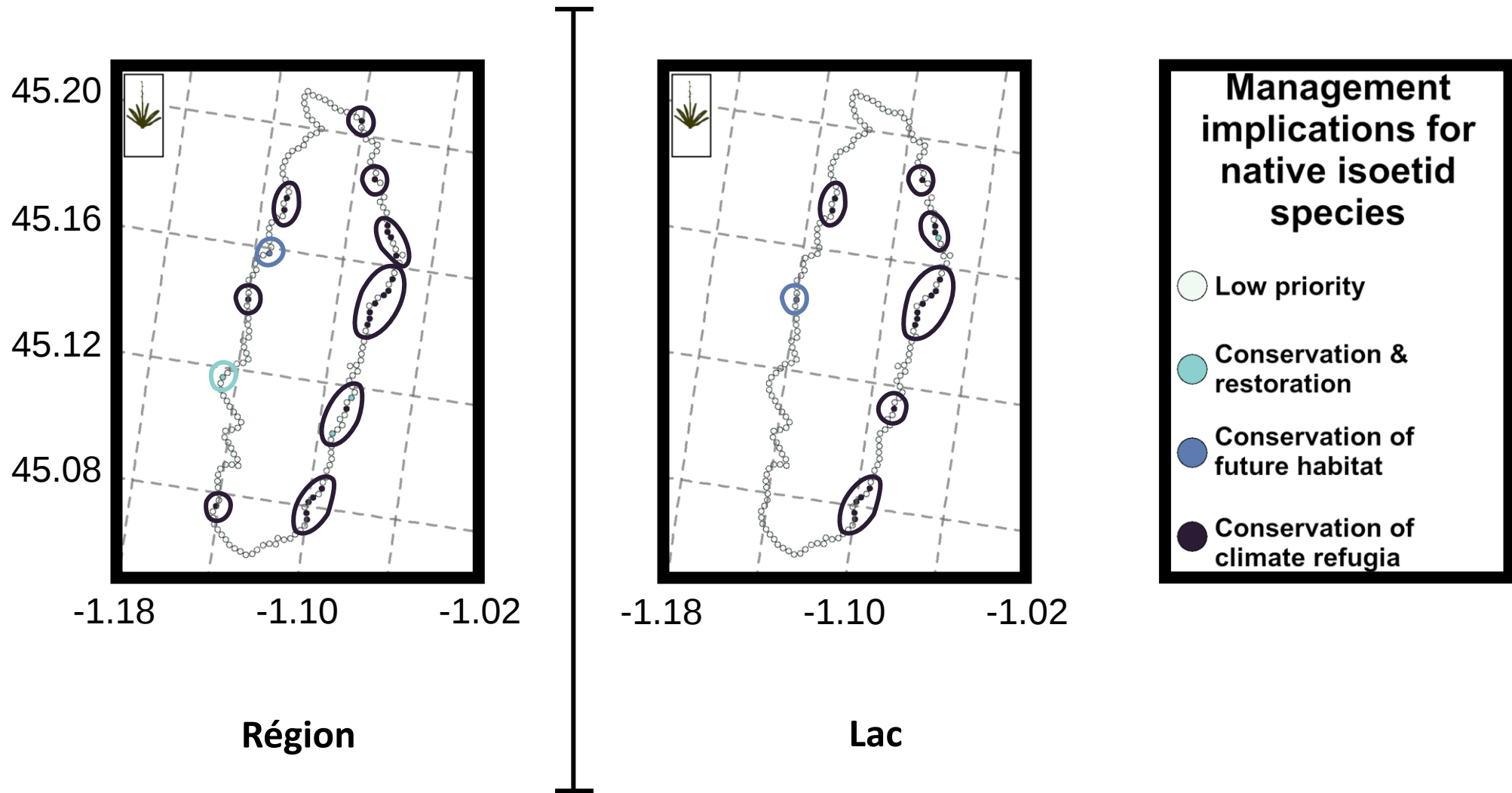
Management implications for native species diversity

- Low priority
- Conservation & restoration
- Conservation of future habitat
- Conservation of climate refugia

