

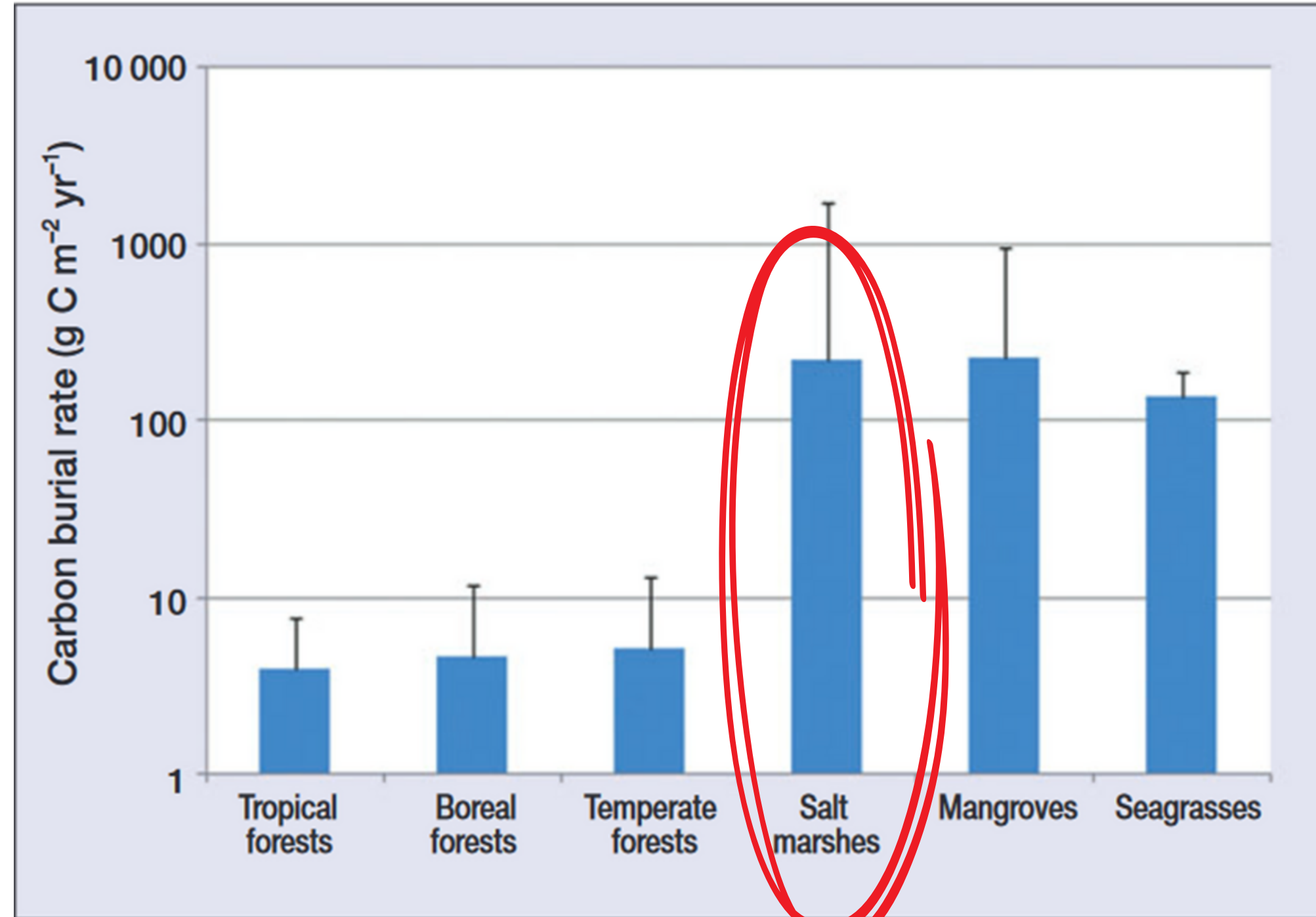
29 Juin 2023, Rencontres Géo17, La Rochelle

Apport de la télédétection à l'analyse des échanges de carbone entre l'atmosphère et les écosystèmes côtiers - Application aux littoraux de Charente-Maritime

Maxime Paschal

sous la Direction de Nathalie Long et Natacha Volto,
UMR LIENSs

Introduction

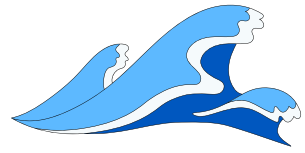


Séquestration moyenne du carbone par an dans le sol en fonction de différents écosystèmes d'après McLeod et al., 2011

Introduction

Les zones humides

Services écosystémiques



protection contre l'aléa submersion

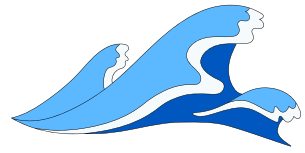


protection contre l'érosion littorale

Introduction

Les zones humides

Services écosystémiques



protection contre l'aléa submersion



protection contre l'érosion littorale

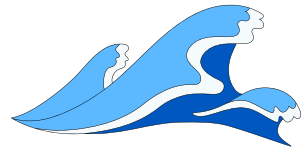


réserve de biodiversité

Introduction

Les zones humides

Services écosystémiques



protection contre l'aléa submersion



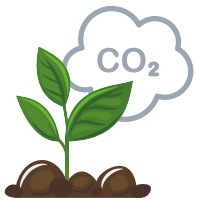
protection contre l'érosion littorale



réserve de biodiversité



filtration de l'eau

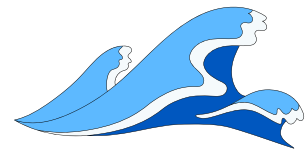


séquestration du carbone

Introduction

Les zones humides

Services écosystémiques



protection contre l'aléa submersion



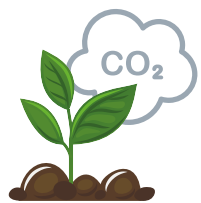
protection contre l'érosion littorale



réserve de biodiversité



filtration de l'eau



séquestration du carbone

Pressions subies

littoraux = espaces convoités

20% de la population mondiale vit à moins de 30 km du littoral



Logement

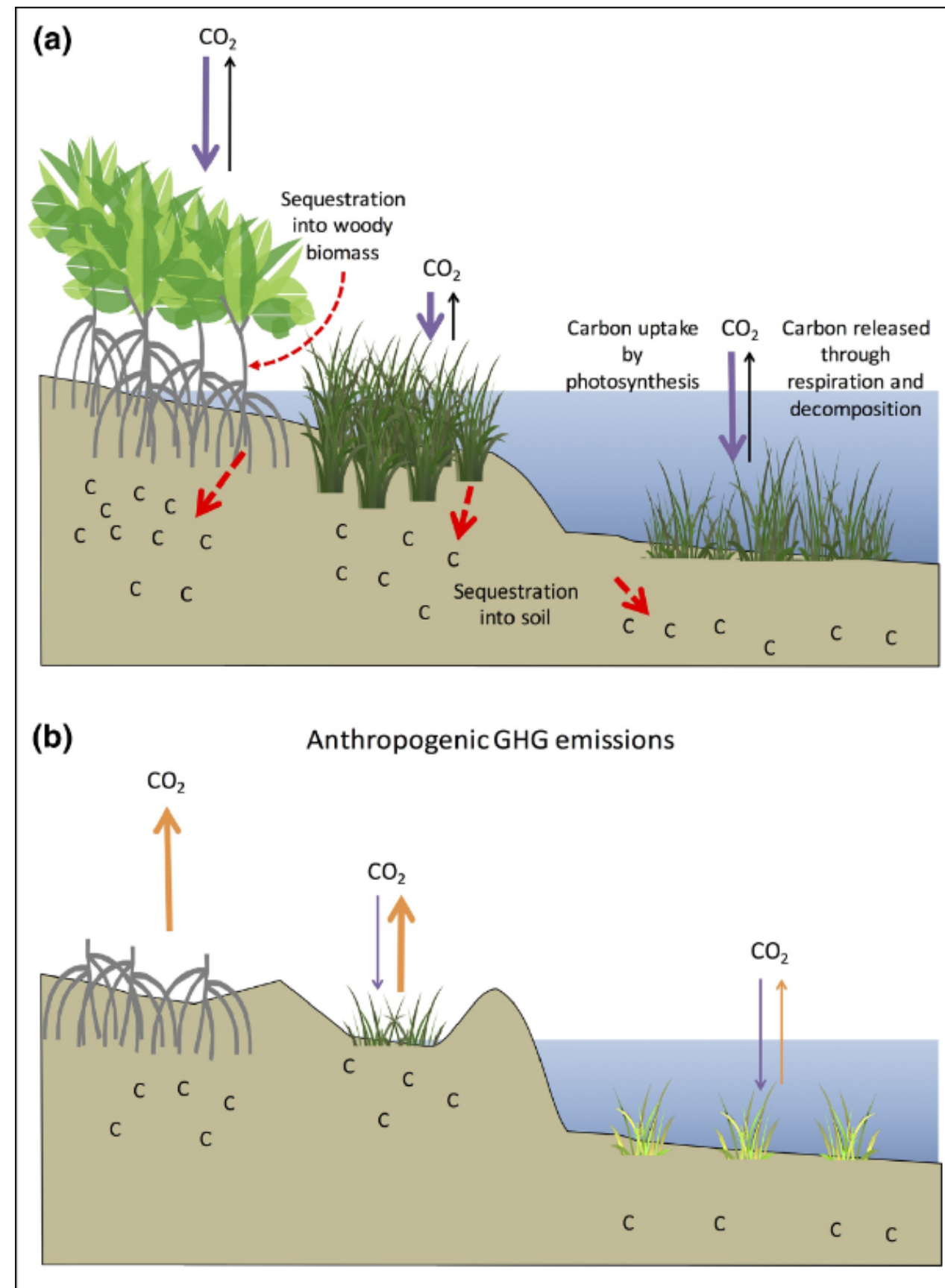


Tourisme



Industrie

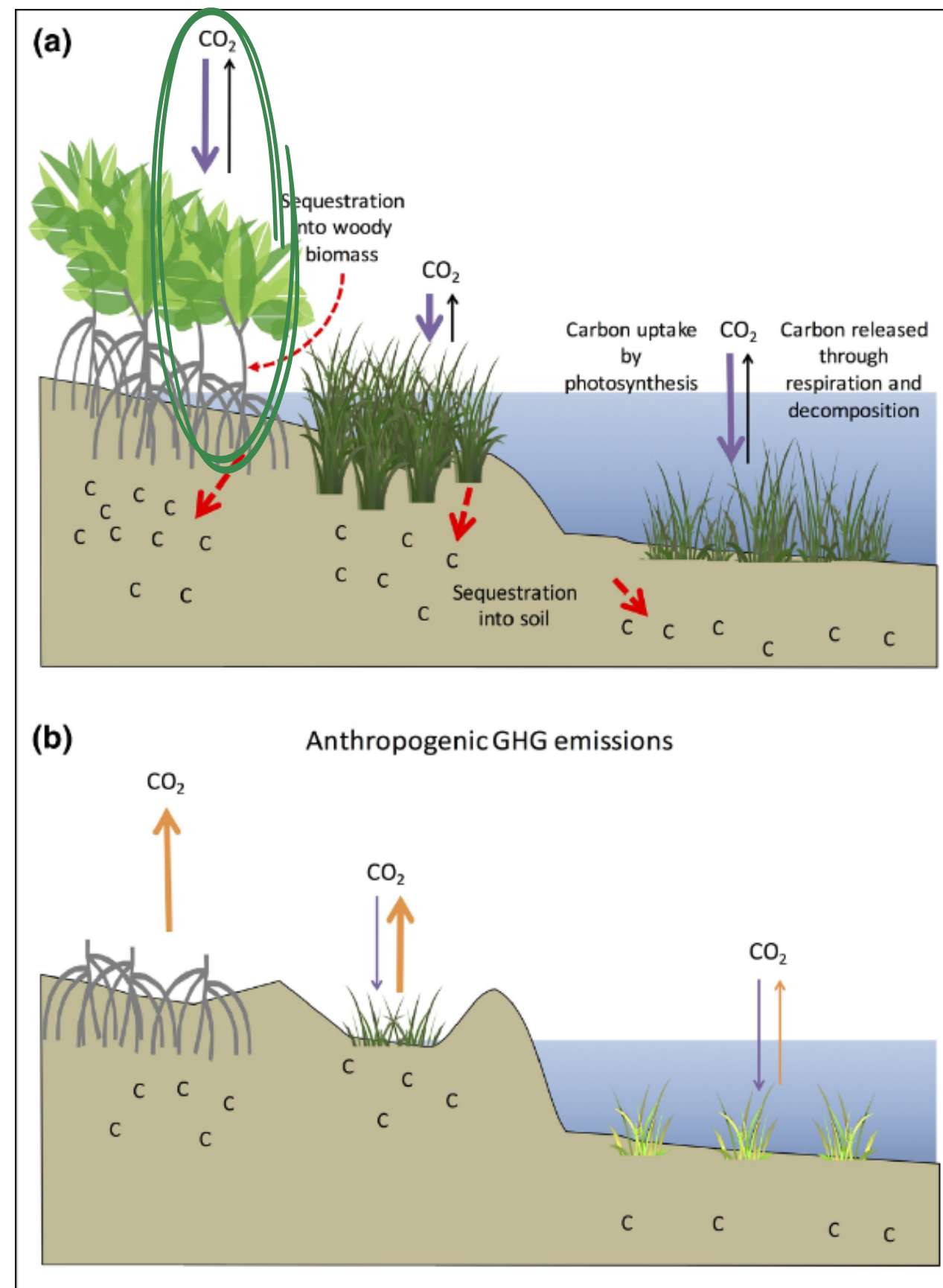
Introduction



Dynamique des flux de CO₂ selon la qualité d'un écosystème côtier

d'après Howard et al., 2017

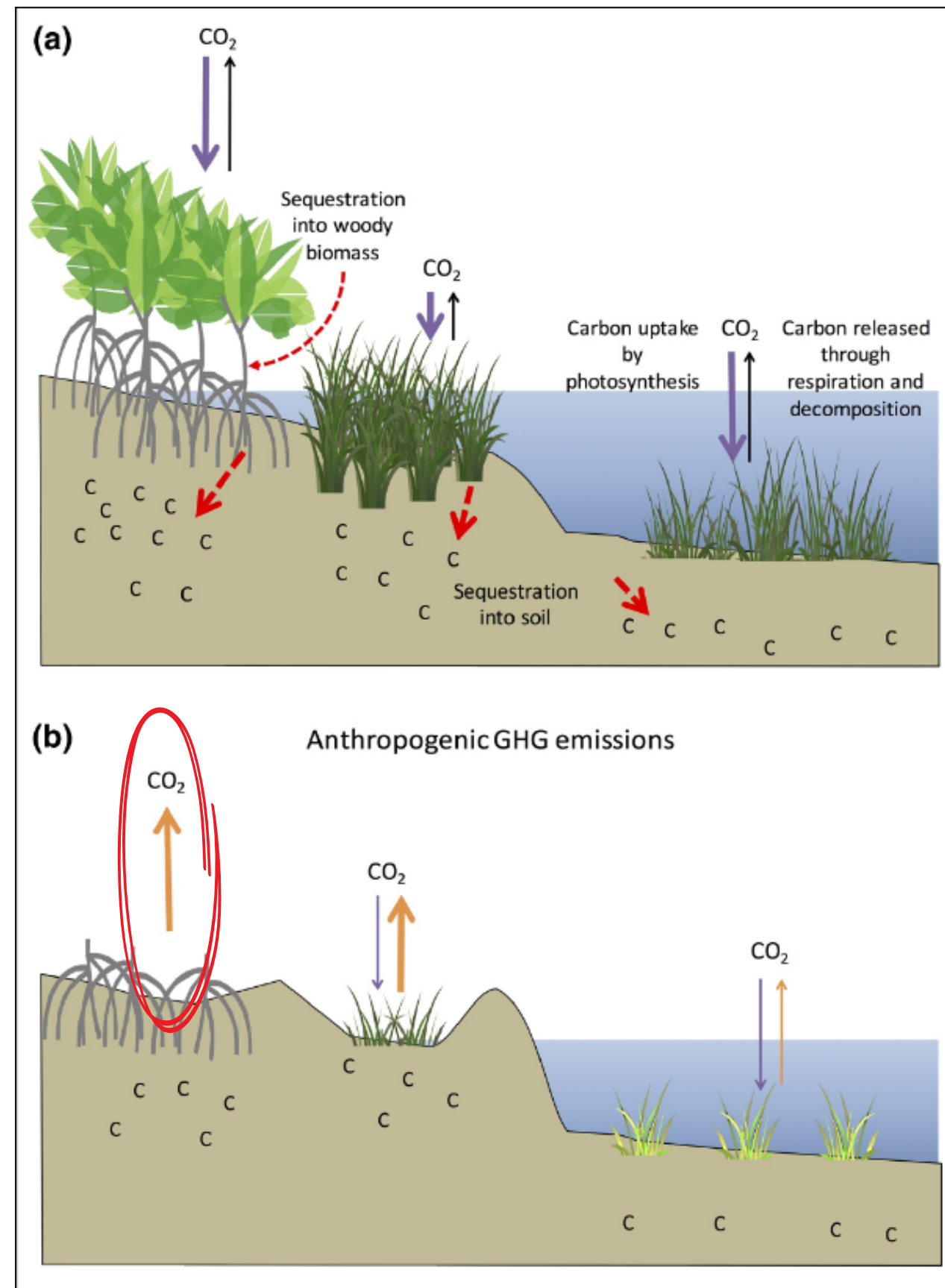
Introduction



Dynamique des flux de CO_2 selon la qualité d'un écosystème côtier

d'après Howard et al., 2017

Introduction



Dynamique des flux de CO_2 selon la qualité d'un écosystème côtier

d'après Howard et al., 2017

Introduction



 station météo

 mesure mouvements advectifs de l'air

 mesure la concentration de CO₂

 opère dans un rayon variable à cause du vent

Station d'Eddy Covariance de l'Ifremer
Crédits : Maxime Paschal

Introduction



LA ROCHELLE
TERRITOIRE
ZÉRO CARBONE

Lancement en 2019

Introduction



LA ROCHELLE
TERRITOIRE
ZÉRO CARBONE



Objectif :
Viser la neutralité carbone d'ici 2040 

Lancement en 2019

Introduction



LA ROCHELLE
TERRITOIRE
ZÉRO CARBONE

Lancement en 2019



Objectif :

Viser la neutralité carbone d'ici 2040



Axe carbone bleu: dresser état des lieux du bilan carbone des écosystèmes côtiers

Introduction



LA ROCHELLE
TERRITOIRE
ZÉRO CARBONE

Lancement en 2019

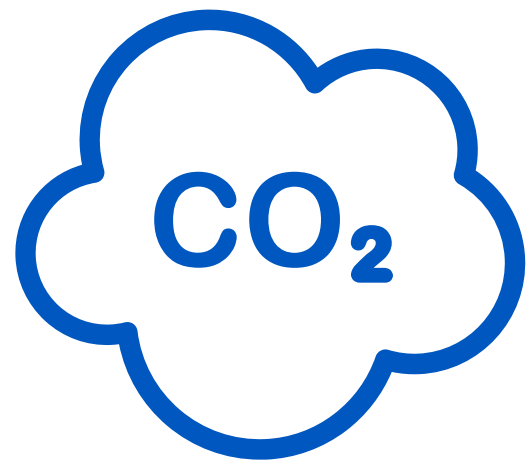


Objectif :

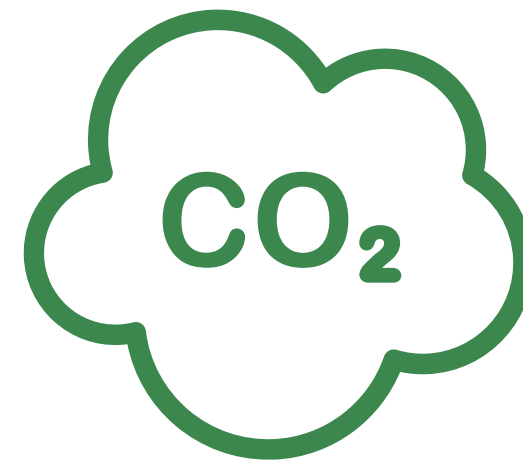
Viser la neutralité carbone d'ici 2040



Axe carbone bleu: dresser état des lieux du bilan carbone des écosystèmes côtiers



carbone bleu : stocké dans des écosystèmes côtiers et zones humides



carbone vert : stocké dans des écosystèmes terrestres

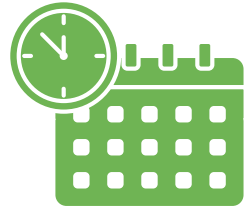
Introduction



Quelle temporalité ?

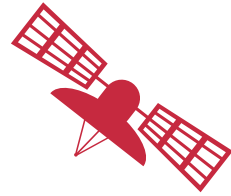
Suivi **mensuel**

Introduction



Quelle temporalité ?

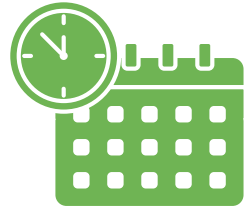
Suivi **mensuel**



Quelles données ?