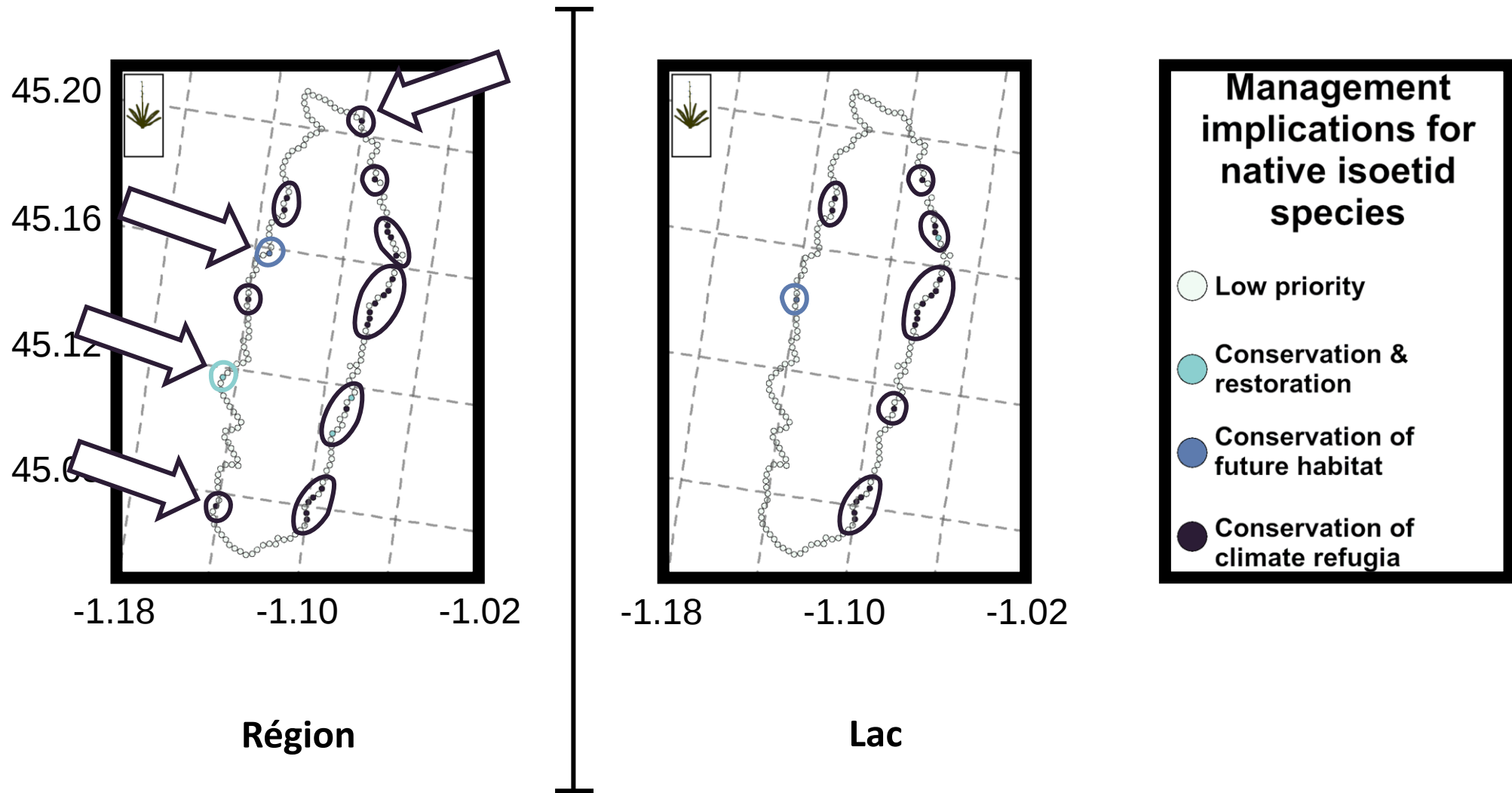
Résultats Zones sensibles



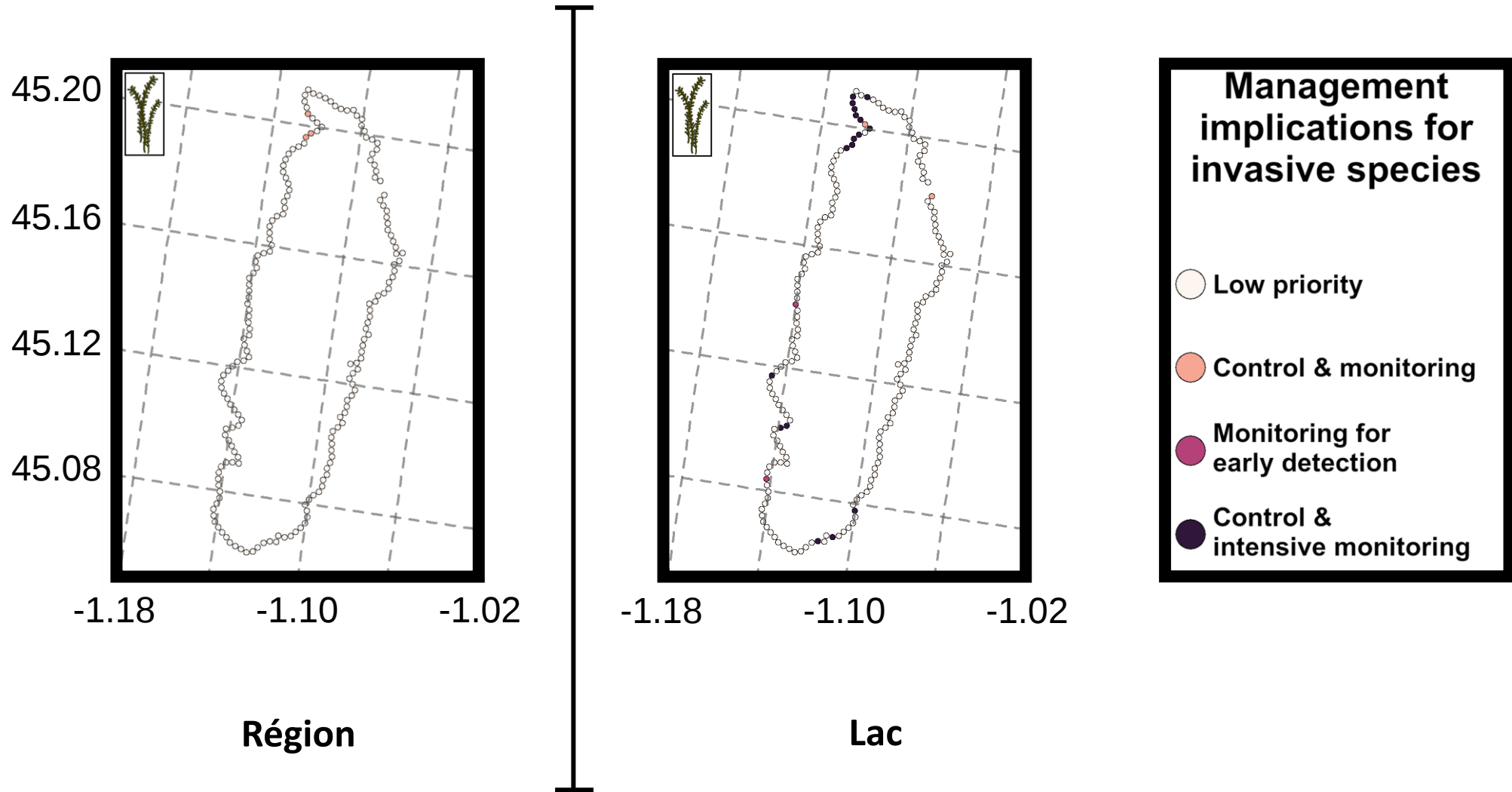
Résultats Zones sensibles



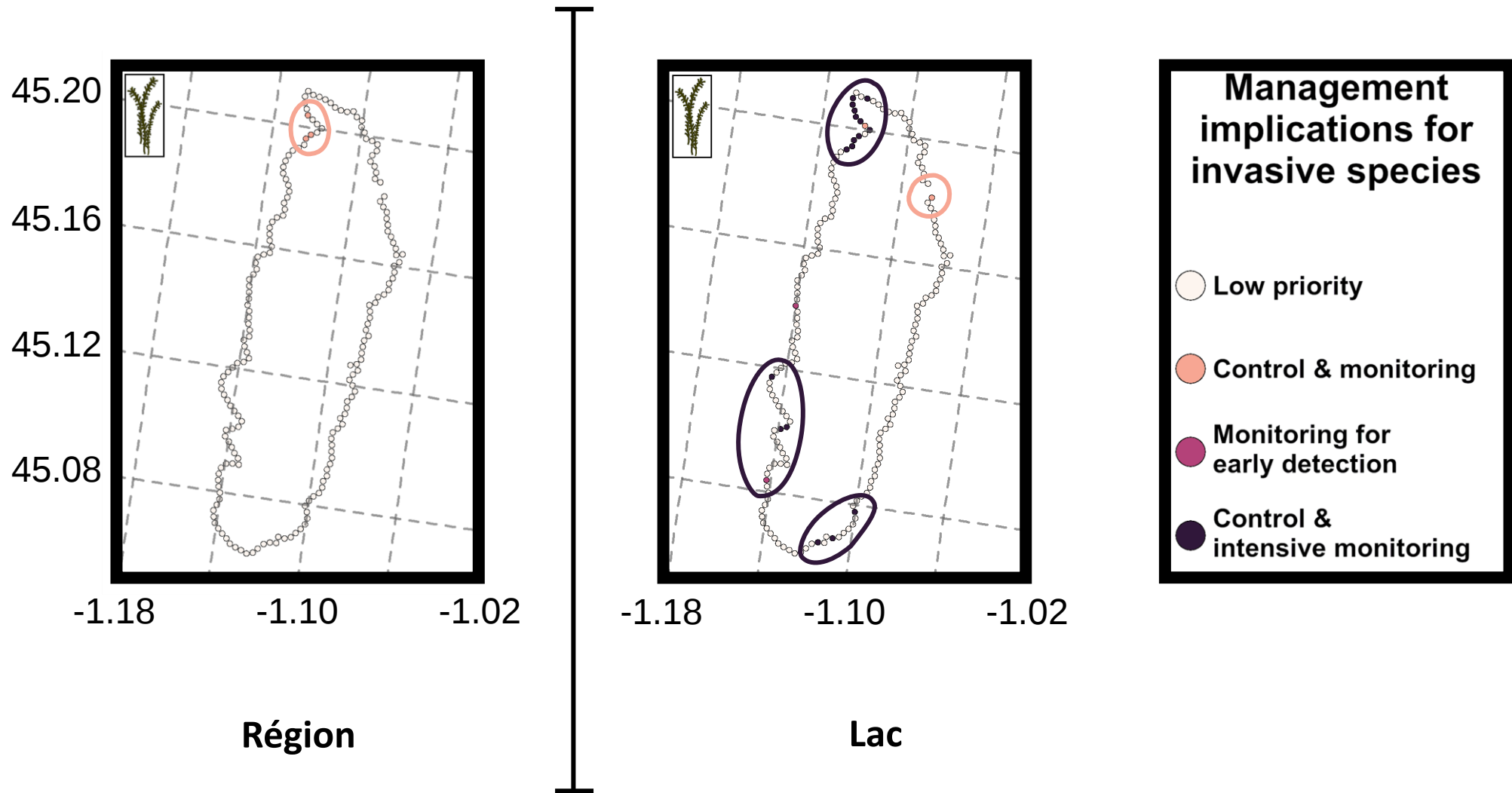
Résultats Zones sensibles



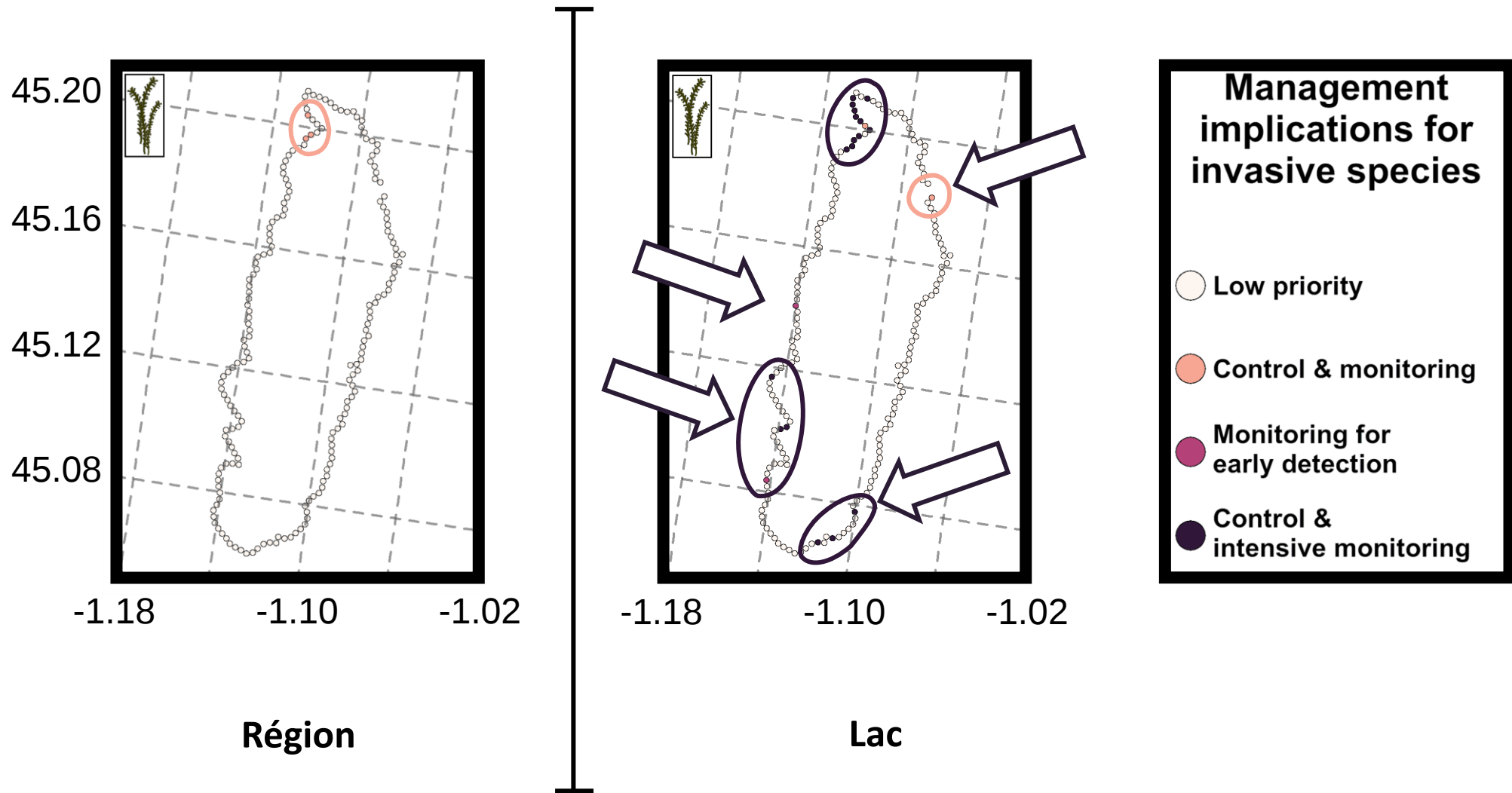
Résultats Zones sensibles



Résultats Zones sensibles



Résultats Zones sensibles



Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte
- ❖ L'aptitude de l'habitat ↓ sous l'effet du réchauffement

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte
- ❖ L'aptitude de l'habitat  sous l'effet du réchauffement
 - ↳ Impacts sur espèces natives > que ceux sur les invasives
 - ↳ *Ludwigia* et *Egeria* semblent être les moins affectées

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte
- ❖ L'aptitude de l'habitat  sous l'effet du réchauffement
 - ↳ Impacts sur espèces natives > que ceux sur les invasives
 - ↳ *Ludwigia* et *Egeria* semblent être les moins affectées
- ❖ *Egeria* semble être la plus préoccupante

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte
- ❖ L'aptitude de l'habitat  sous l'effet du réchauffement
 - ↳ Impacts sur espèces natives > que ceux sur les invasives
 - ↳ *Ludwigia* et *Egeria* semblent être les moins affectées
- ❖ *Egeria* semble être la plus préoccupante
- ❖ JSDBM & analyse des zones sensibles  la conservation

Conclusions & perspectives

- ❖ IDlac, variables latentes & IDsite expliquent la variation
 - ↳ Espèce–Espèce & variables envir. non prises en compte
- ❖ L'aptitude de l'habitat  sous l'effet du réchauffement
 - ↳ Impacts sur espèces natives > que ceux sur les invasives
 - ↳ *Ludwigia* et *Egeria* semblent être les moins affectées
- ❖ *Egeria* semble être la plus préoccupante
- ❖ JSDM & analyse des zones sensibles  la conservation
- ❖ Considérer un environnement dynamique

Merci !

INRAE

UR/1454
ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES
& CHANGEMENTS GLOBAUX [EABX]



Merci !

INRAE

UR1454
ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES
& CHANGEMENTS GLOBAUX [EABX]



Questions? Comments?



ResearchGate



Merci !



INRAE

UR/1454
ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES
& CHANGEMENTS GLOBAUX [EABX]



Questions? Comments?

GitHub



Google Scholar



Bertrin, V., Boutry, S., Alard, D., Haury, J., Jan, G., Moreira, S., Ribaud, C., 2018. Prediction of macrophyte distribution: The role of natural versus anthropogenic physical disturbances. *Applied Vegetation Science* 21, 395–410. [DOI](#).