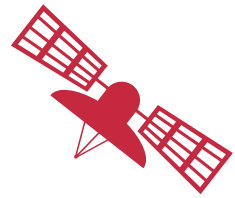
Drones et **satellites** (Pléiades et Sentinel 2)

Introduction



Quelle temporalité ?

Suivi **mensuel**



Quelles données ?

Drones et **satellites** (Pléiades et Sentinel 2)



Quelle finesse pour les classes d'occupation des sols?

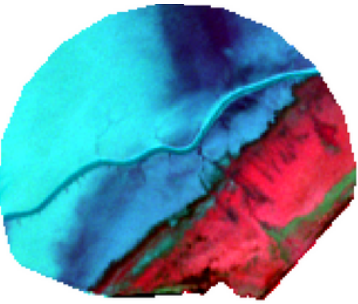
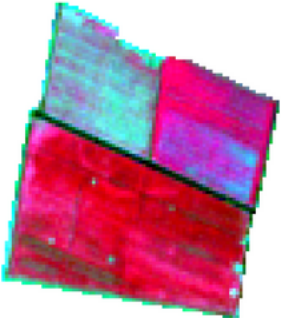
Genres et **pratiques agricoles**

Sites d'étude



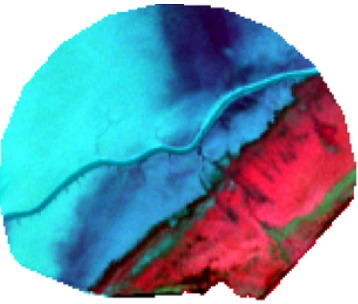
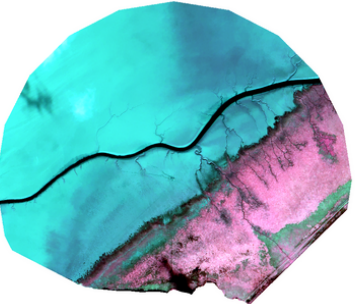
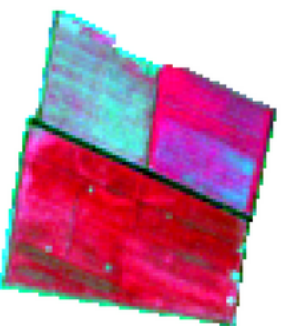
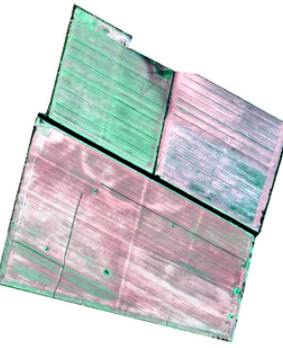
Images utilisées

B=Blue, G=Green, R=Red, RE= Red Edge, NIR= Near Infrared, SWIR= Short Wave Infrared

	Sentinel 2		
Résolution spatiale	10m		
Résolution spectrale	<i>coastal aerosol, B, G, R, RE1, RE2, RE3, NIR, Narrow NIR, water vapour, SWIR Cirrus SWIR1, SWIR2</i>		
Esnandes	12 février 8 avril 16 mai 5 et 7 juin 		
Marans	12 février 8 avril 5 et 28 mai 		

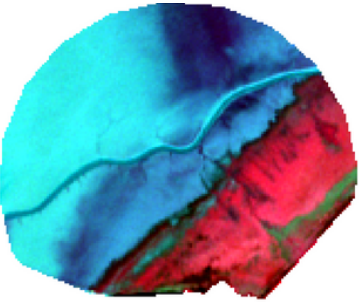
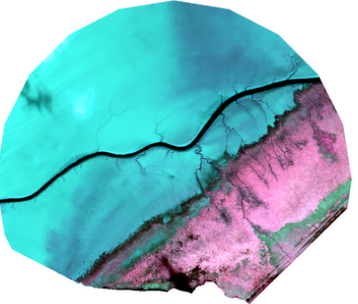
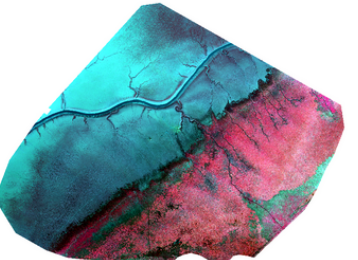
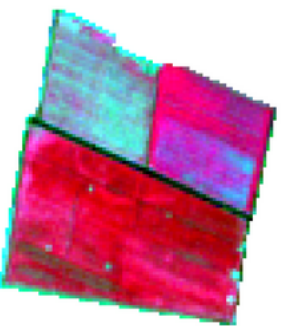
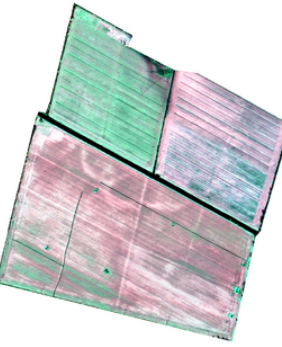
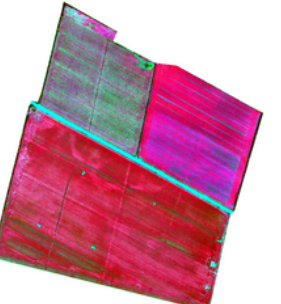
Images utilisées

B=Blue, G=Green, R=Red, RE= Red Edge, NIR= Near Infrared, SWIR= Short Wave Infrared

	Sentinel 2	Pleiades	
Résolution spatiale	10m	50cm	
Résolution spectrale	<i>coastal aerosol</i> , B, G, R, RE1, RE2, RE3, NIR, Narrow NIR, <i>water vapour</i> , <i>SWIR Cirrus</i> SWIR1, SWIR2	panchromatic, B, G, R, NIR	
Esnandes	12 février 8 avril 16 mai 5 et 7 juin 	7 février 	
Marans	12 février 8 avril 5 et 28 mai 	7 février 	

Images utilisées

B=Blue, G=Green, R=Red, RE= Red Edge, NIR= Near Infrared, SWIR= Short Wave Infrared

	Sentinel 2	Pleiades	Phantom, capteur Sequoia
Résolution spatiale	10m	50cm	10cm
Résolution spectrale	<i>coastal aerosol</i> , B, G, R, RE1, RE2, RE3, NIR, Narrow NIR, <i>water vapour</i> , <i>SWIR Cirrius</i> SWIR1, SWIR2	panchromatic, B, G, R, NIR	G, R, RE, NIR
Esnandes	12 février 8 avril 16 mai 5 et 7 juin 	7 février 	20 février 17 avril 
Marans	12 février 8 avril 5 et 28 mai 	7 février 	21 février 19 avril 

Echantillons terrains

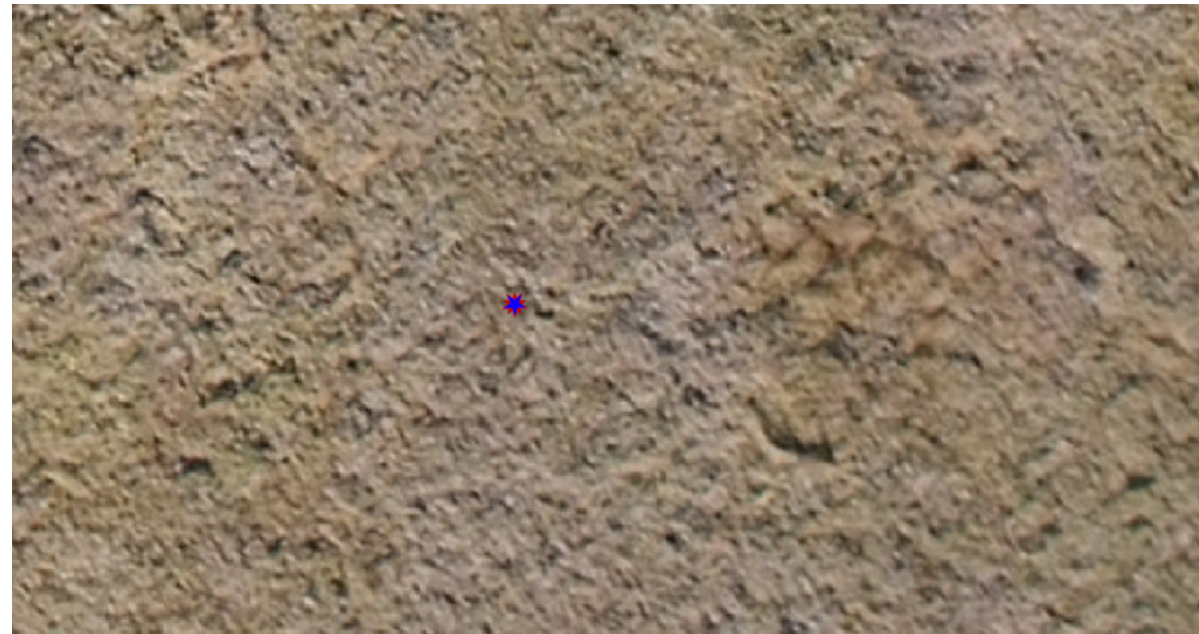
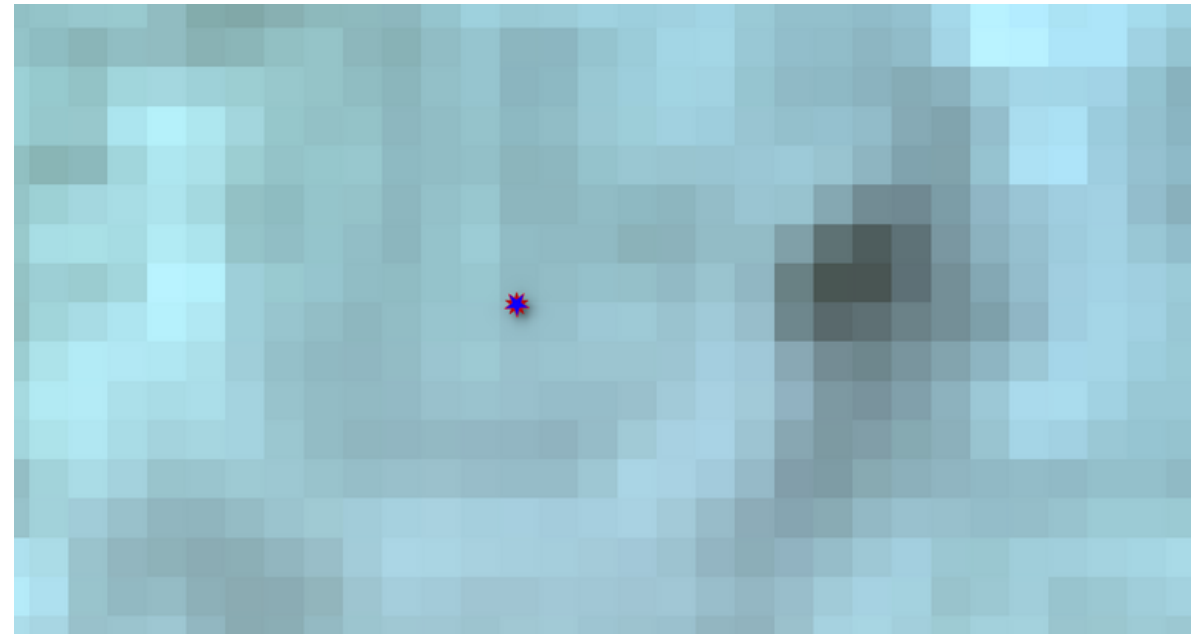
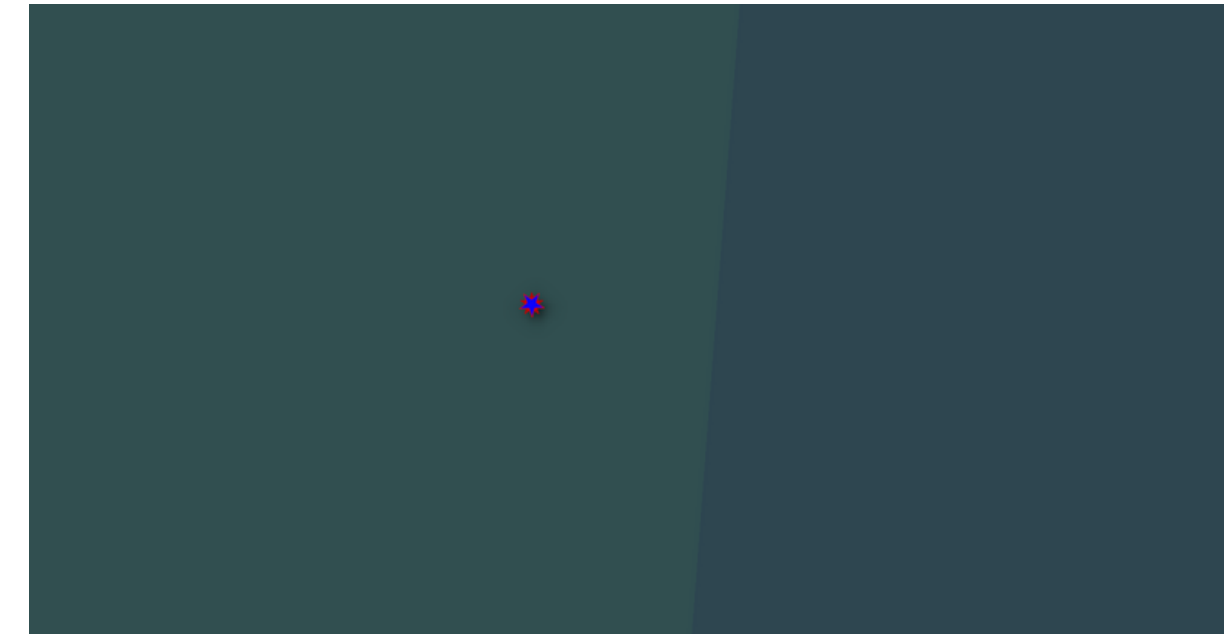


Image RGB drone
(résolution 3cm)



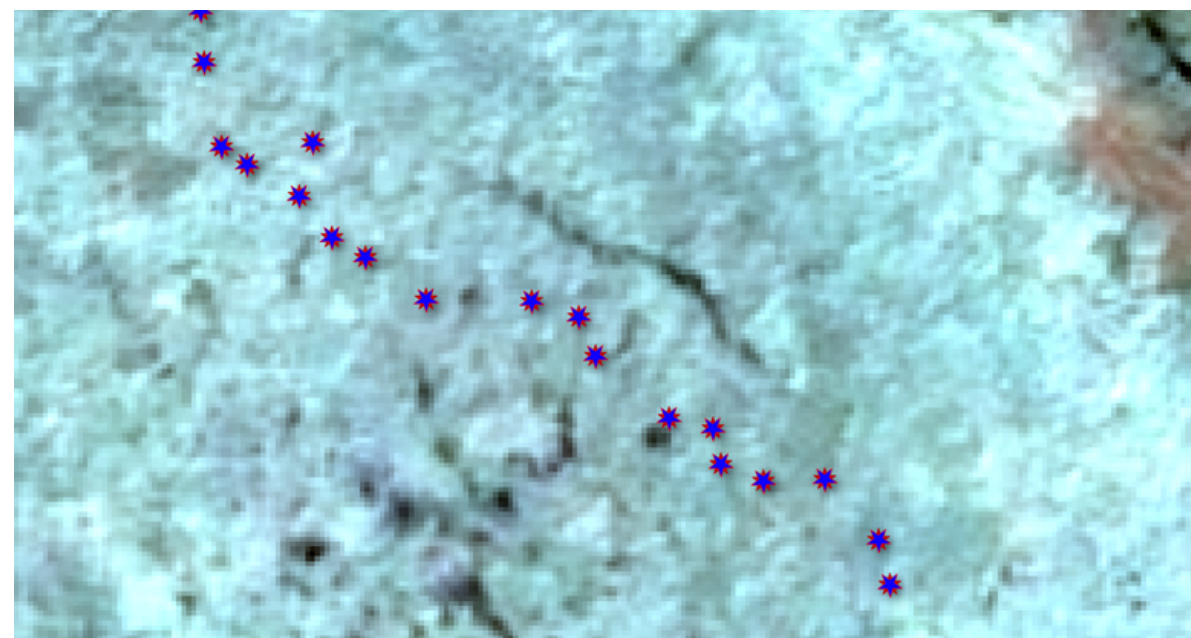
Pléiades
(résolution 50 cm)



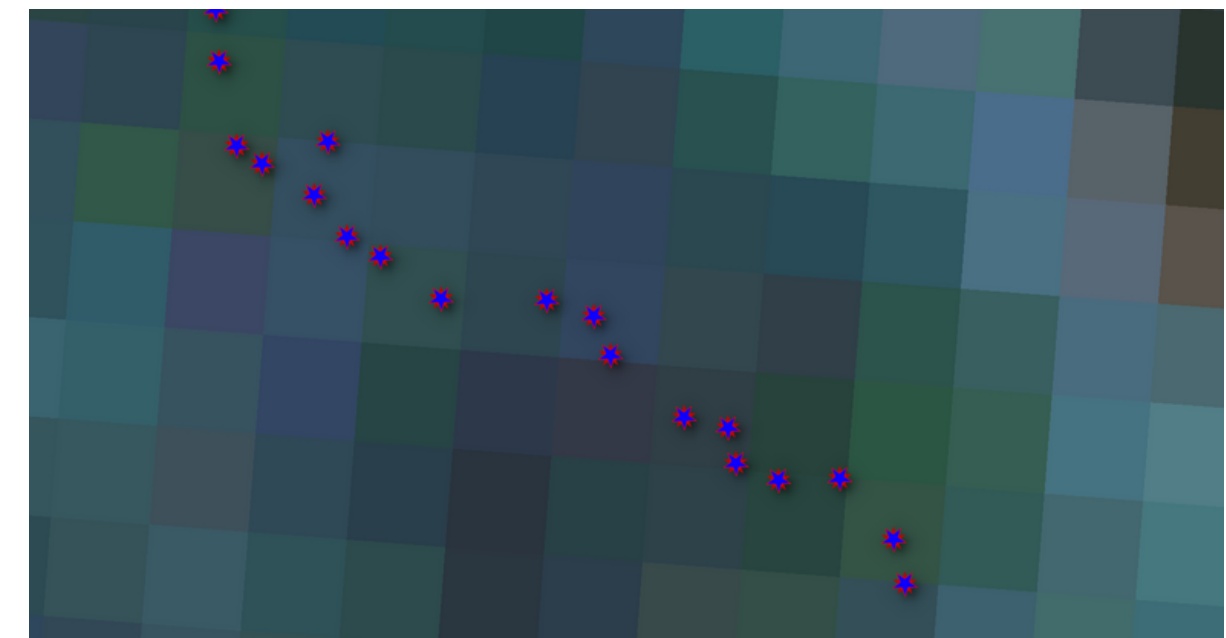
Sentinel 2
(résolution 10 m)



Sequoia
(résolution 10cm)