Bertrin, V., Boutry, S., Jan, G., Ducasse, G., Grigoletto, F., Ribaud, C., 2017. Effects of wind-induced sediment resuspension on distribution and morphological traits of aquatic weeds in shallow lakes. *Journal of Limnology* 76, 84–96. [DOI](#).

Ferro, C.A.T., Stephenson, D.B., 2011. Extremal dependence indices: Improved evaluation measures for deterministic forecasts of rare binary events. *Weather and Forecasting* 26, 699–713. [DOI](#).

Denelle, P., Weigelt, P., Kreft, H., 2023. GIFT—An R package to access the global inventory of floras and traits. *Methods in Ecology and Evolution* 14, 2738–48. [DOI](#).

Gaston, K.J., David, R., 1994. Hotspots across Europe. *Biodiversity Letters* 2, 108. [DOI](#).

Hui, F.K.C., 2016. BORAL – Bayesian ordination and regression analysis of multivariate abundance data in R. *Methods in Ecology and Evolution* 7, 744–50. [DOI](#).

Liddle, M.J., Scorgie, H.R.A., 1980. The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review. *Biological Conservation* 17, 183–206. [DOI](#).

Malinowski, R., Lewiński, S., Rybicki, M., Gromny, E., Jenerowicz, M., Krupiński, Michał, Nowakowski, A., Wojtkowski, C., Krupiński, Marcin, Krätzschar, E., Schauer, P., 2020. Automated production of a land cover/use map of Europe based on Sentinel-2 Imagery. *Remote Sensing* 12, 3523. [DOI](#).

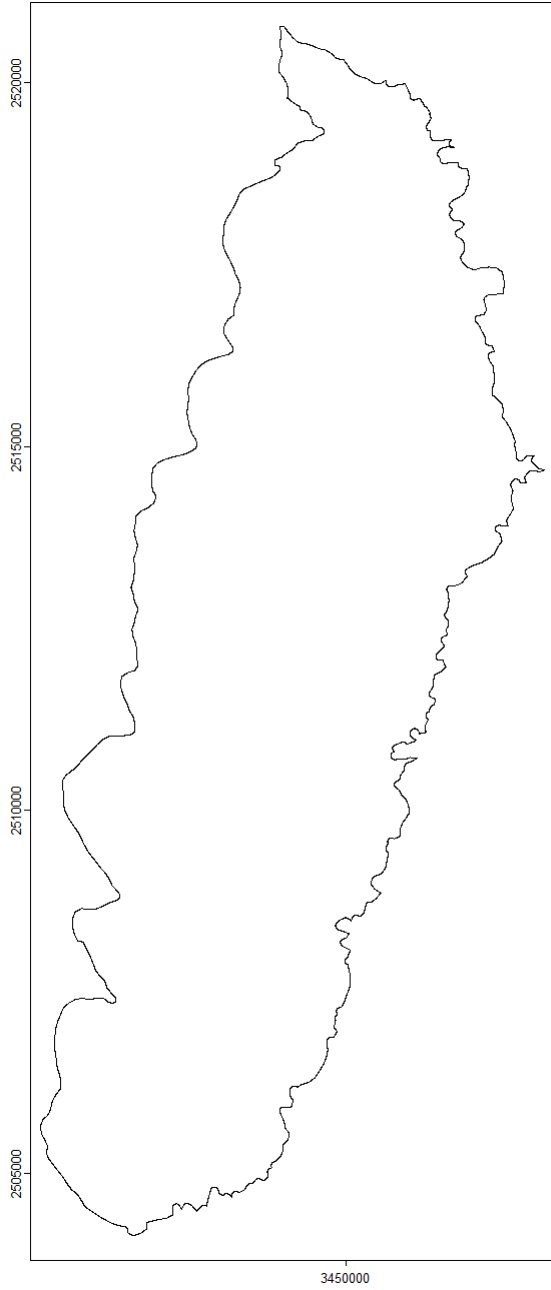
Mantyka-Pringle, C.S., Martin, T.G., Moffatt, D.B., Linke, S., Rhodes, J.R., 2014. Understanding and predicting the combined effects of climate change and land-use change on freshwater macroinvertebrates and fish. *Journal of Applied Ecology* 51, 572–81. [DOI](#).

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. World resources institute, Washington (DC), 20002, USA.

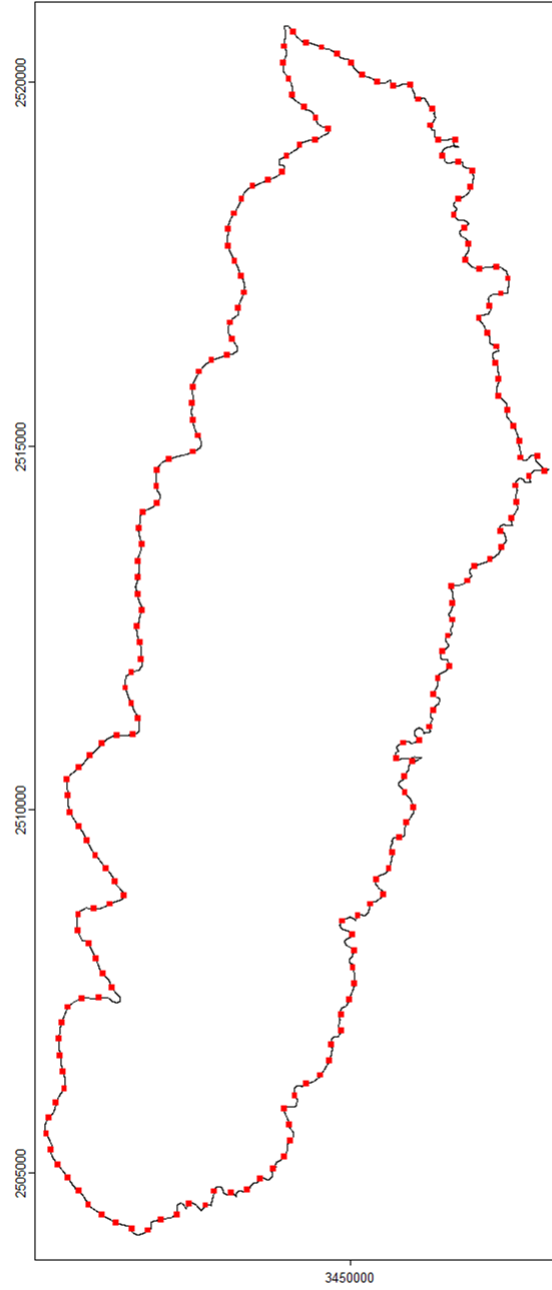
Weigelt, P., König, C., Kreft, H., 2020. GIFT – A Global inventory of floras and traits for macroecology and biogeography. *Journal of Biogeography* 47, 16–43. [DOI](#).

Wunderlich, R.F., Lin, Y.P., Anthony, J., Petway, J.R., 2019. Two alternative evaluation metrics to replace the true skill statistic in the assessment of species distribution models. *Nature Conservation* 35, 97–116. [DOI](#).