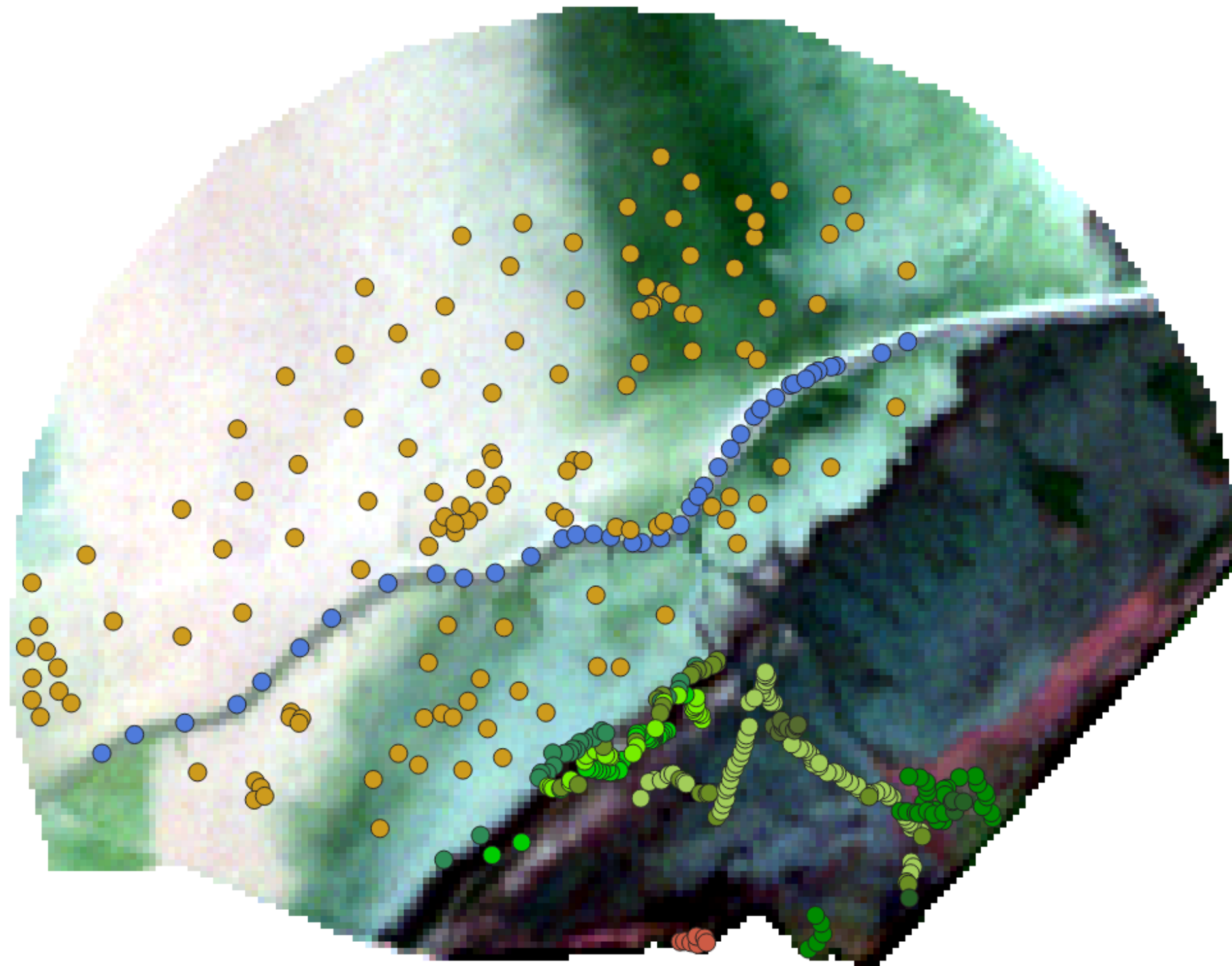


Pléiades



Sentinel 2

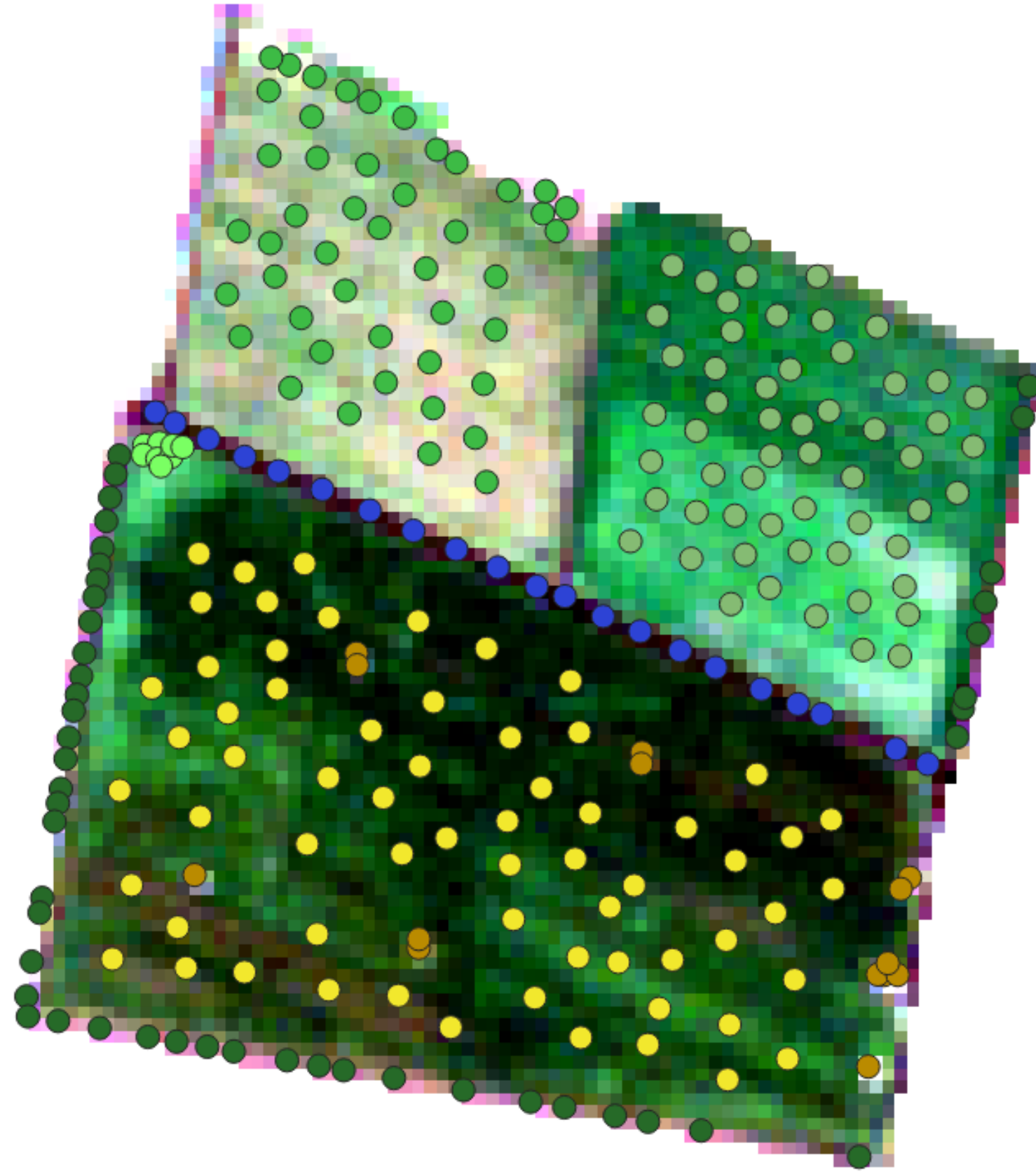
Echantillons terrains et classes d'occupation des sols



Classes d'occupation des sols

- agropyron
- soude
- obione
- obione dégradée
- phragmite
- aster
- puccinellie
- salicorne
- spartine
- vase
- eau

Echantillons terrains et classes d'occupation des sols



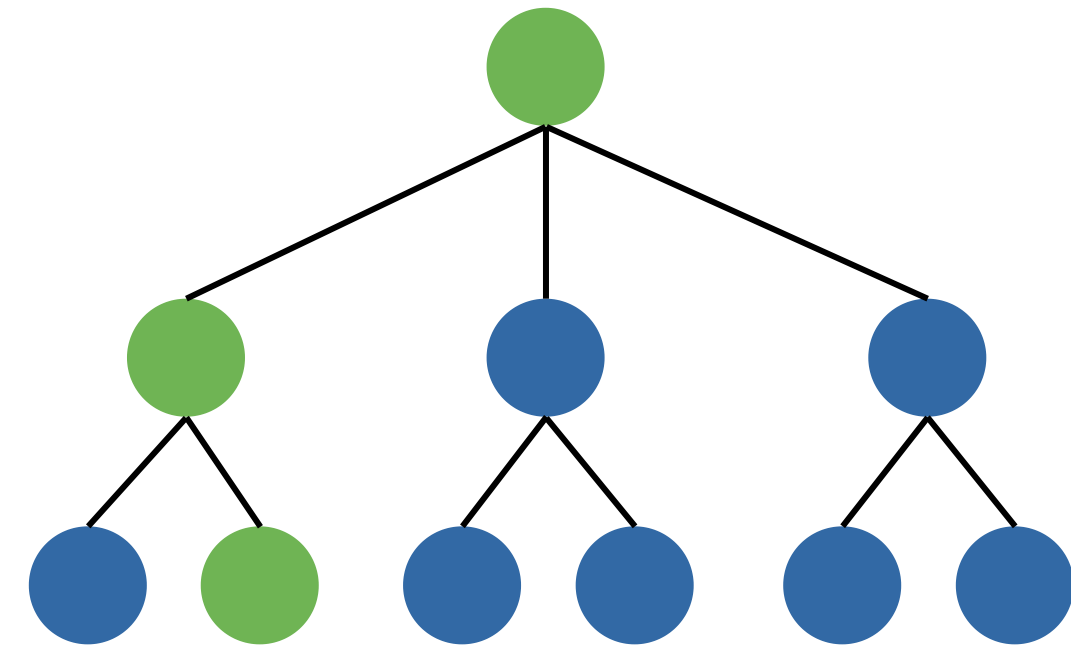
Classes d'occupation des sols

-  prairie
-  méteil
-  blé
-  bande enherbée
-  arbres et arbustes
-  sol nu
-  eau

Présentation Random Forest

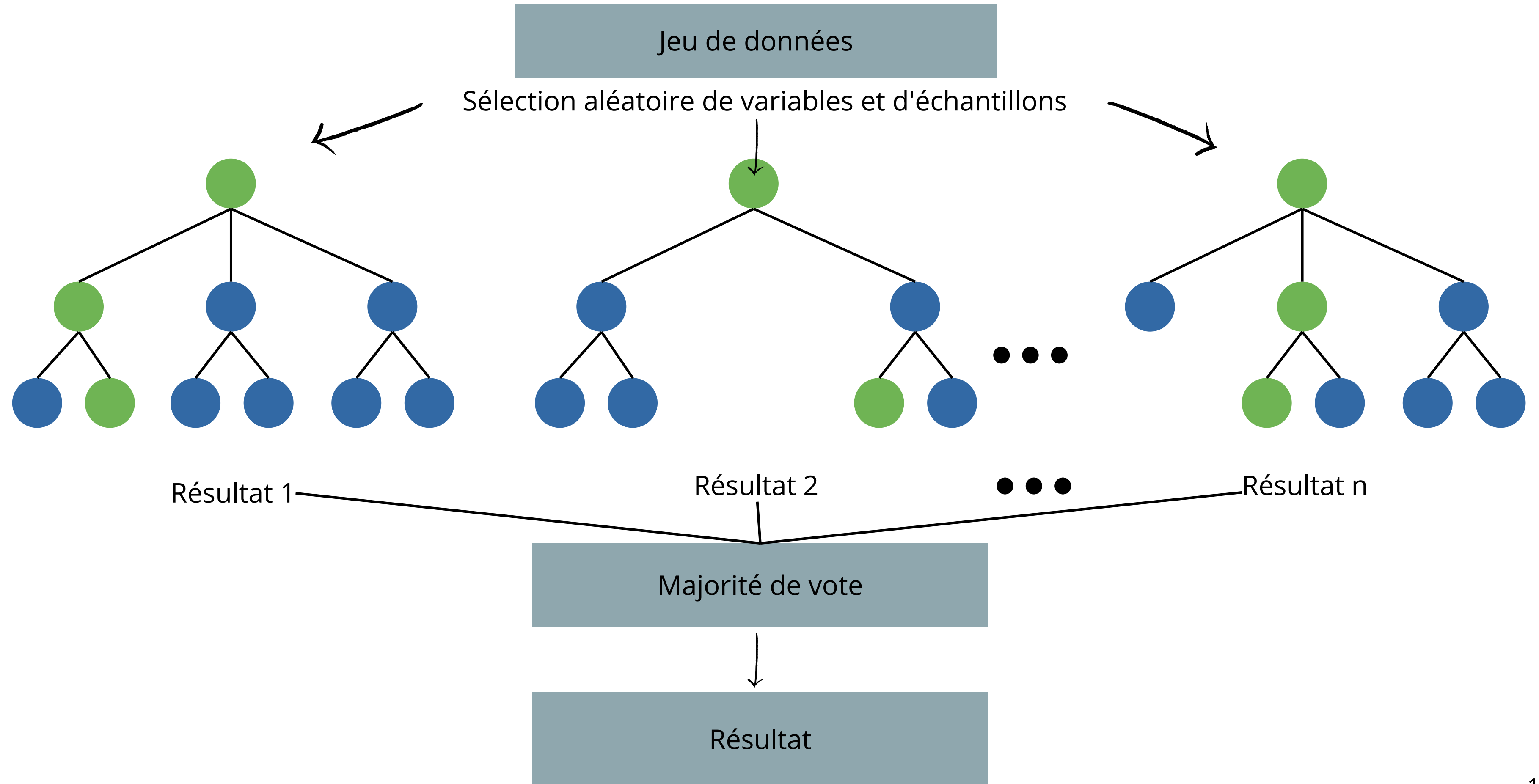
Jeu de données

Sélection aléatoire de variables et d'échantillons



Résultat 1

Présentation Random Forest



Classification Random Forest



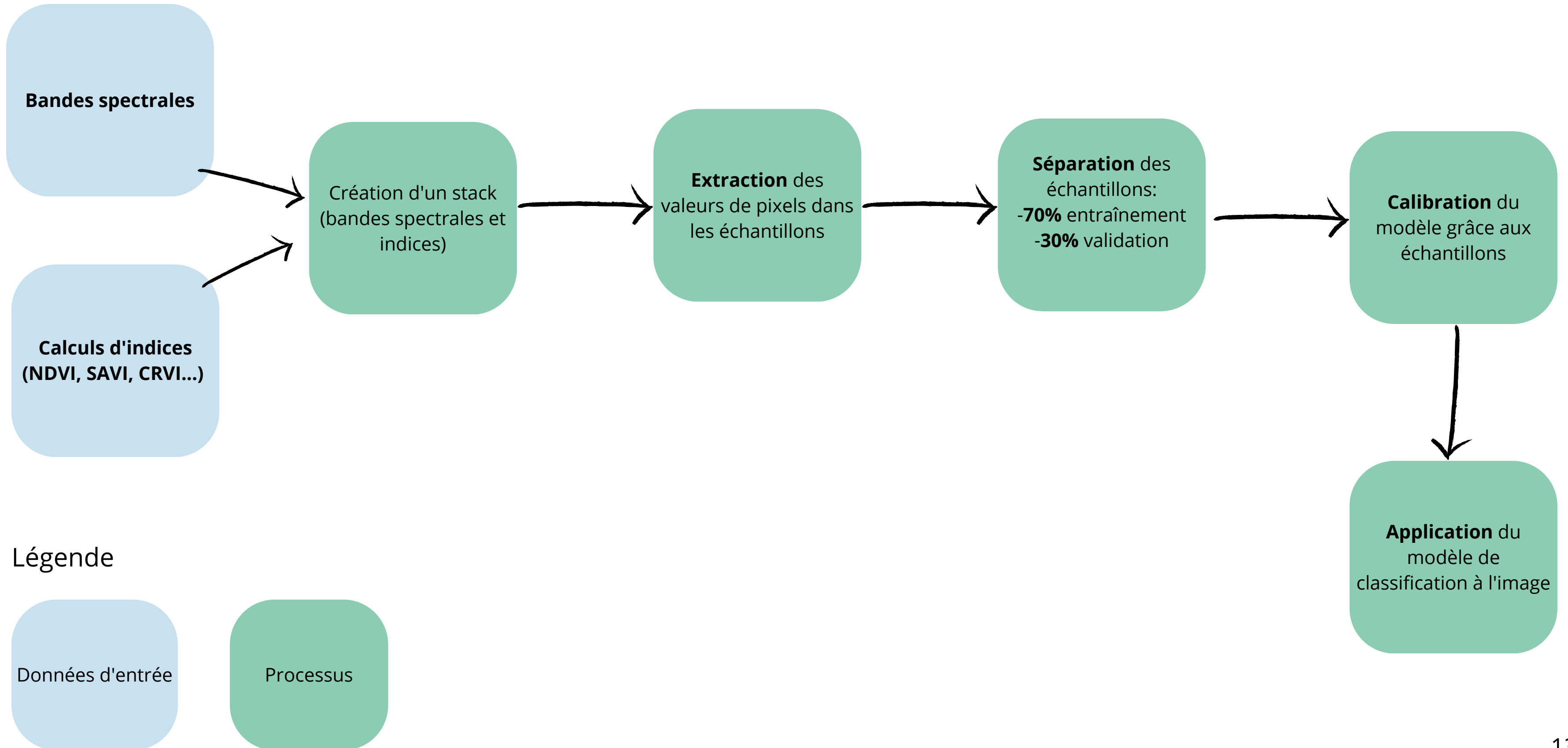
Bandes spectrales

Calculs d'indices
(NDVI, SAVI, CRVI...)