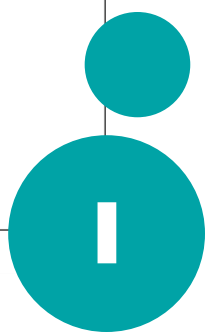
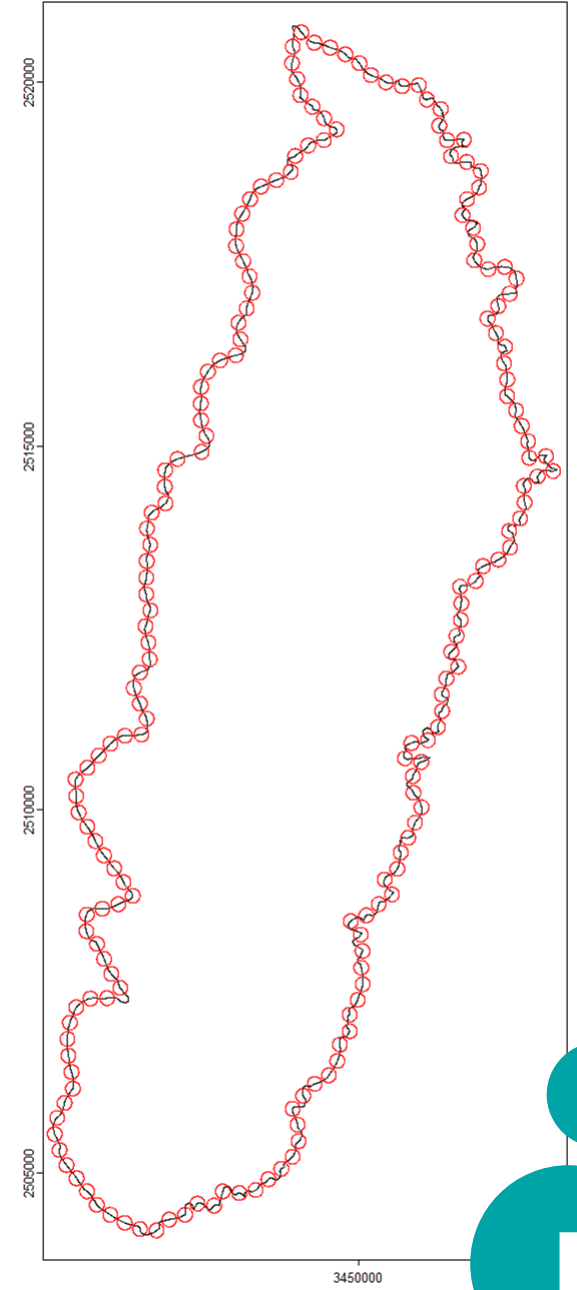
Shoreline

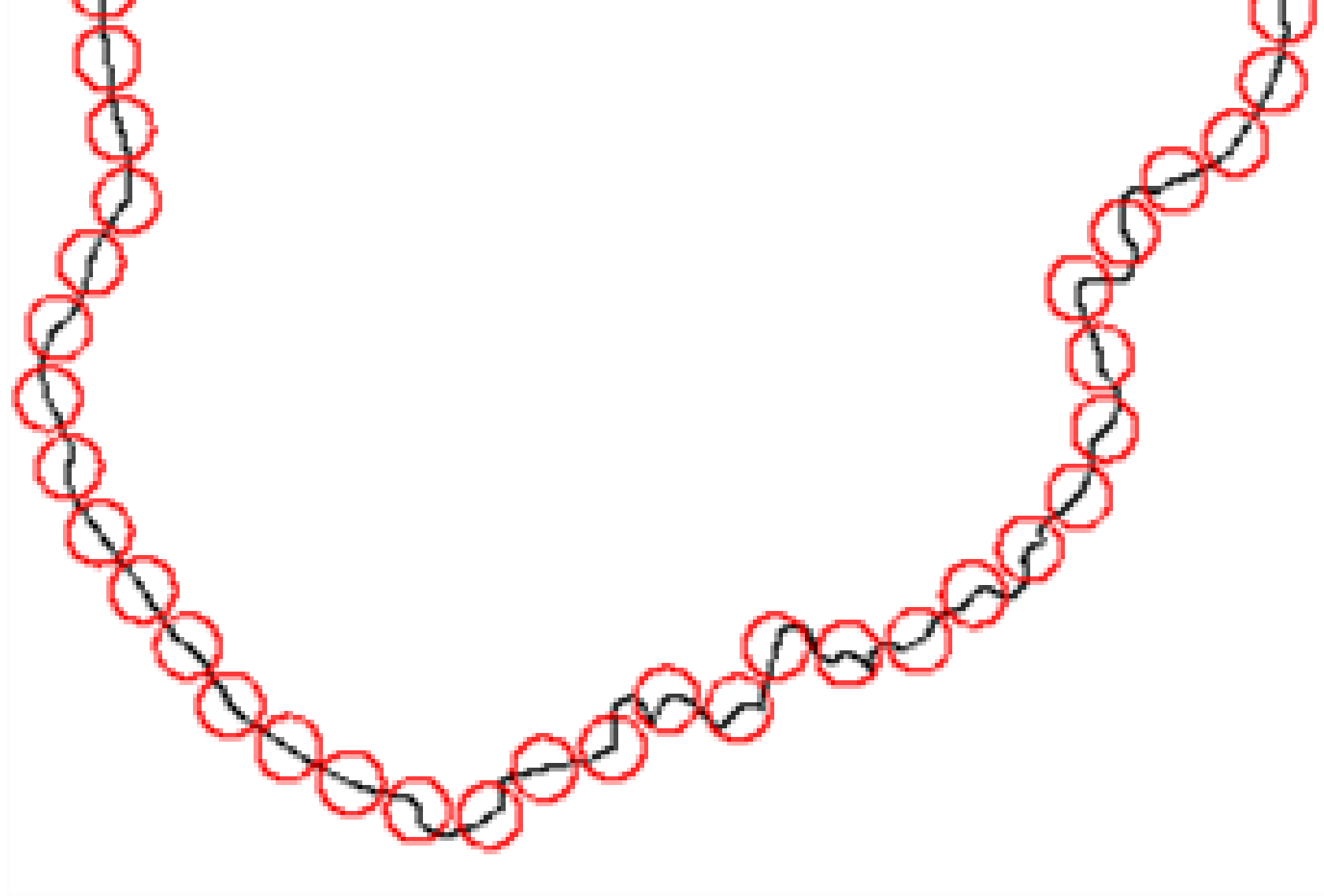


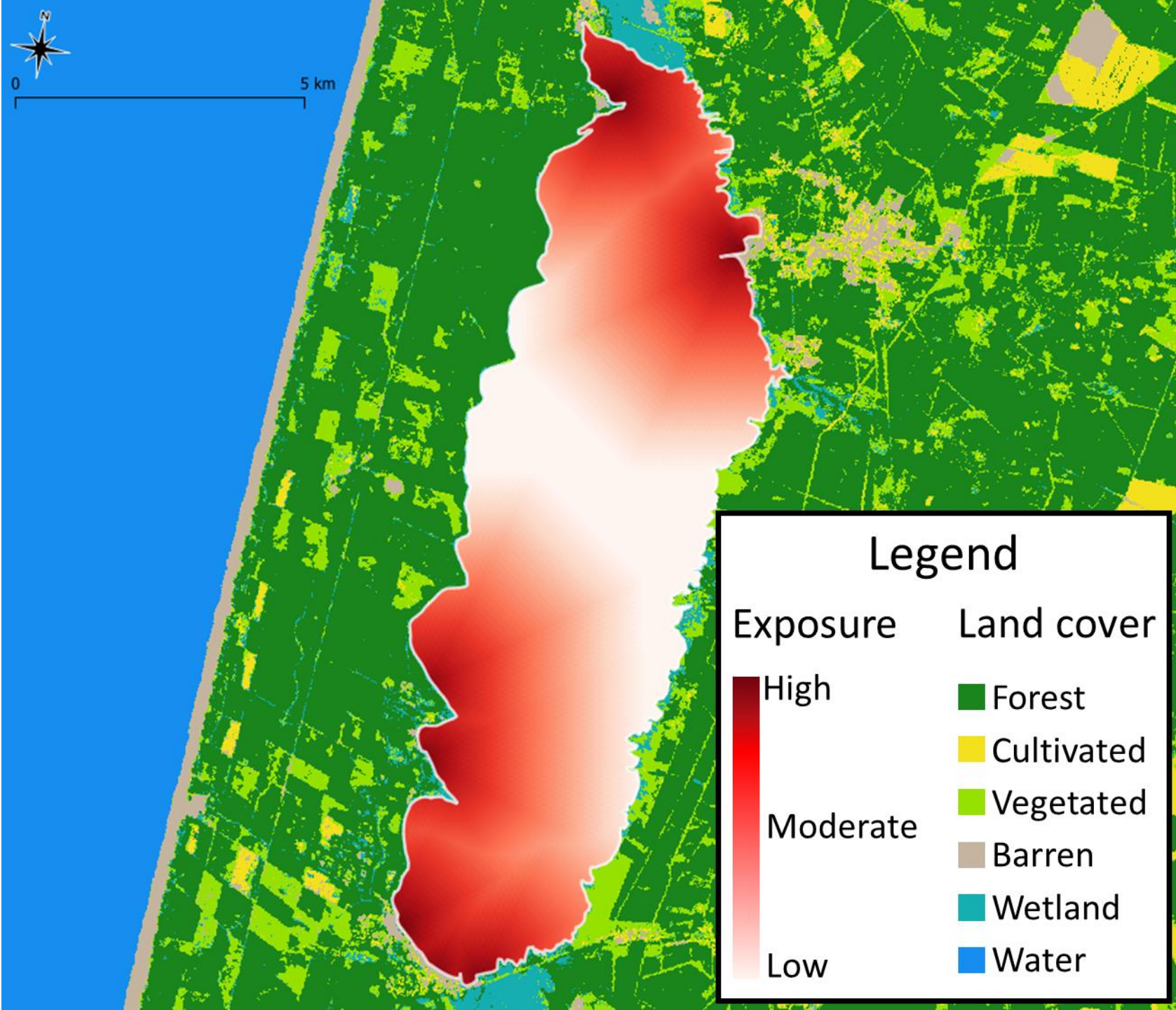
Regular-spaced Points



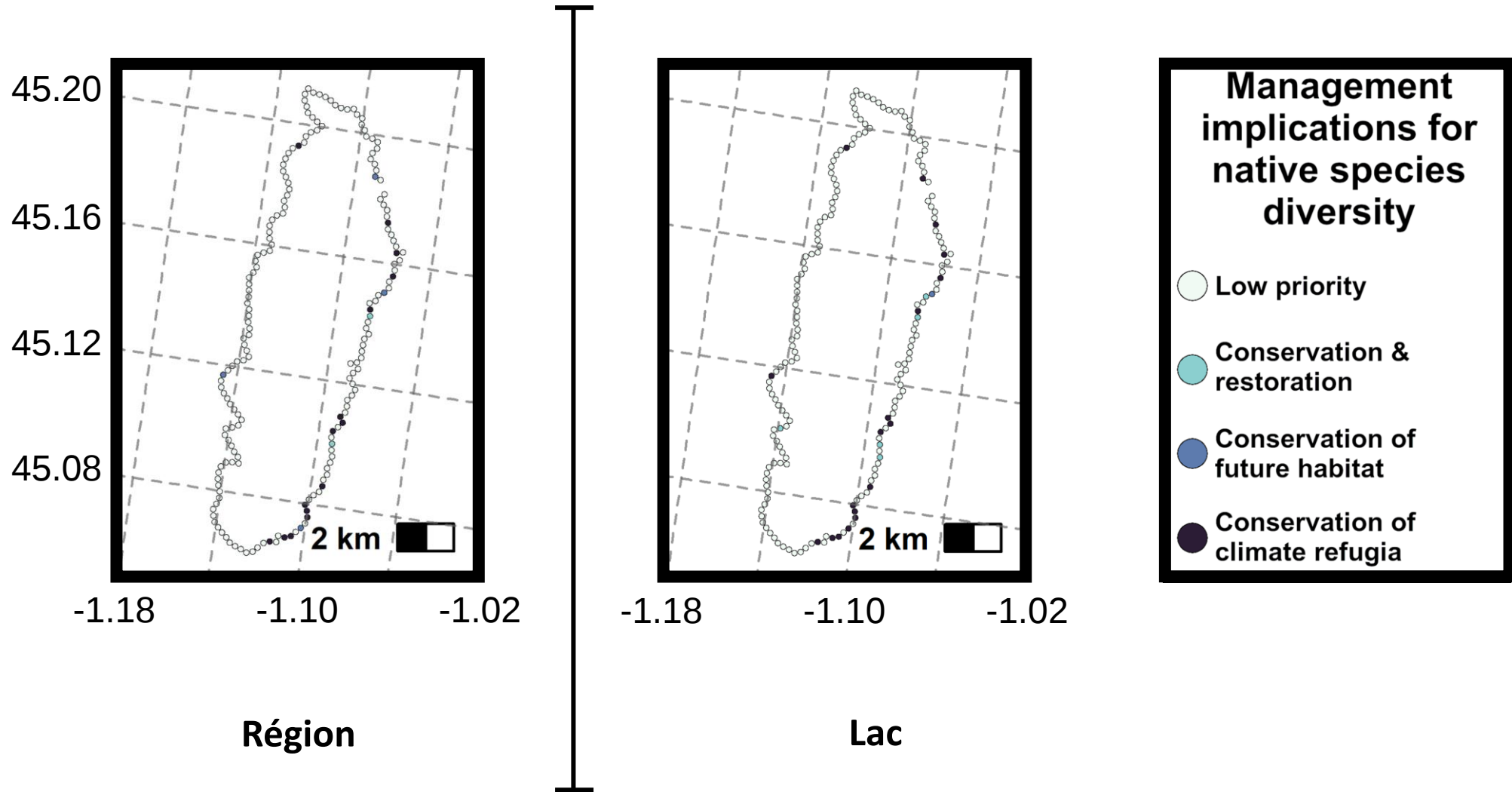