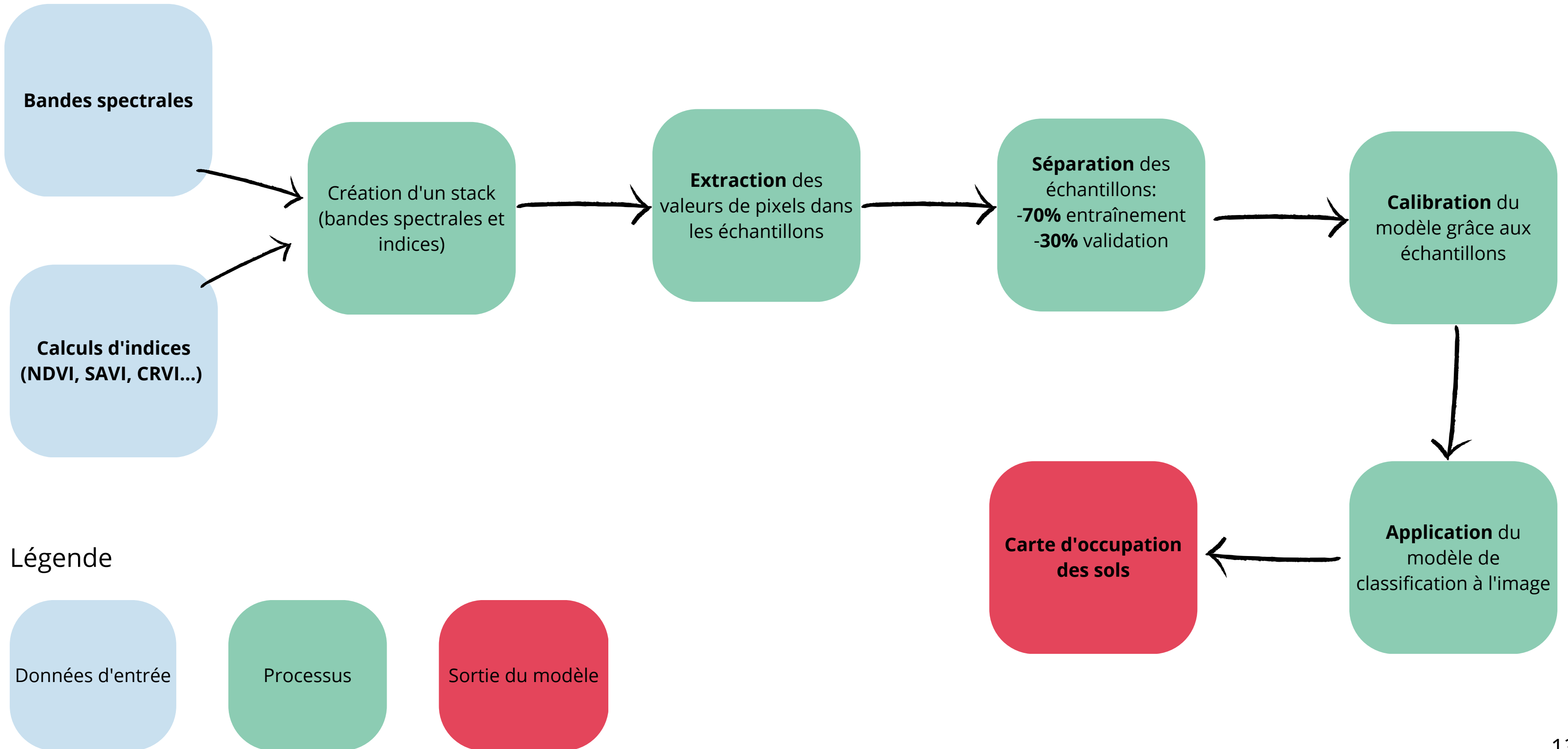
Légende

Données d'entrée

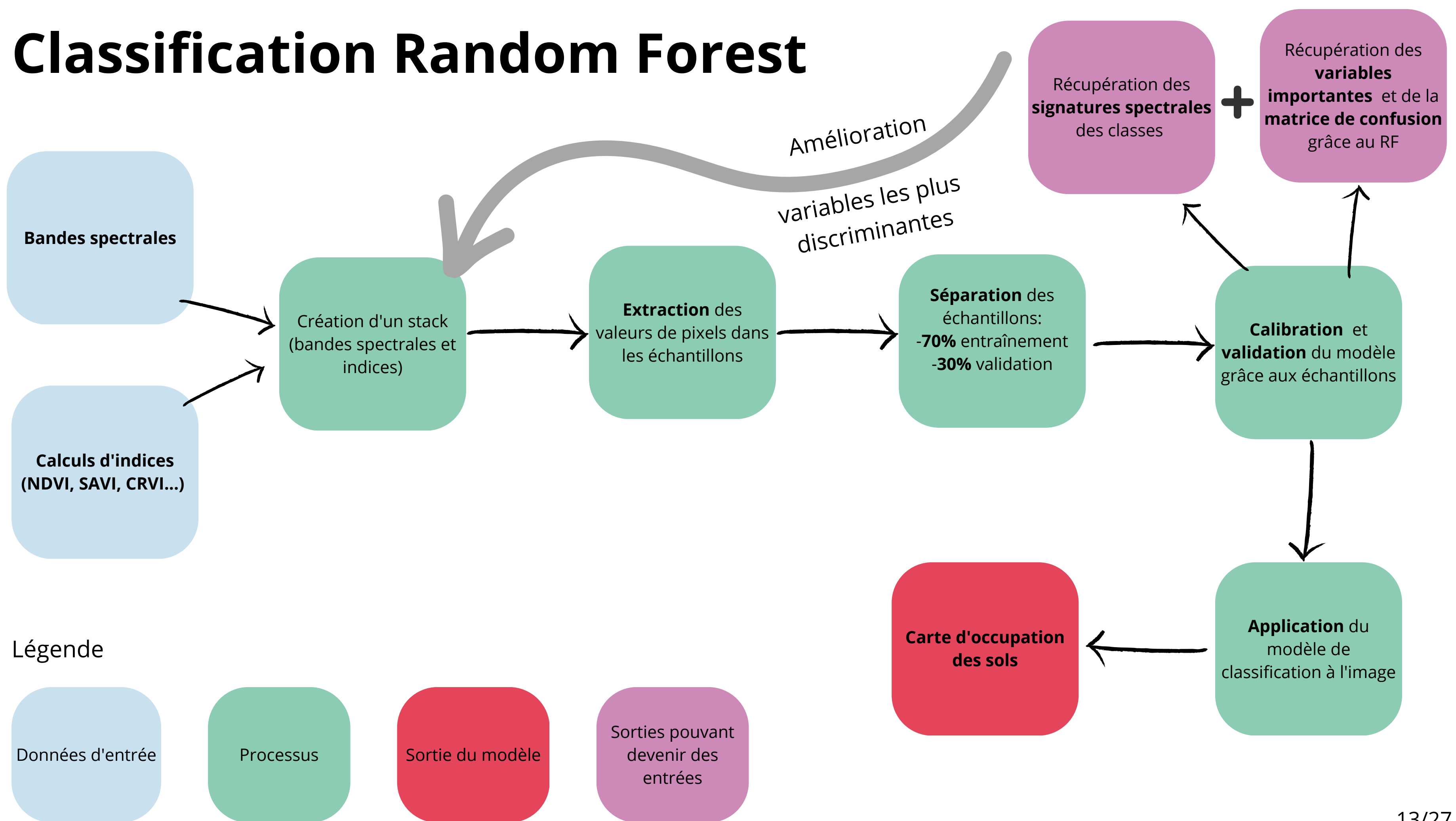
Classification Random Forest



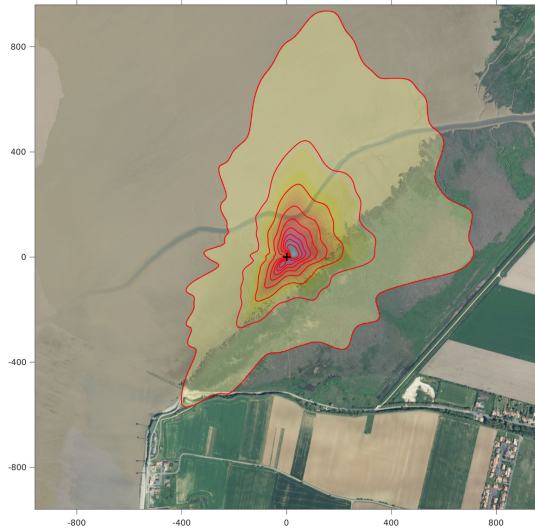
Classification Random Forest



Classification Random Forest

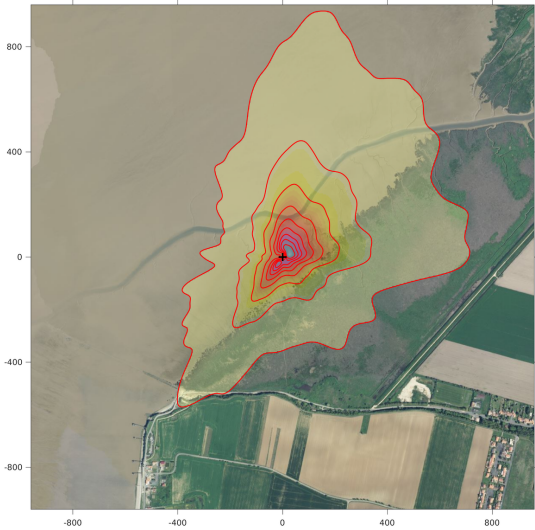


Récupération des footprints

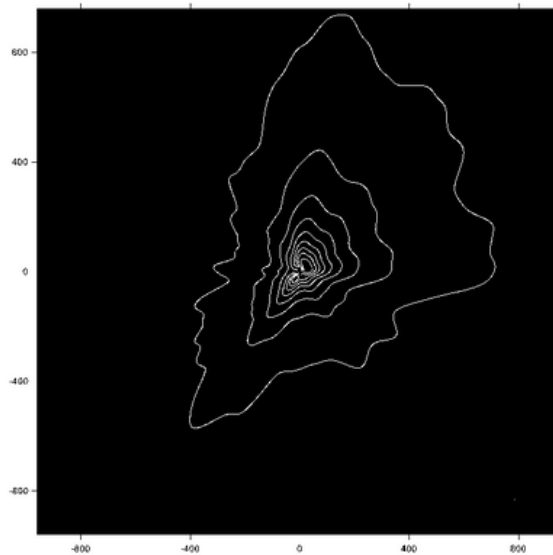


Géoréférencement

Récupération des footprints

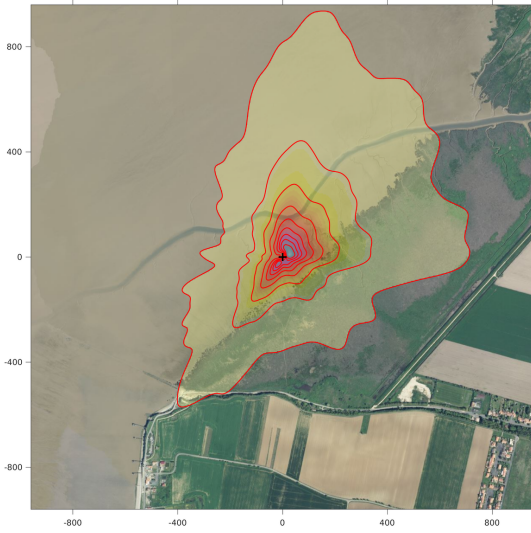


Géoréférencement

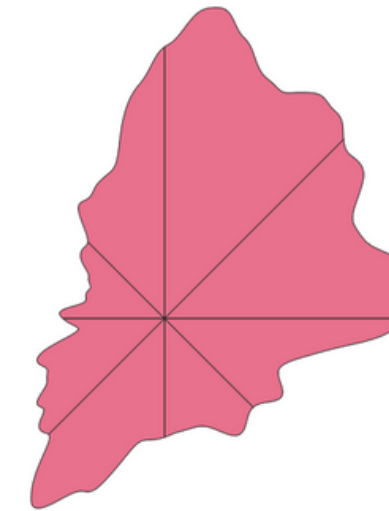
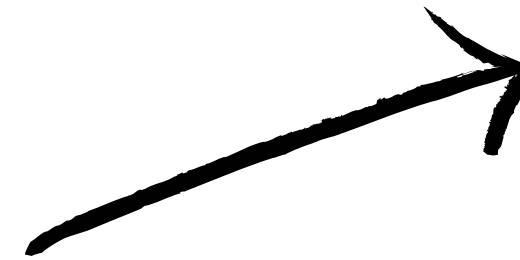
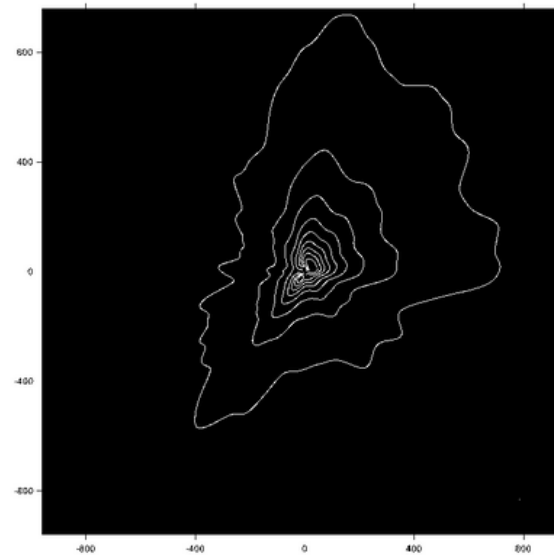


Simplification en image binaire:
si pixel img1 dans le rouge = 255
alors pixel img2 = 1 sinon pixel = 0

Récupération des footprints



Géoréférencement



Vectorisation de l'image binaire
Récupération du footprint
Découpe des secteurs de vent

Simplification en image binaire:
si pixel img1 dans le rouge = 255
alors pixel img2 = 1 sinon pixel = 0

Script python série temporelle de NDVI

NDVI= $(NIR-R)/(NIR+R)$ donne l'état de la végétation



- Vecteur zone d'étude
- date de début et de fin
- couverture nuageuse

Script python série temporelle de NDVI

NDVI= $(NIR-R)/(NIR+R)$ donne l'état de la végétation

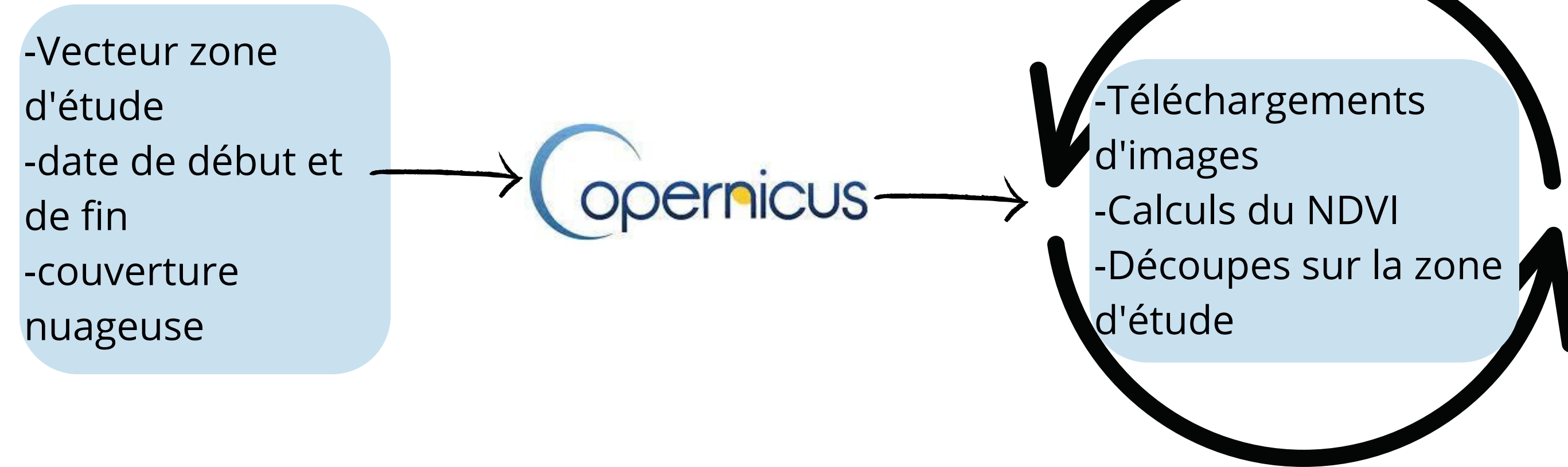


- Vecteur zone d'étude
- date de début et de fin
- couverture nuageuse



Script python série temporelle de NDVI

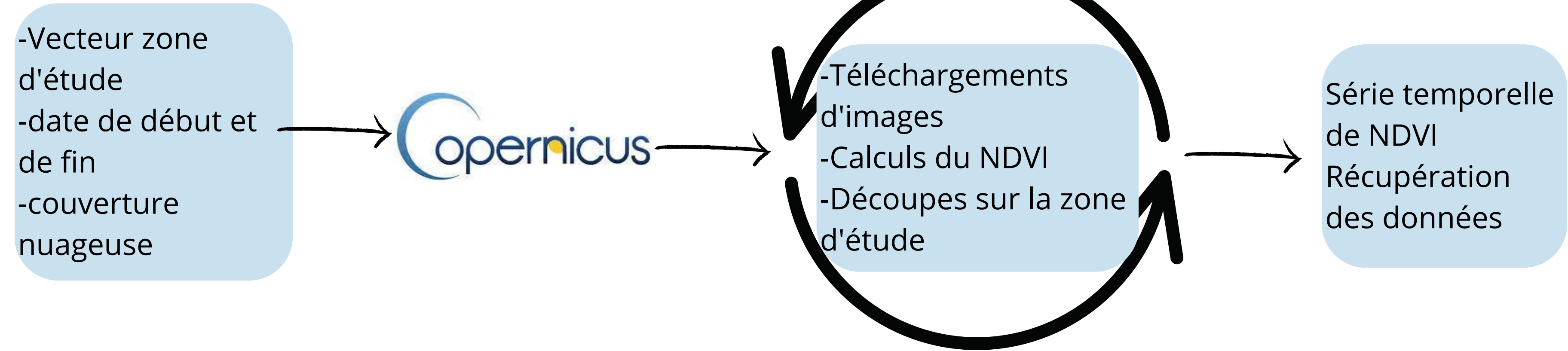
NDVI= (NIR-R)/(NIR+R) donne l'état de la végétation



Script python série temporelle de NDVI



NDVI= (NIR-R)/(NIR+R) donne l'état de la végétation

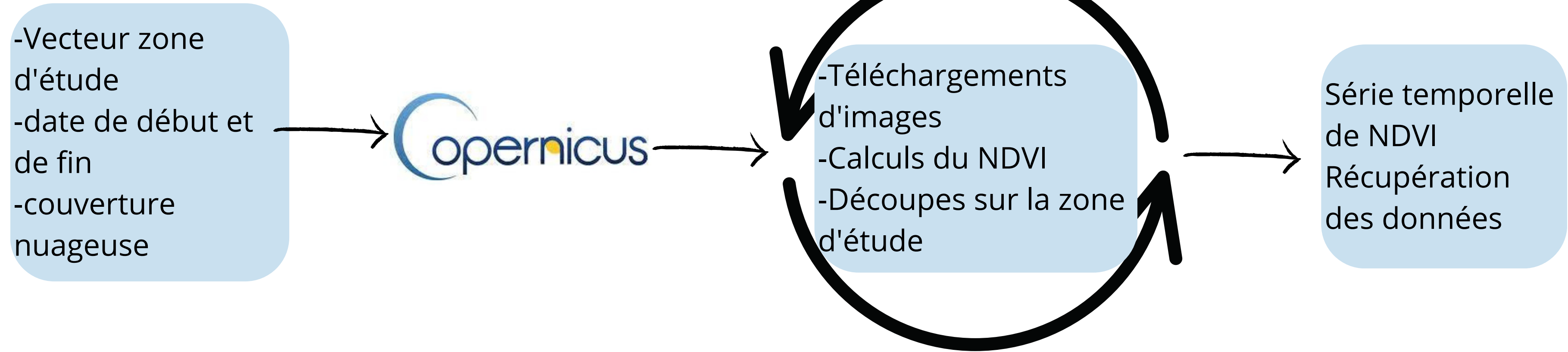


Inconvénient: ne fonctionne pas pour des images "anciennes" (1 an) à cause de leur archivage

Script python série temporelle de NDVI



NDVI= (NIR-R)/(NIR+R) donne l'état de la végétation



Inconvénient: ne fonctionne pas pour des images "anciennes" (1 an) à cause de leur archivage

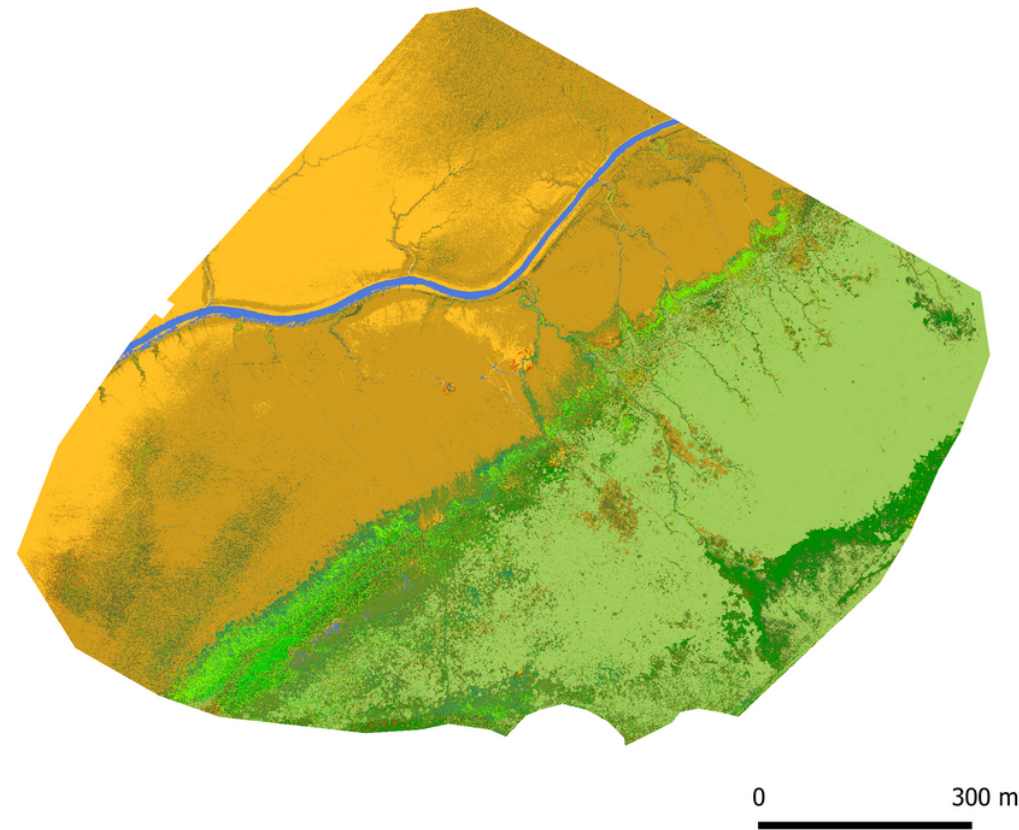


Outil de visualisation
Pas de récupération de données

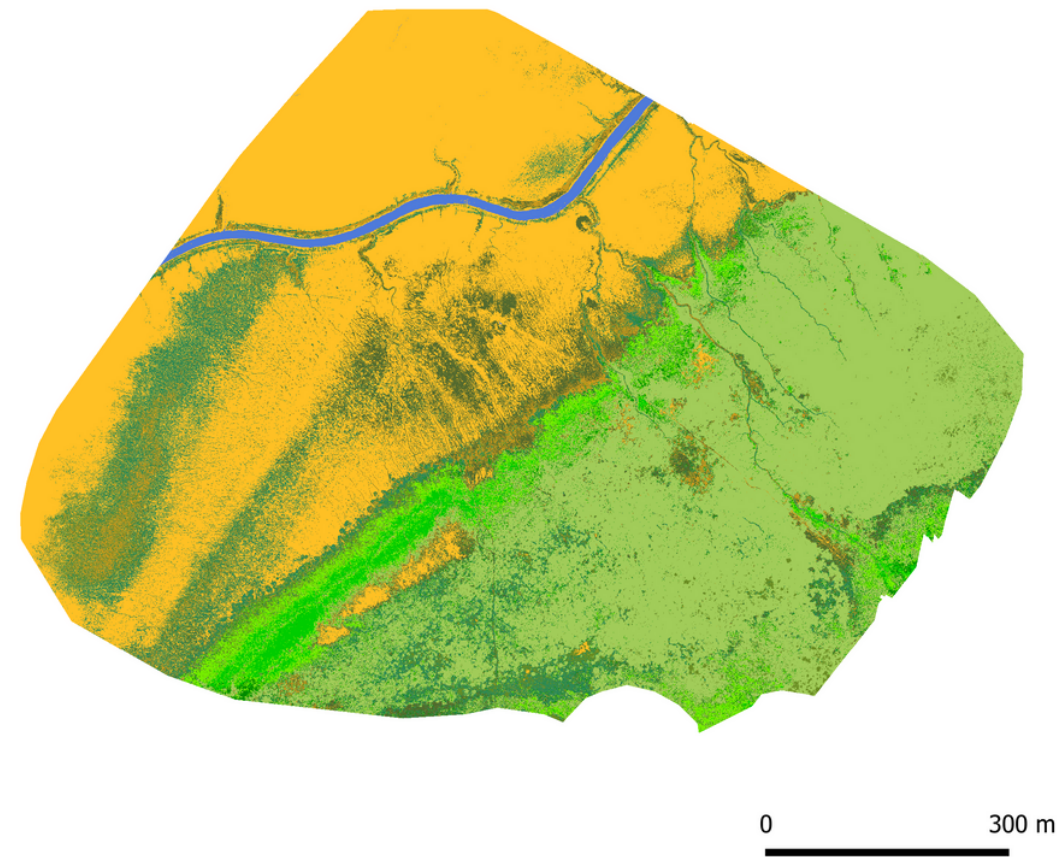
Résultats

Drone Esnandes

20 Février



17 Avril



Classes d'occupation des sols

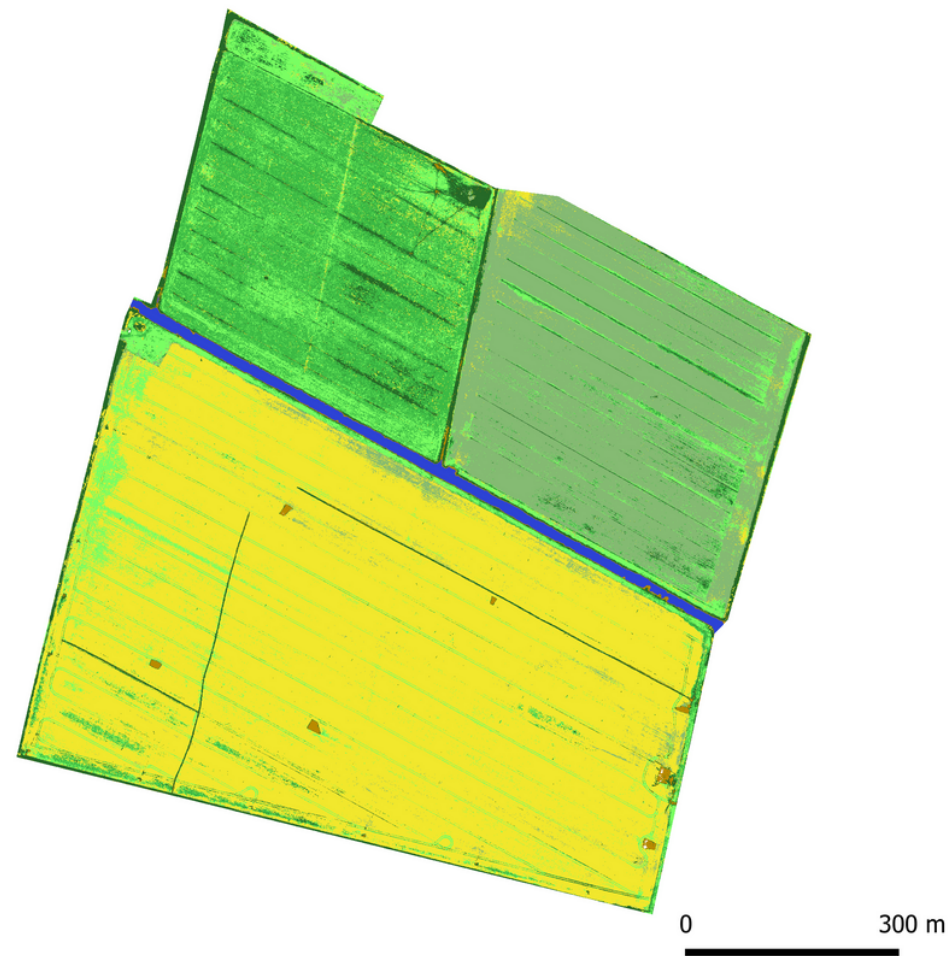
- agropyron
- soude
- obione
- obione dégradée
- phragmite
- aster
- puccinellie
- salicorne
- spartine
- vase avec une plus forte activité chlorophyllienne
- vase
- eau