Sites



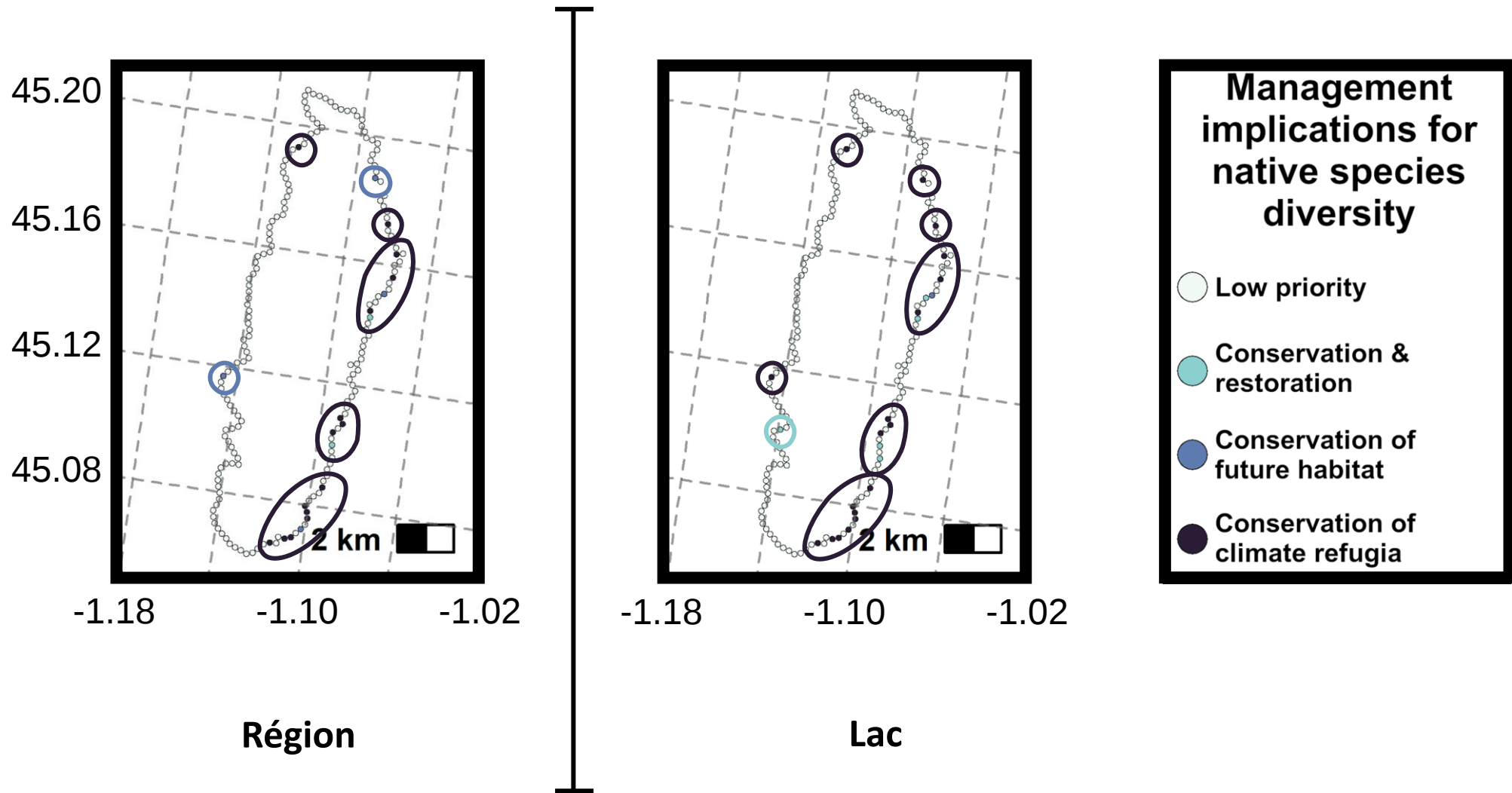




Résultats Zones sensibles



Résultats Zones sensibles



Résultats Zones sensibles