Cartes de l'occupation des sols du site d'Esnandes réalisées à partir d'images drone (capteur Sequoia)

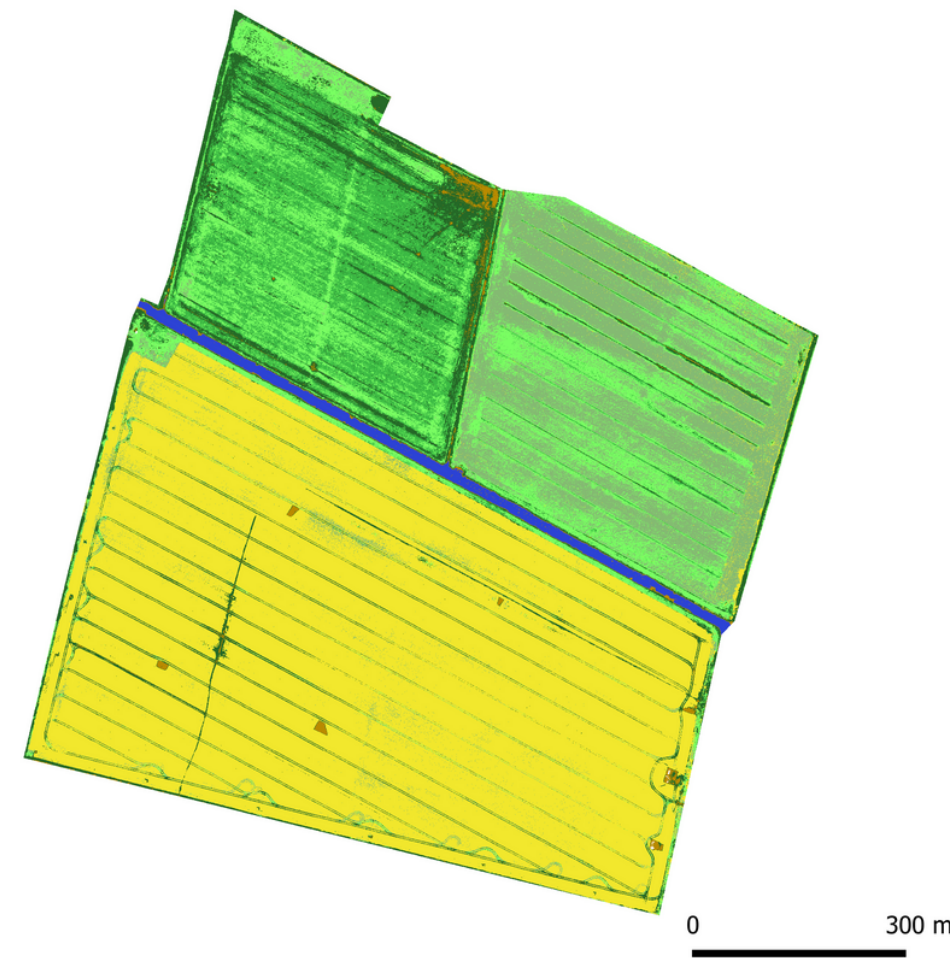
Résultats

Drone
Marans

21 Février



19 Avril



Classes d'occupation des sols

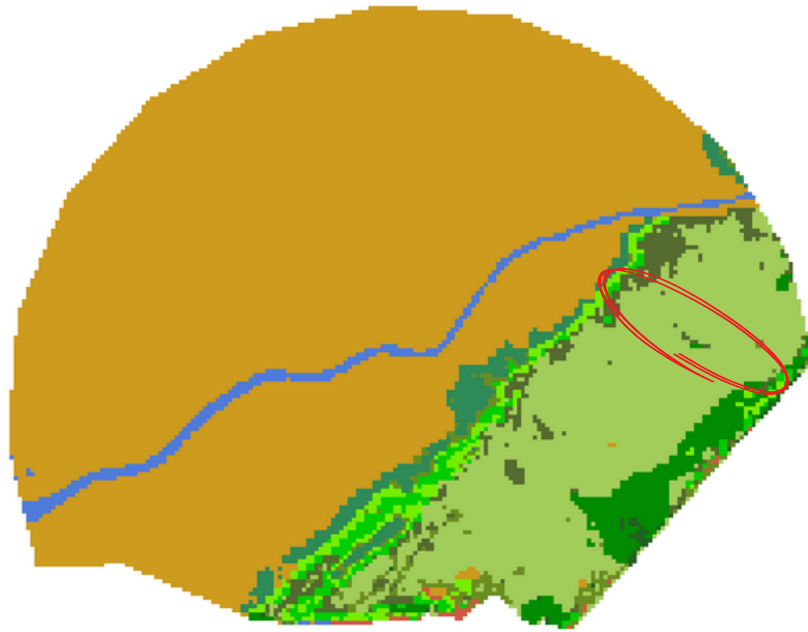
- prairie
- méteil
- blé
- bande enherbée
- arbres et arbustes
- sol nu
- eau

Cartes de l'occupation des sols du site de Marans réalisées à partir d'images drone (capteur Sequoia)

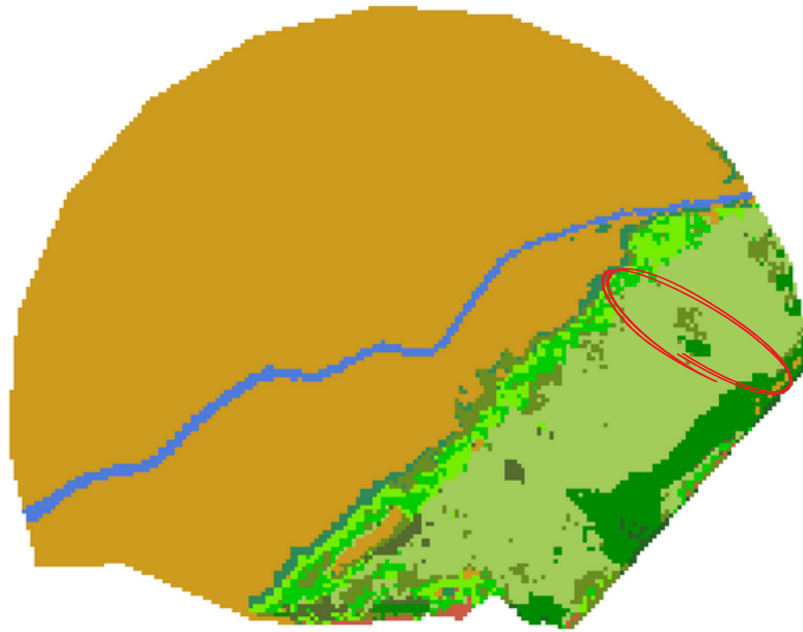
Résultats

Sentinel 2
Esnandes

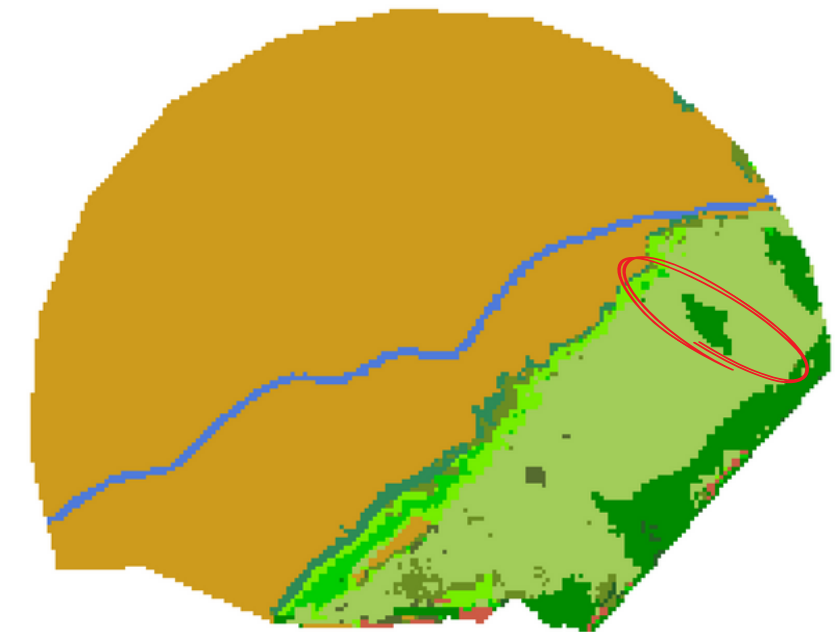
Février



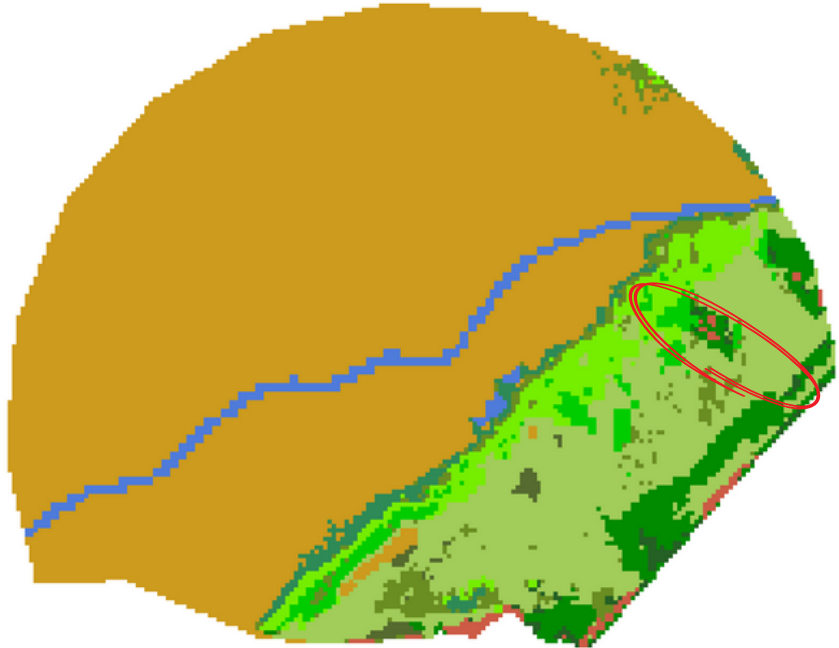
Mars



Multi-dates



Avril



Mai



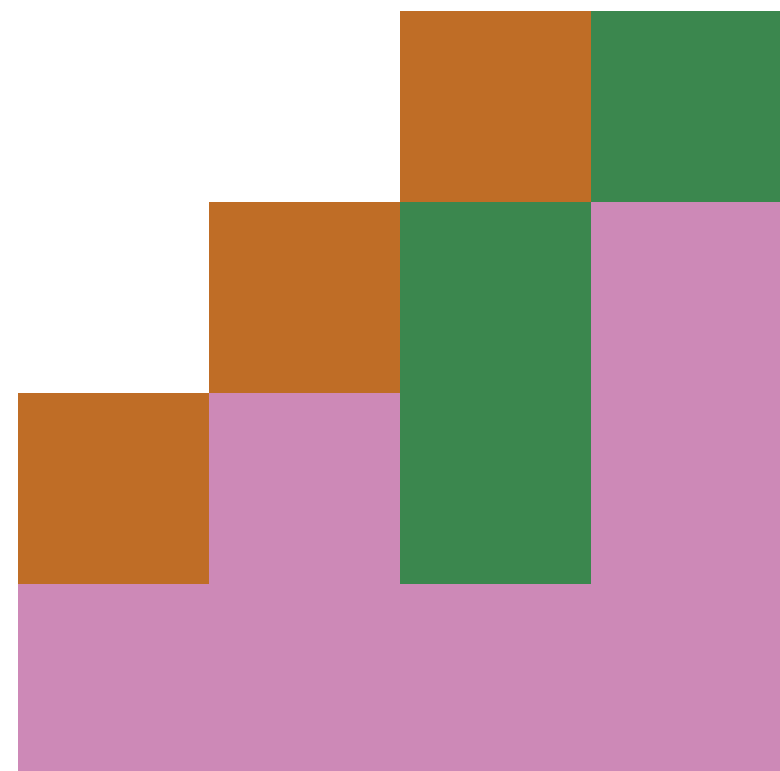
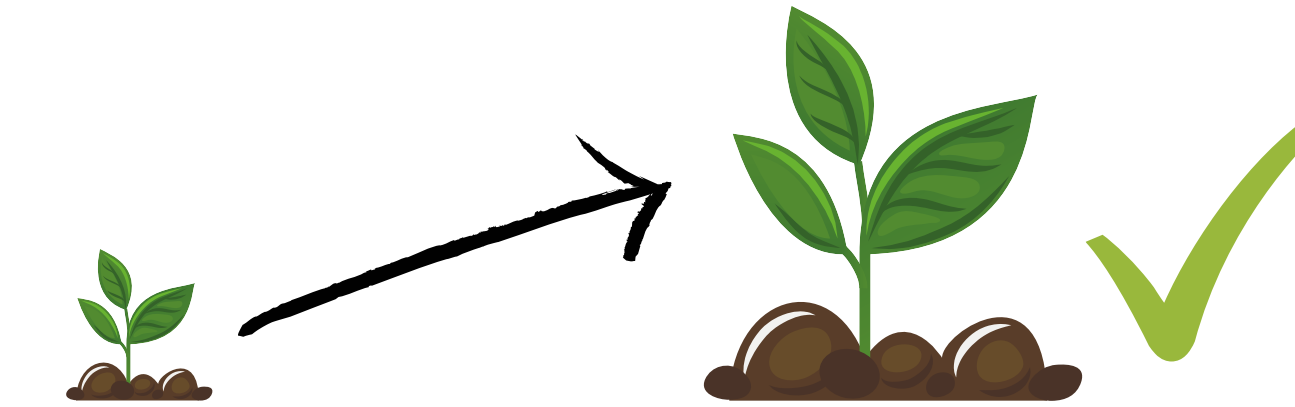
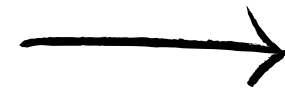
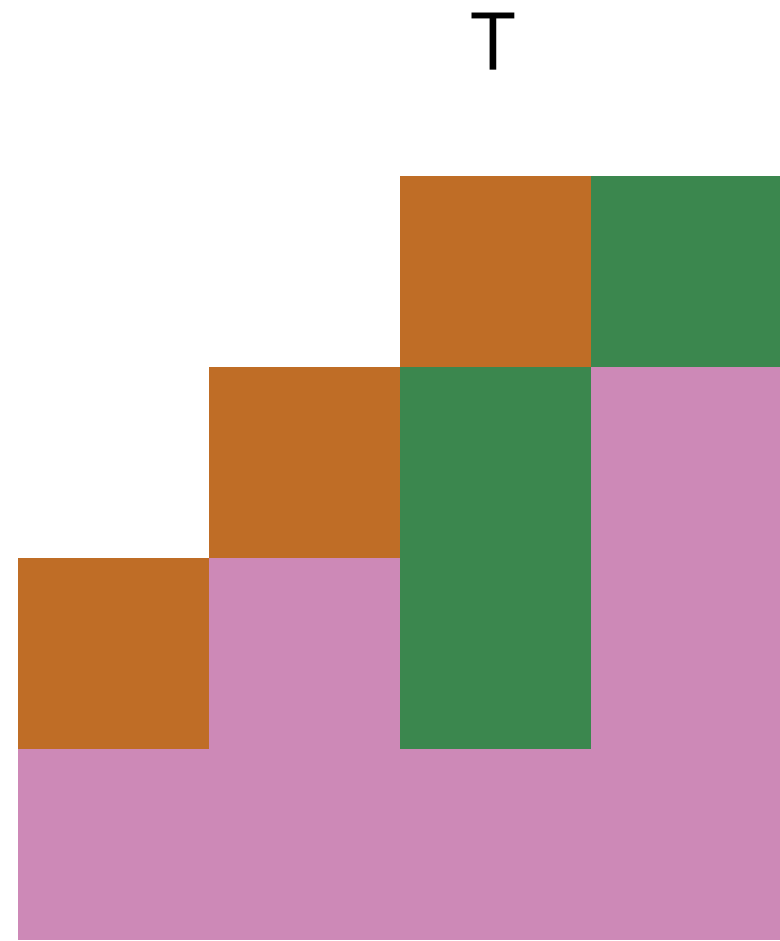
Classes d'occupation des sols

- agropyron
- soude
- obione
- obione dégradée
- phragmite
- aster
- puccinellie
- salicorne
- spartine
- vase
- eau

Comparaison des cartes mono-date et multi-dates du site d'Esnandes

Résultats

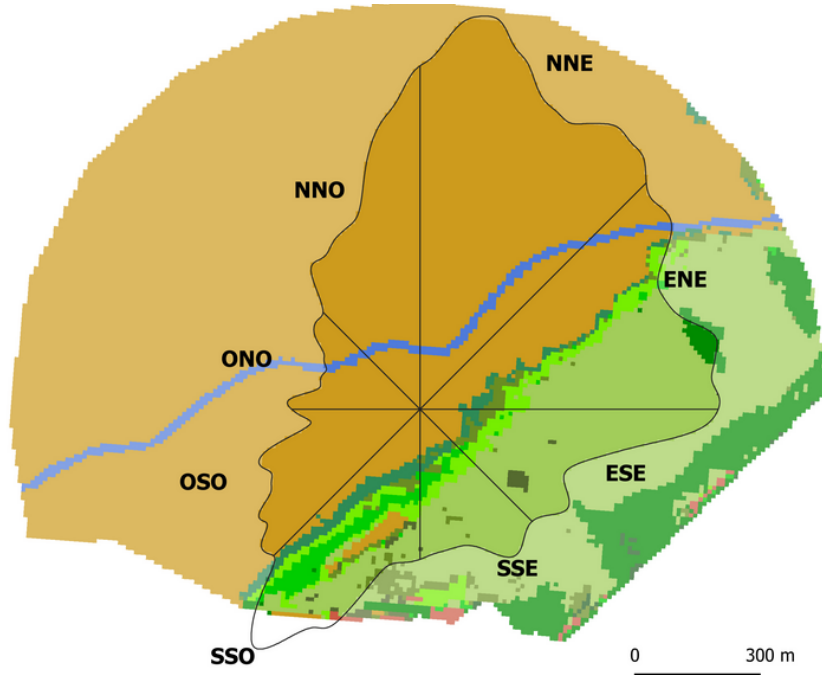
Pourquoi **une** seule carte pour la période février mai?



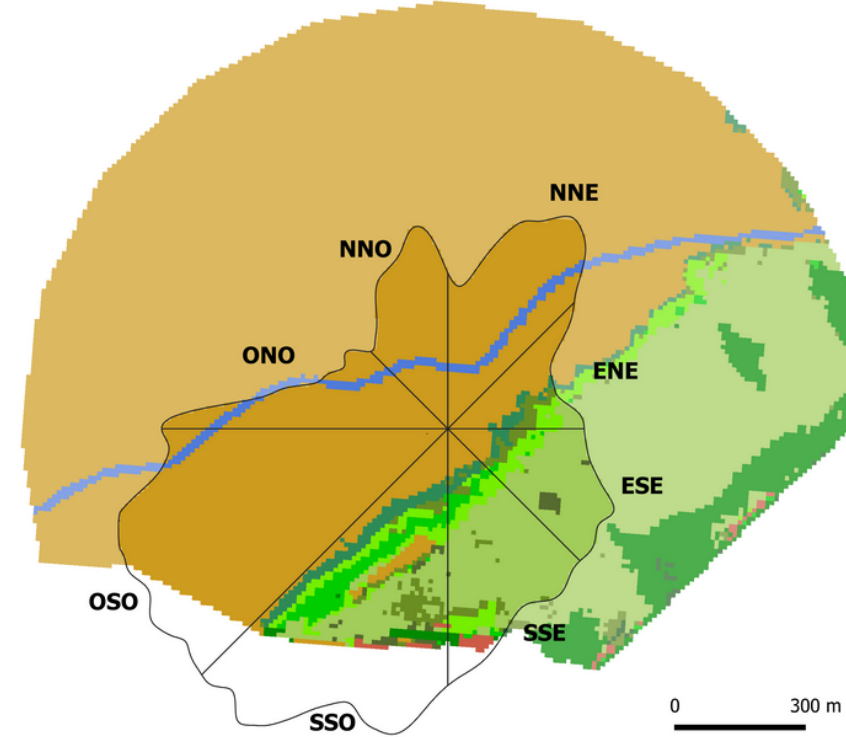
Résultats

Sentinel 2 Esnandes

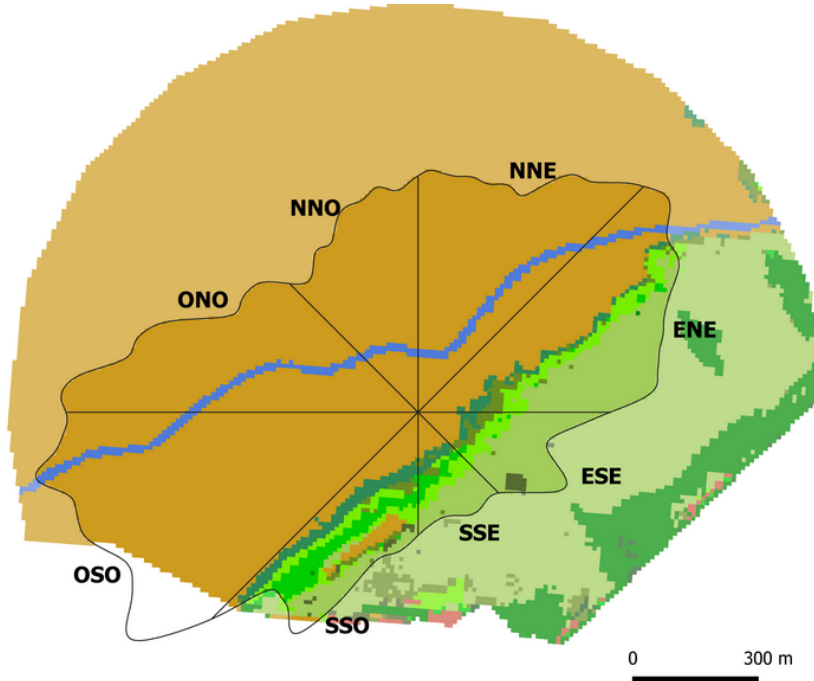
Février



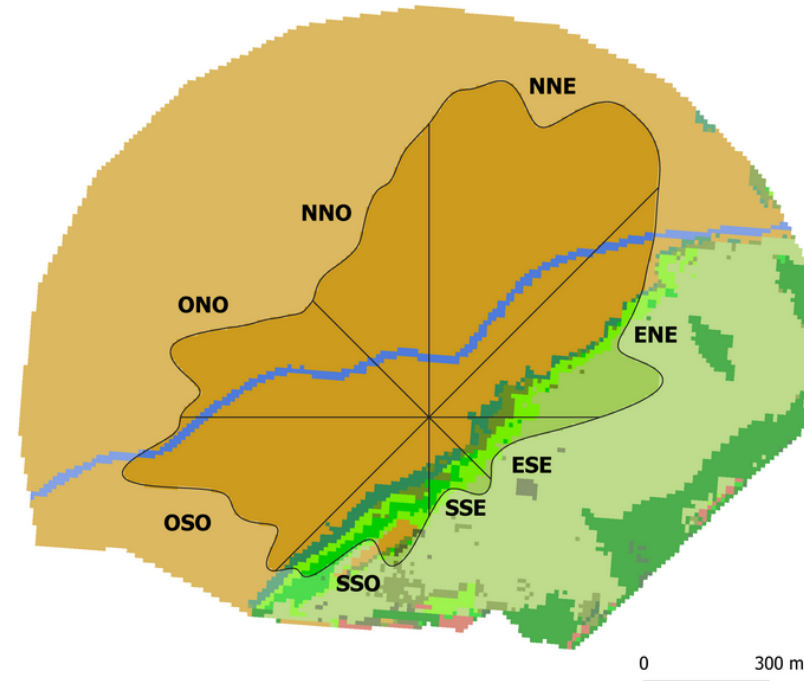
Mars



Avril



Mai



Footprint de la station d'Eddy Covariance

Classes d'occupation des sols

- agropyron
- soude
- obione
- obione dégradée
- phragmite
- aster
- puccinellie
- salicorne
- spartine
- vase
- eau

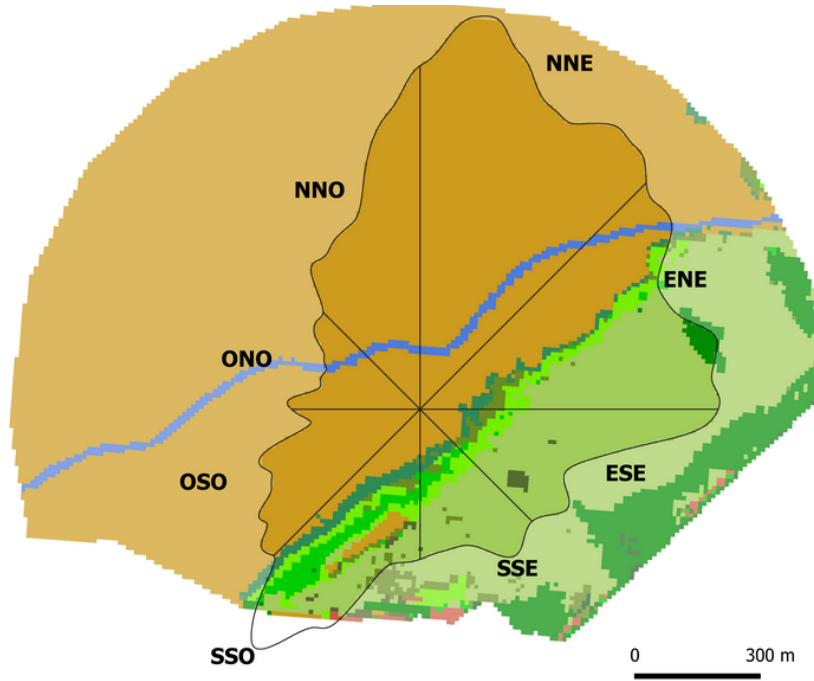
Précision= 95,73 %

Cartes de l'occupation des sols du site d'Esnandes réalisées à partir d'images Sentinel 2 acquises le 12 février, le 8 avril et le 16 mai

Résultats

Sentinel 2 Esnandes

Février



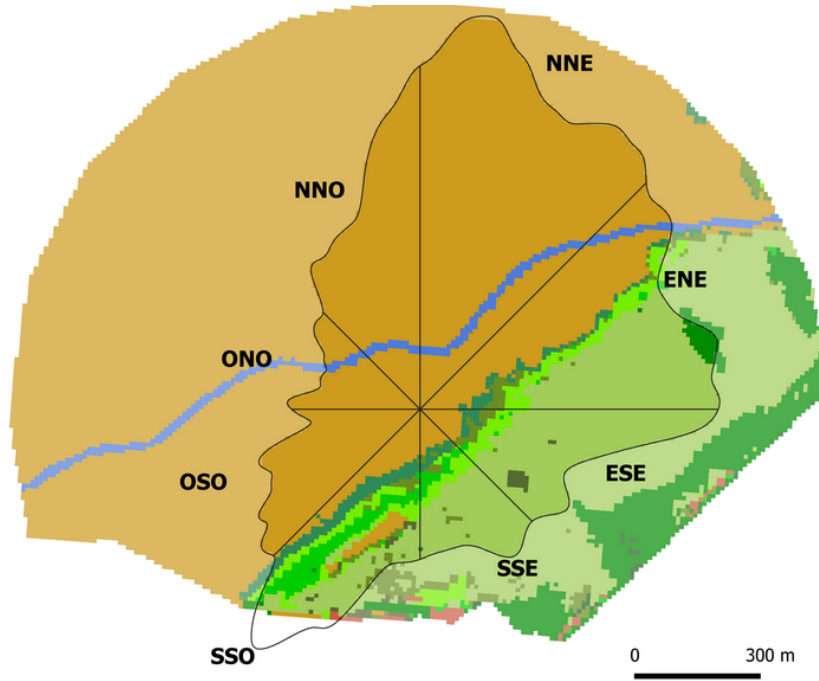
Surface en ha février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					0,24			
agropyron		0,61			0,04			
aster		1,53	0,59	0,57	1,51			
eau	1,05	0,41					0,23	0,31
puccinellie		0,09	0,07	0,37	1,71			
vase	28,4	8,64	0,58	0,47	2,74	7	3,41	12,14
obione		8,13	7,76	4,15	2,55			
obione dégradée			0,22	0,01	0,19			
salicorne		0,55	0,36	0,22	0,62			
soude								
spartine		0,81	0,23	0,24	1,26			
phragmite					0,06			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09
pourcentage par secteur février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					2,20			
agropyron		2,94			0,37			
aster		7,37	6,01	9,45	13,83			
eau	3,57	1,97					6,32	2,49
puccinellie		0,43	0,71	6,14	15,66			
vase	96,43	41,60	5,91	7,79	25,09	100,00	93,68	97,51
obione		39,14	79,10	68,82	23,35			
obione dégradée			2,24	0,17	1,74			
salicorne		2,65	3,67	3,65	5,68			
soude								
spartine		3,90	2,34	3,98	11,54			
phragmite					0,55			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

Tableau d'occupation des sols (surface en ha et pourcentage) par secteurs de vent en février à Esnandes

Résultats

Sentinel 2 Esnandes

Février



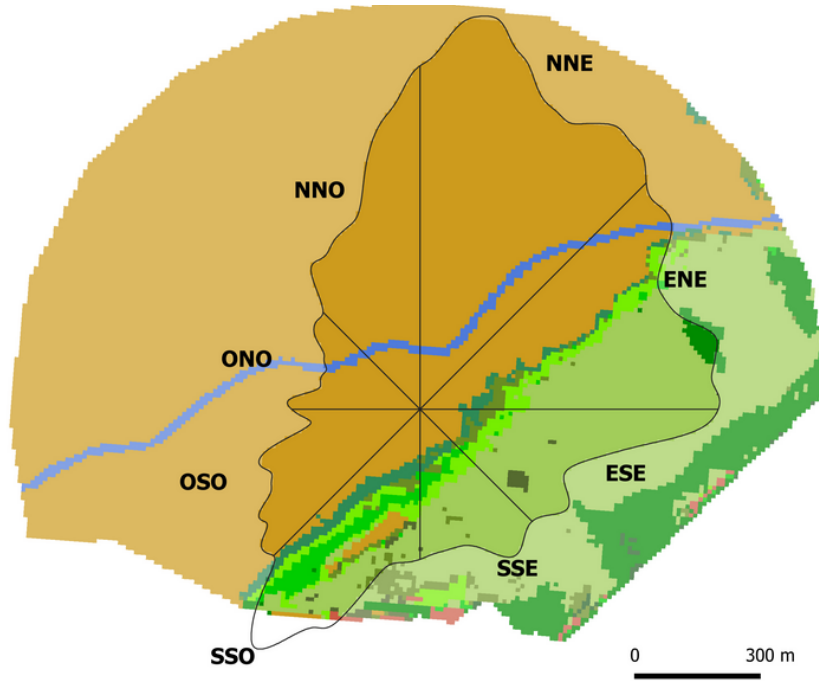
Surface en ha février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					0,24			
agropyron		0,61			0,04			
aster		1,53	0,59	0,57	1,51			
eau	1,05	0,41					0,23	0,31
puccinellie		0,09	0,07	0,37	1,71			
vase	28,4	8,64	0,58	0,47	2,74	7	3,41	12,14
obione		8,13	7,76	4,15	2,55			
obione dégradée			0,22	0,01	0,19			
salicorne		0,55	0,36	0,22	0,62			
soude								
spartine		0,81	0,23	0,24	1,26			
phragmite					0,06			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09
pourcentage par secteur février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					2,20			
agropyron		2,94			0,37			
aster		7,37	6,01	9,45	13,83			
eau	3,57	1,97					6,32	2,49
puccinellie		0,43	0,71	6,14	15,66			
vase	96,43	41,60	5,91	7,79	25,09	100,00	93,68	97,51
obione		39,14	79,10	68,82	23,35			
obione dégradée			2,24	0,17	1,74			
salicorne		2,65	3,67	3,65	5,68			
soude								
spartine		3,90	2,34	3,98	11,54			
phragmite					0,55			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

Tableau d'occupation des sols (surface en ha et pourcentage) par secteurs de vent en février à Esnandes

Résultats

Sentinel 2 Esnandes

Février



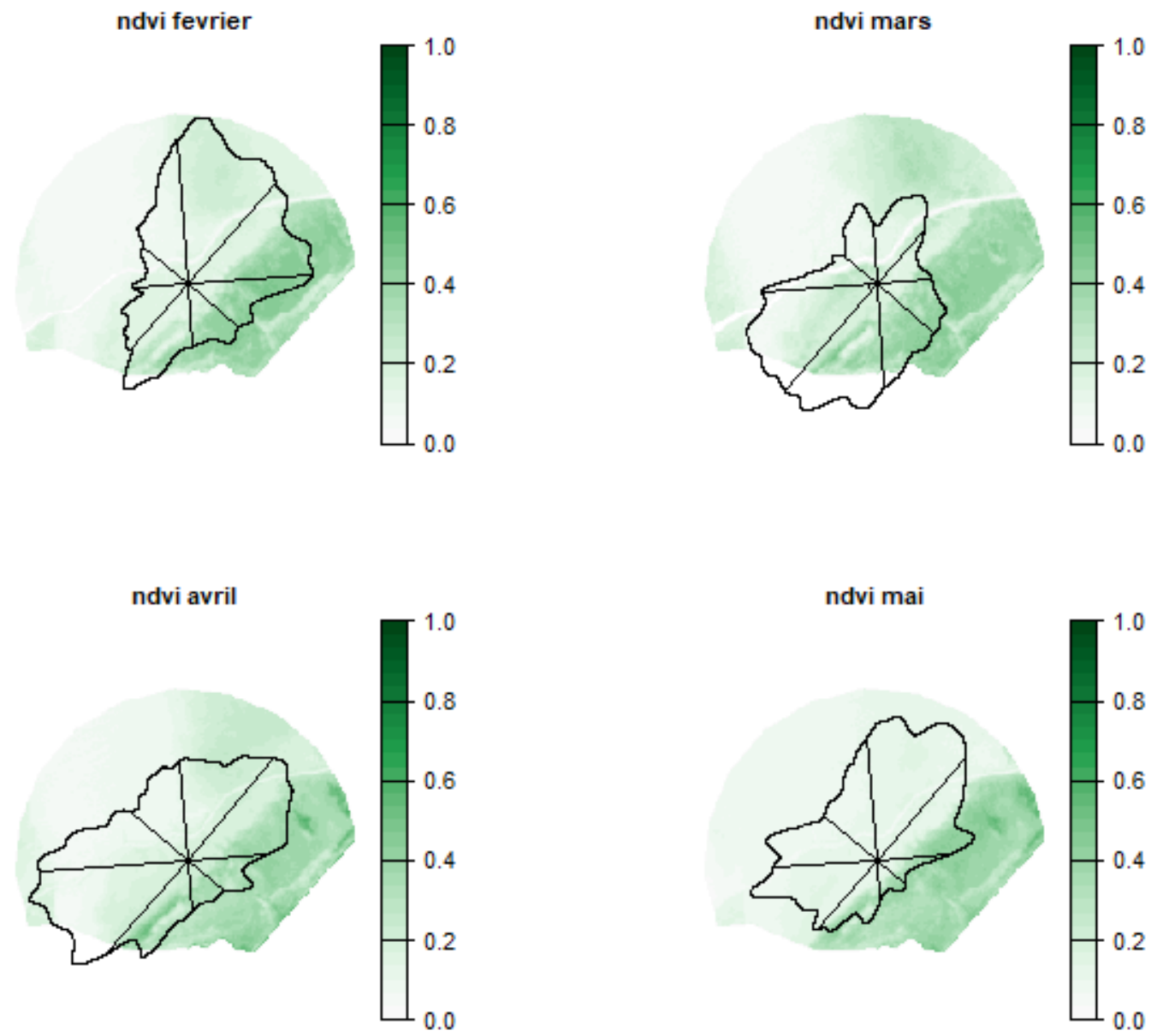
Surface en ha février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					0,24			
agropyron		0,61			0,04			
aster		1,53	0,59	0,57	1,51			
eau	1,05	0,41					0,23	0,31
puccinellie		0,09	0,07	0,37	1,71			
vase	28,4	8,64	0,58	0,47	2,74	7	3,41	12,14
obione		8,13	7,76	4,15	2,55			
obione dégradée			0,22	0,01	0,19			
salicorne		0,55	0,36	0,22	0,62			
soude								
spartine		0,81	0,23	0,24	1,26			
phragmite					0,06			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

pourcentage par secteur février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					2,20			
agropyron		2,94			0,37			
aster		7,37	6,01	9,45	13,83			
eau	3,57	1,97					6,32	2,49
puccinellie		0,43	0,71	6,14	15,66			
vase	96,43	41,60	5,91	7,79	25,09	100,00	93,68	97,51
obione		39,14	79,10	68,82	23,35			
obione dégradée			2,24	0,17	1,74			
salicorne		2,65	3,67	3,65	5,68			
soude								
spartine		3,90	2,34	3,98	11,54			
phragmite					0,55			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

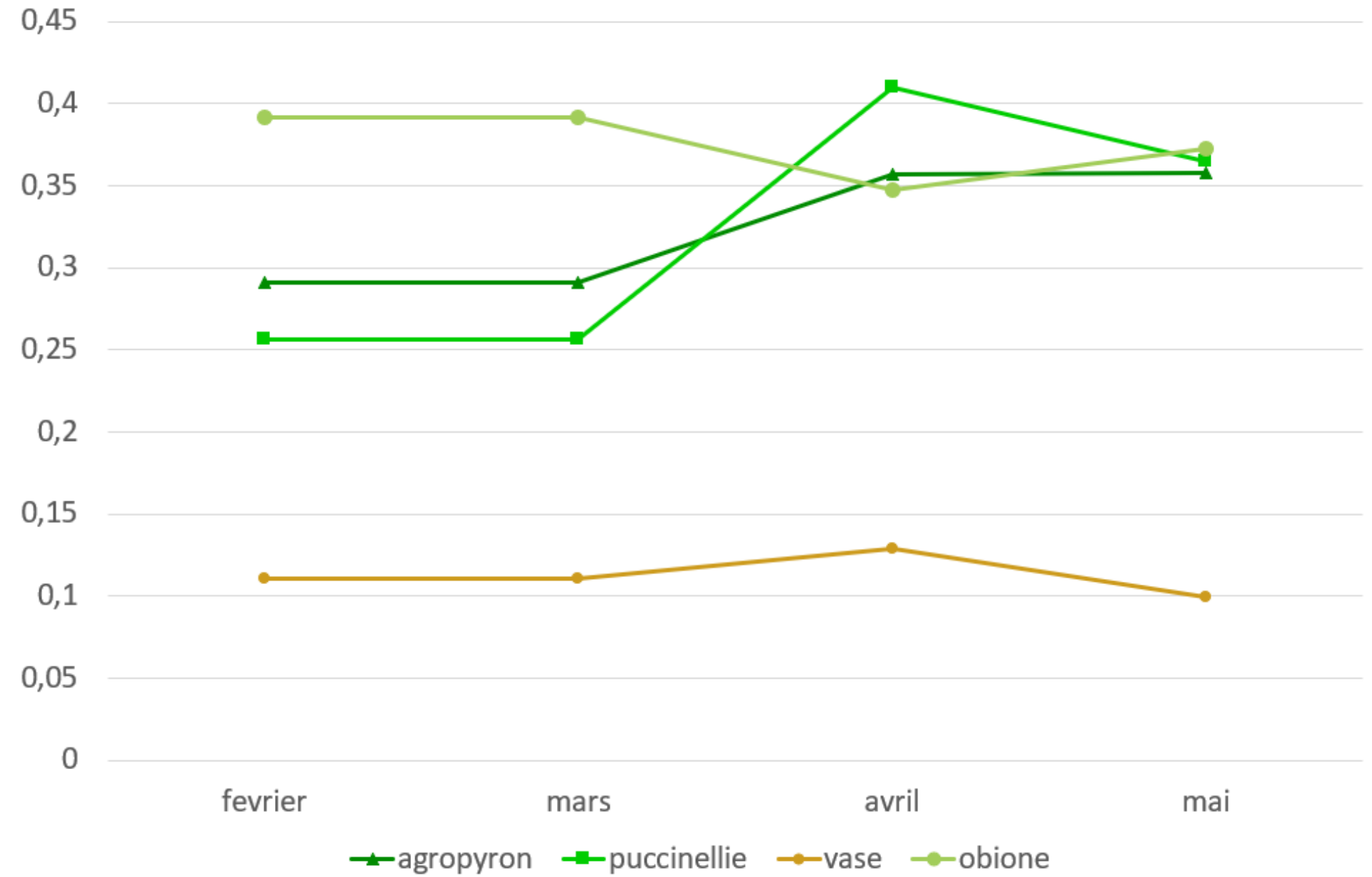
Tableau d'occupation des sols (surface en ha et pourcentage) par secteurs de vent en février à Esnandes

Résultats

Sentinel 2 Esnandes



NDVI moyen mensuel



NDVI moyen mensuel par classe

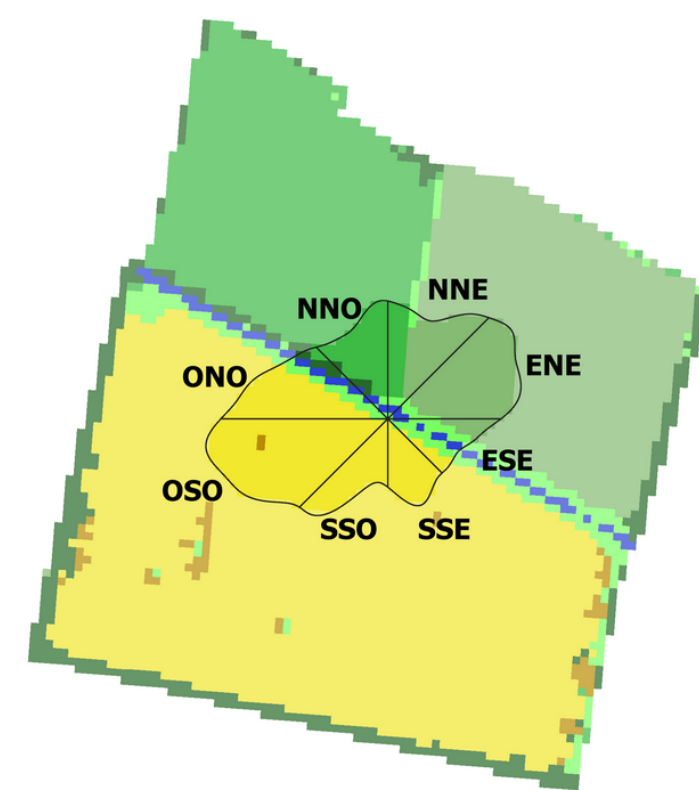
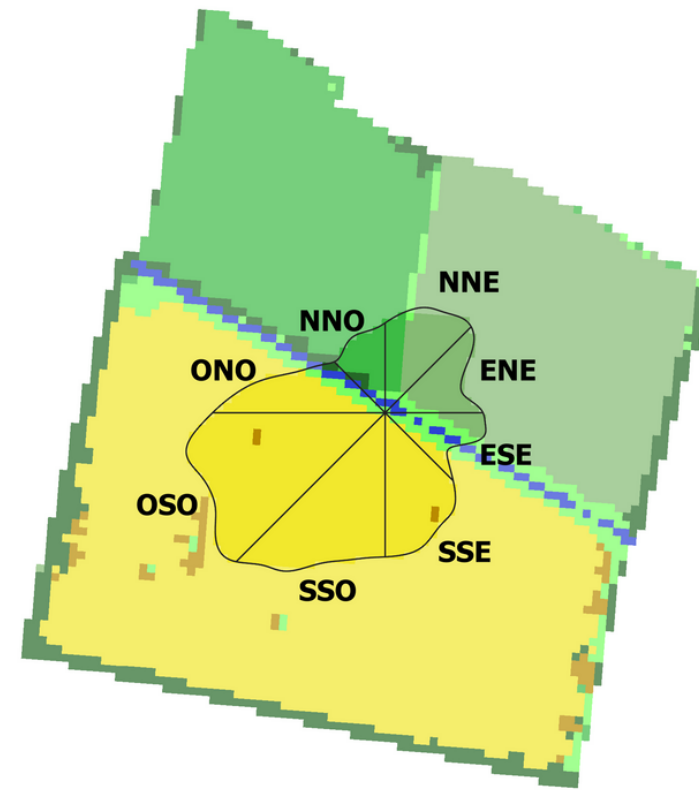
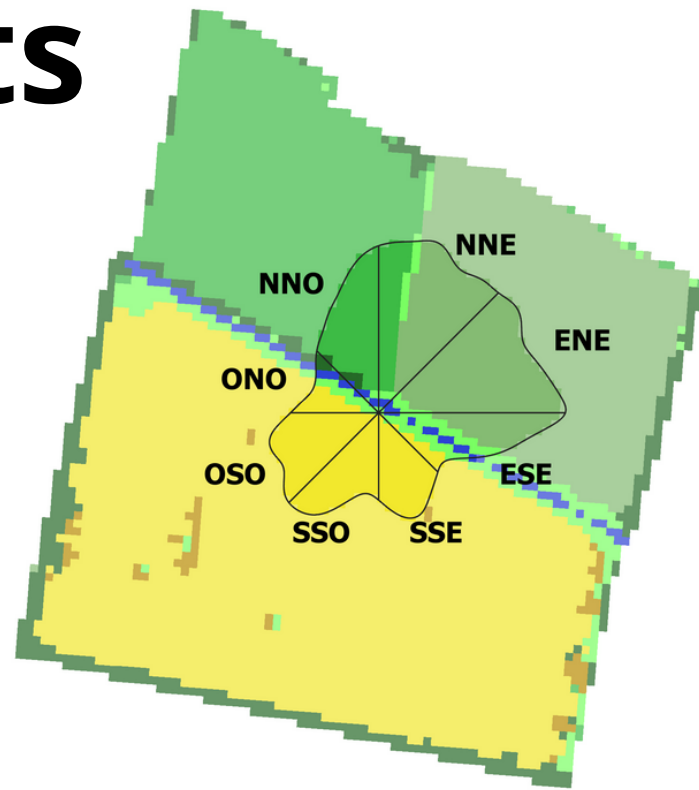
Résultats

Février

Mars

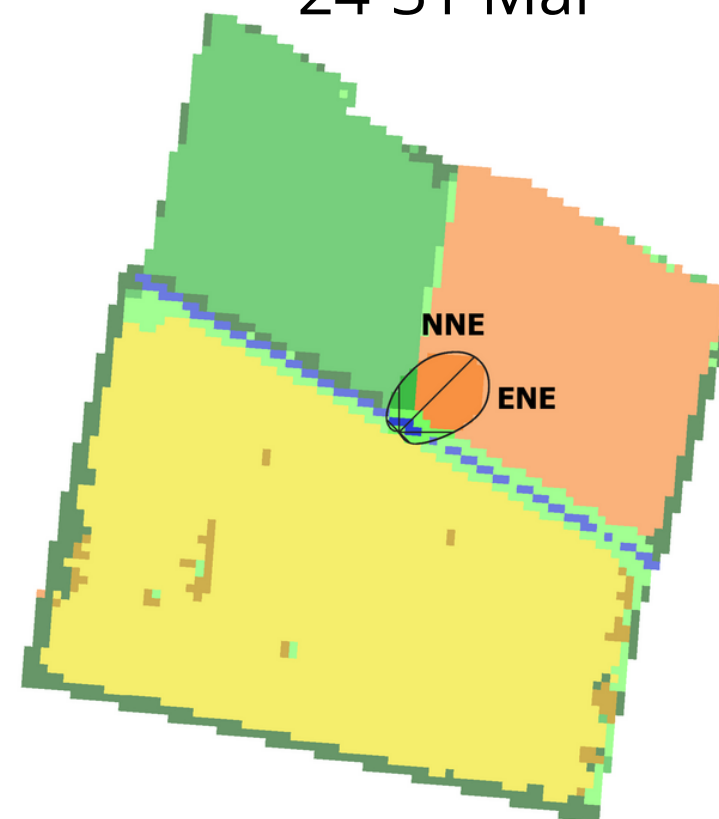
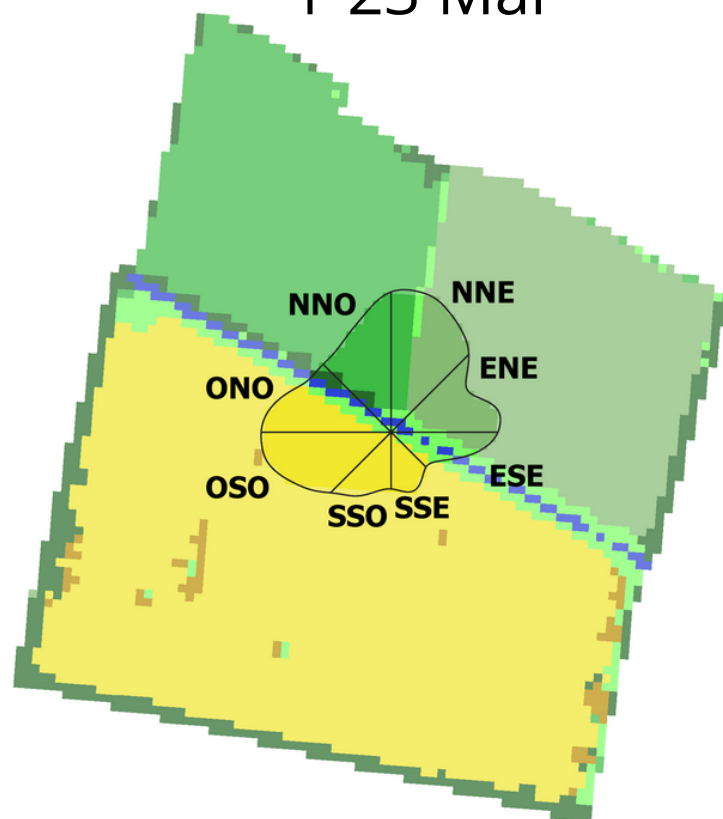
Avril

Sentinel 2
Marans



1-23 Mai

24-31 Mai



□ Footprint de la station d'Eddy Covariance

Classes d'occupation des sols

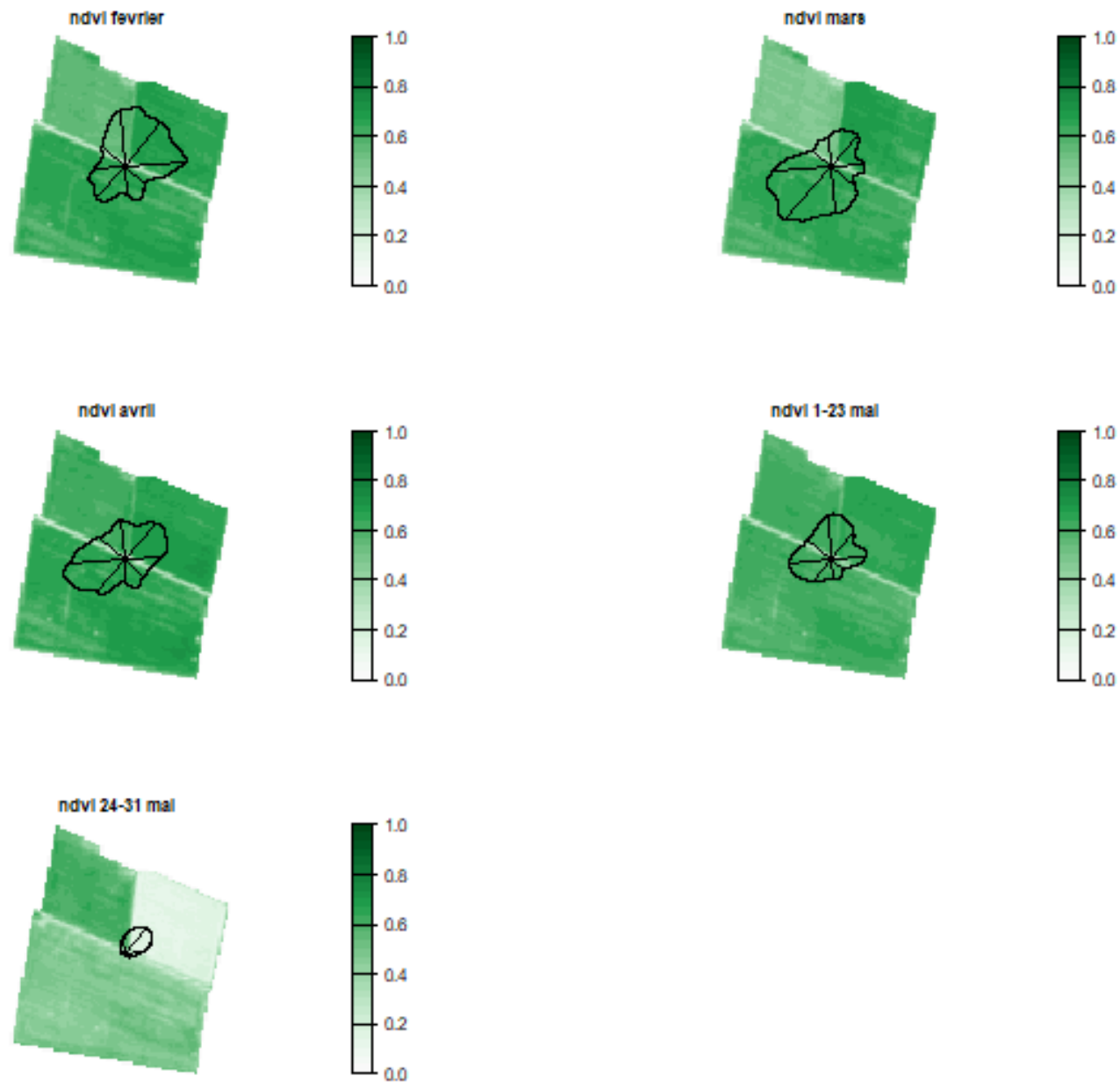
- prairie
- méteil
- blé
- bande enherbée
- arbres et arbustes
- sol nu
- eau
- méteil fauché

Précision= 97,73 %

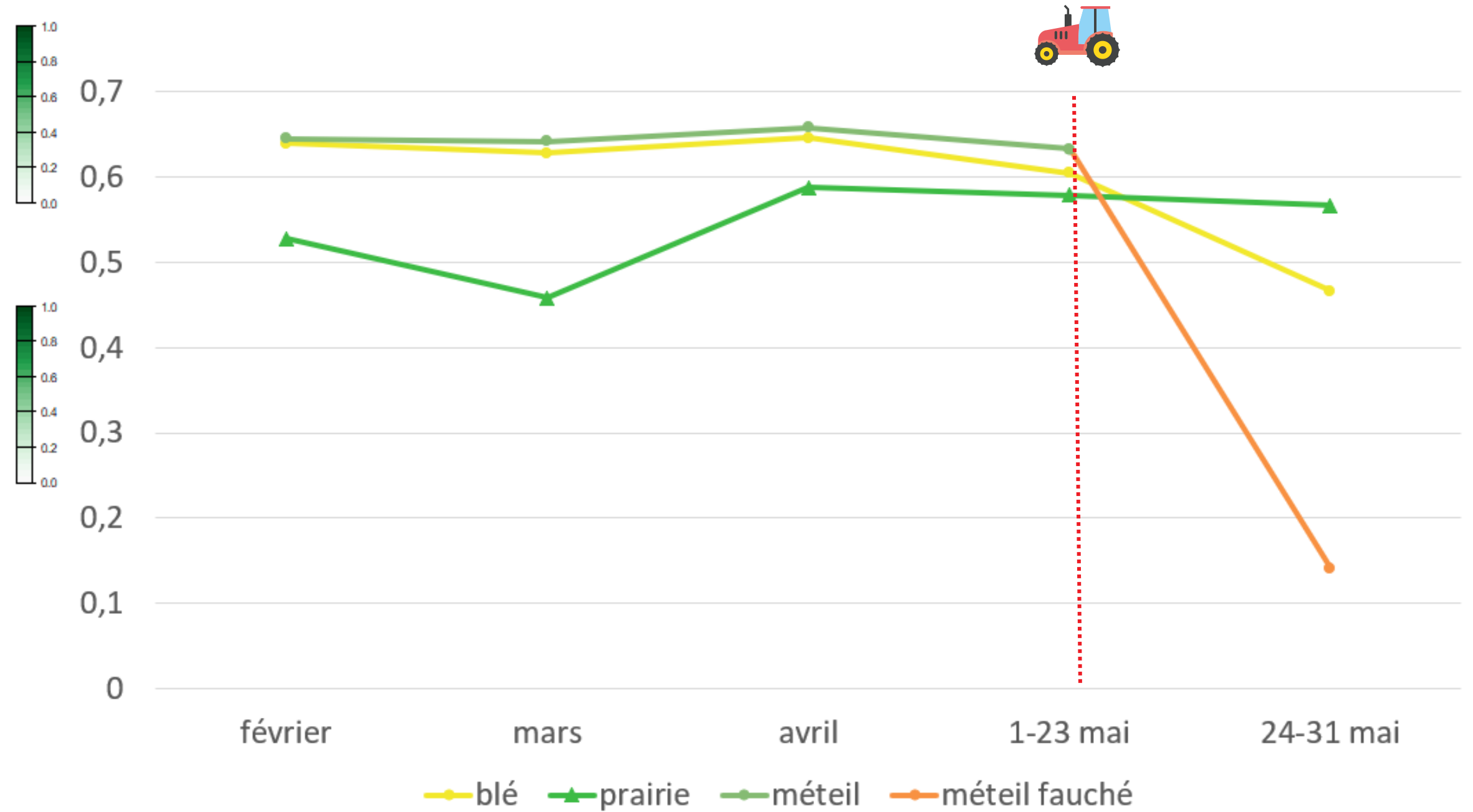
Cartes de l'occupation des sols du site de Marans réalisées à partir d'images Sentinel 2 acquises le 12 février, le 8 avril, le 5 et le 28 mai 2023

Résultats

Sentinel 2 Marans





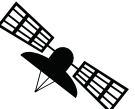



NDVI moyen mensuel








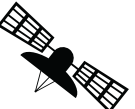





NDVI moyen mensuel par classe





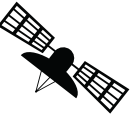









Conclusion

	Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone					
 Pléiades					
 Sentinel 2					













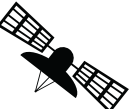





Conclusion

		Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone						
 Pléiades	 					
 Sentinel 2	 					















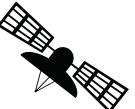







Conclusion

		Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone						
 Pléiades	 					
 Sentinel 2	 					















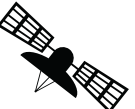







Conclusion

		Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone				 		
 Pléiades	 					
 Sentinel 2	 					

Conclusion

		Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone				 		
 Pléiades	 					
 Sentinel 2	 				 	

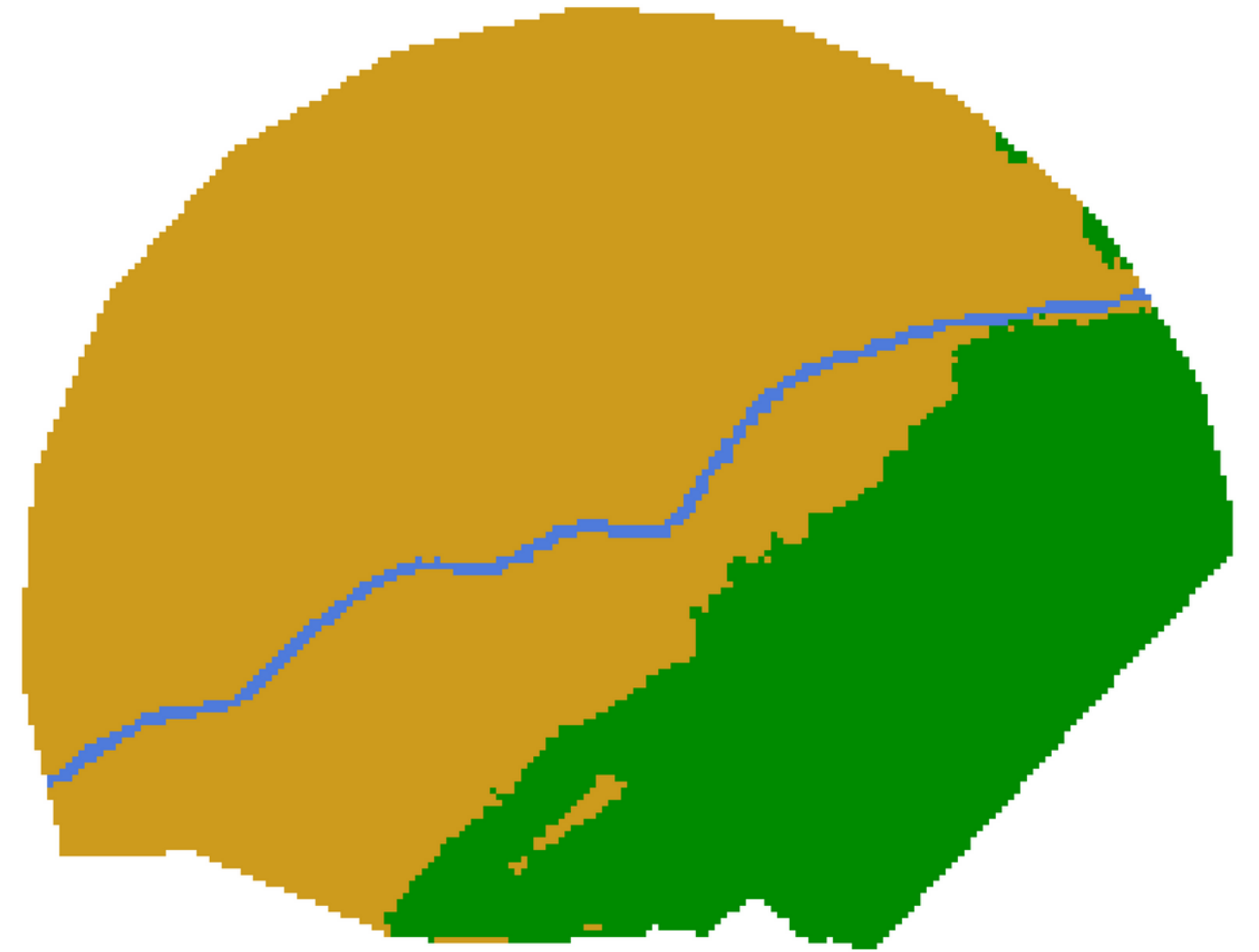
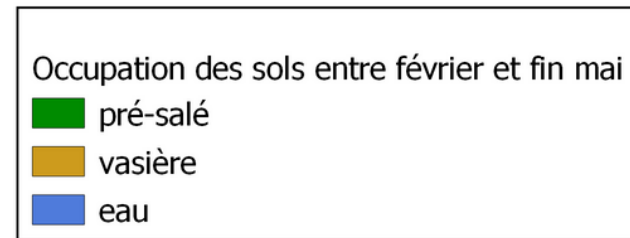
Conclusion

		Accessibilité	Traitements	Répétitivité	Résolution spatiale	Résolution spectrale
 Drone				 		
 Pléiades	 					
 Sentinel 2	 				 	

Drone permet d'avoir des MNS grâce à la photogrammétrie 

Perspectives

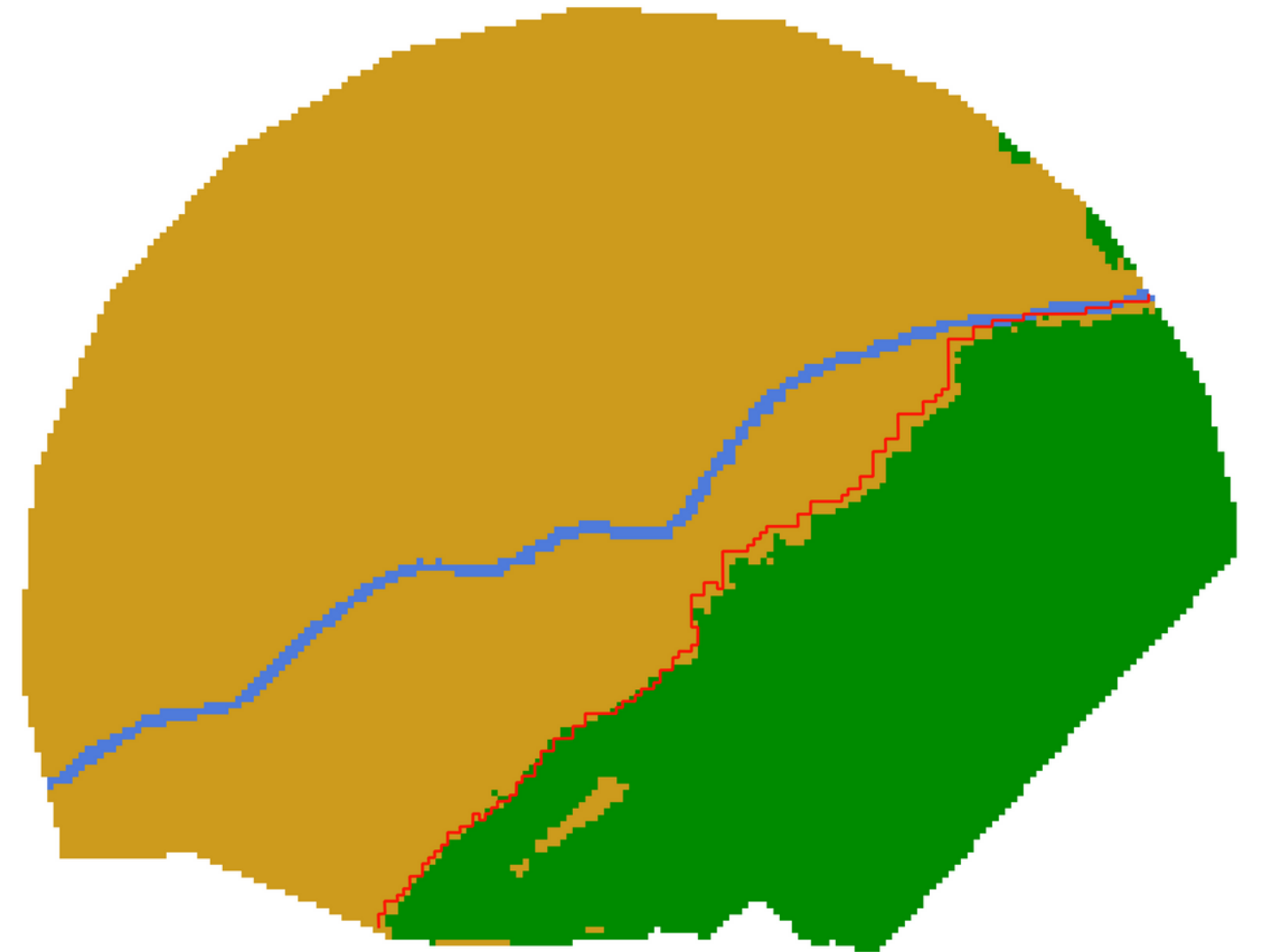
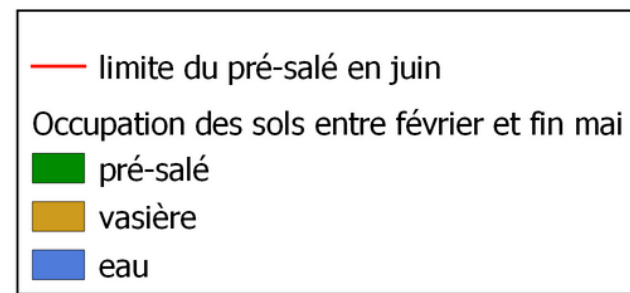
-Nouvelle carte d'OS pour suivre l'avancée du pré-salé sur la vasière à partir de juin



0 300 m

Perspectives

-Nouvelle carte d'OS pour suivre l'avancée du pré-salé sur la vasière à partir de juin

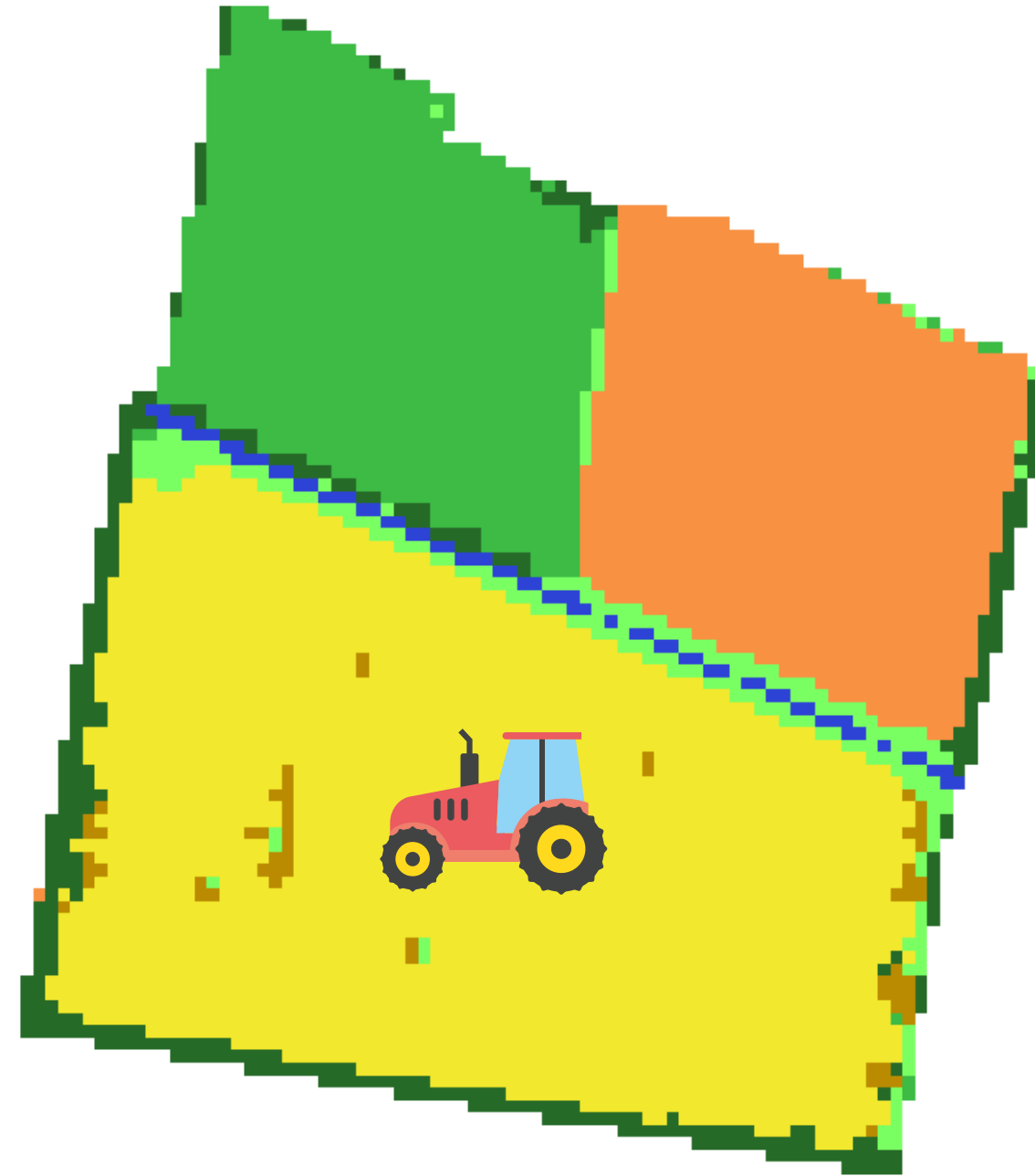


0 300 m



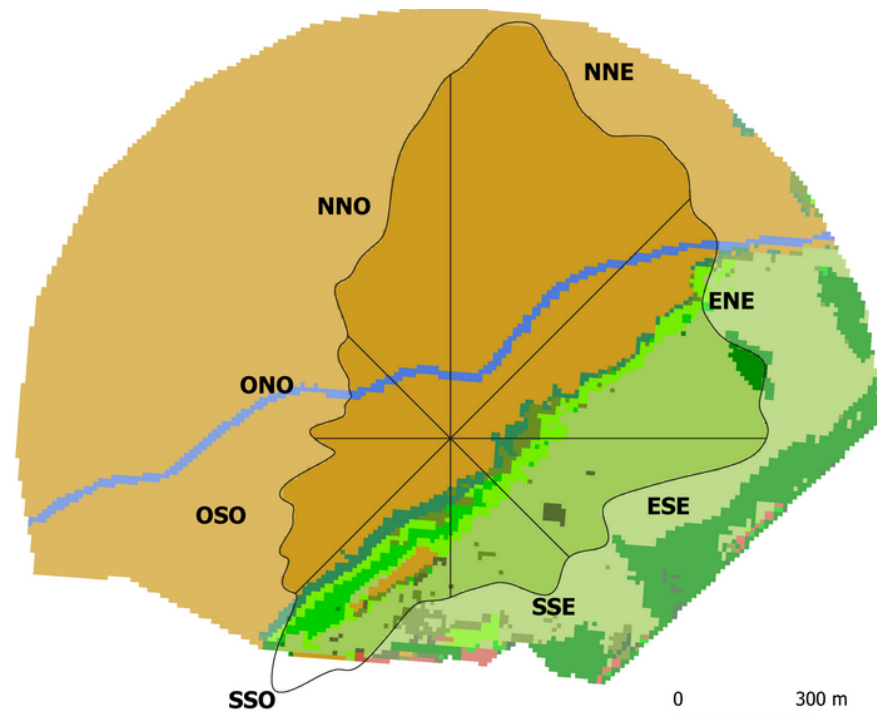
Perspectives

-Continuer de suivre les pratiques agricoles de Marans (fauche du blé, semis)



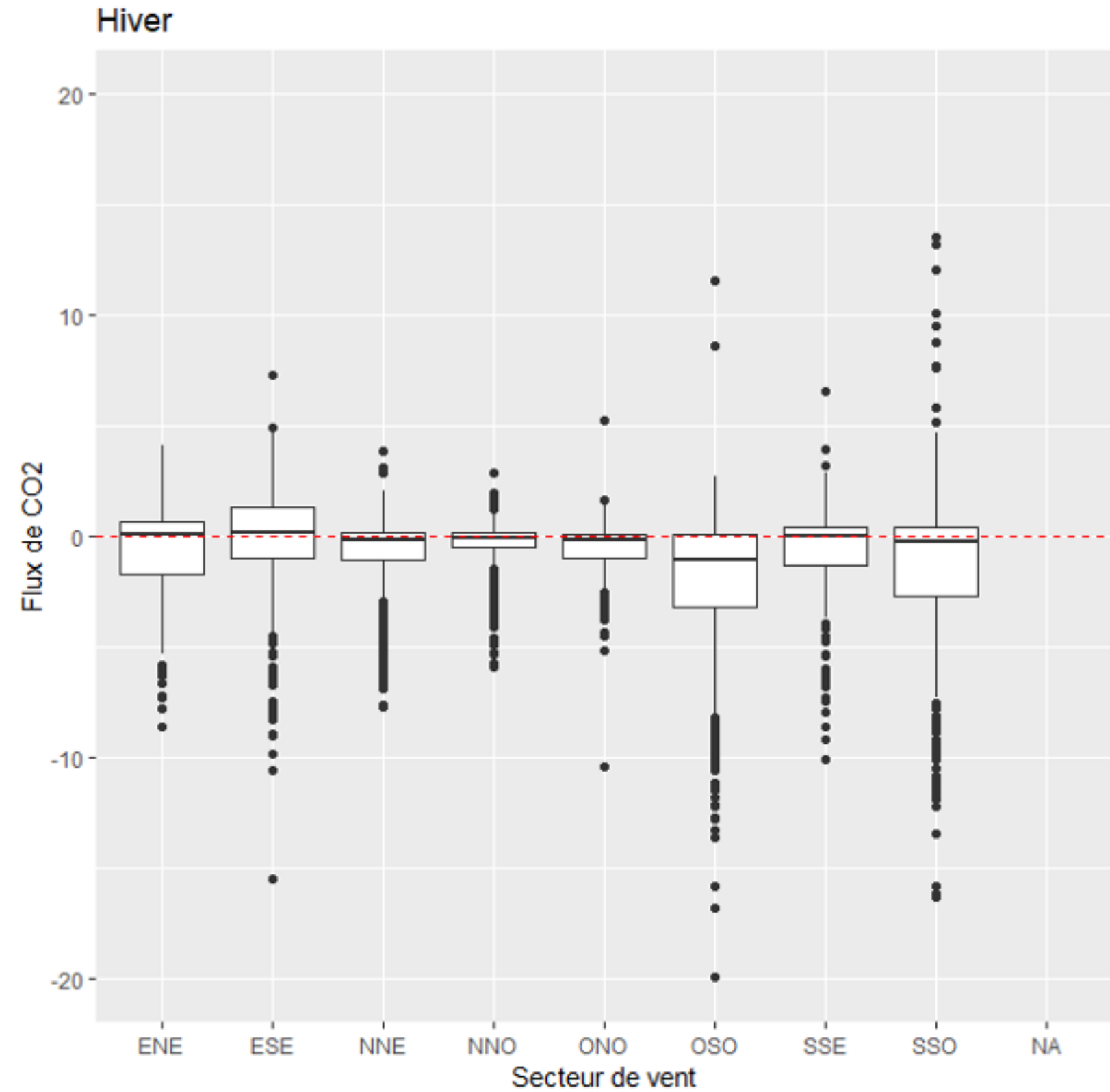
Perspectives

-Mettre en relation les cartes et les métriques paysagères avec les mesures de la station



Surface en ha février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan						0,24		
agropyron		0,61			0,04			
aster		1,53	0,59	0,57	1,51			
eau	1,05	0,41					0,23	0,31
puccinellie		0,09	0,07	0,37	1,71			
vase	28,4	8,64	0,58	0,47	2,74	7	3,41	12,14
obione		8,13	7,76	4,15	2,55			
obione dégradée			0,22	0,01	0,19			
salicorne		0,55	0,36	0,22	0,62			
soude								
spartine		0,81	0,23	0,24	1,26			
phragmite					0,06			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

pourcentage par secteur février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan					2,20			
agropyron		2,94			0,37			
aster		7,37	6,01	9,45	13,83			
eau	3,57	1,97					6,32	2,49
puccinellie		0,43	0,71	6,14	15,66			
vase	96,43	41,60	5,91	7,79	25,09	100,00	93,68	97,51
obione		39,14	79,10	68,82	23,35			
obione dégradée			2,24	0,17	1,74			
salicorne		2,65	3,67	3,65	5,68			
soude								
spartine		3,90	2,34	3,98	11,54			
phragmite					0,55			
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32	0,22	0,14	0,12	0,09

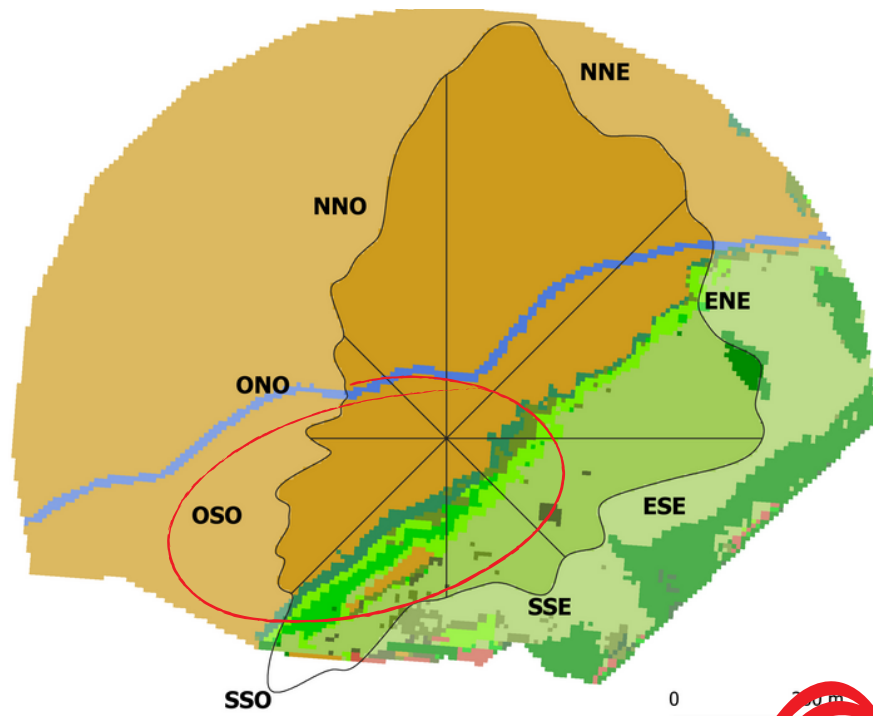


Dynamique des flux de CO2 par secteur de vent en février 2023

Source : Camille Perry

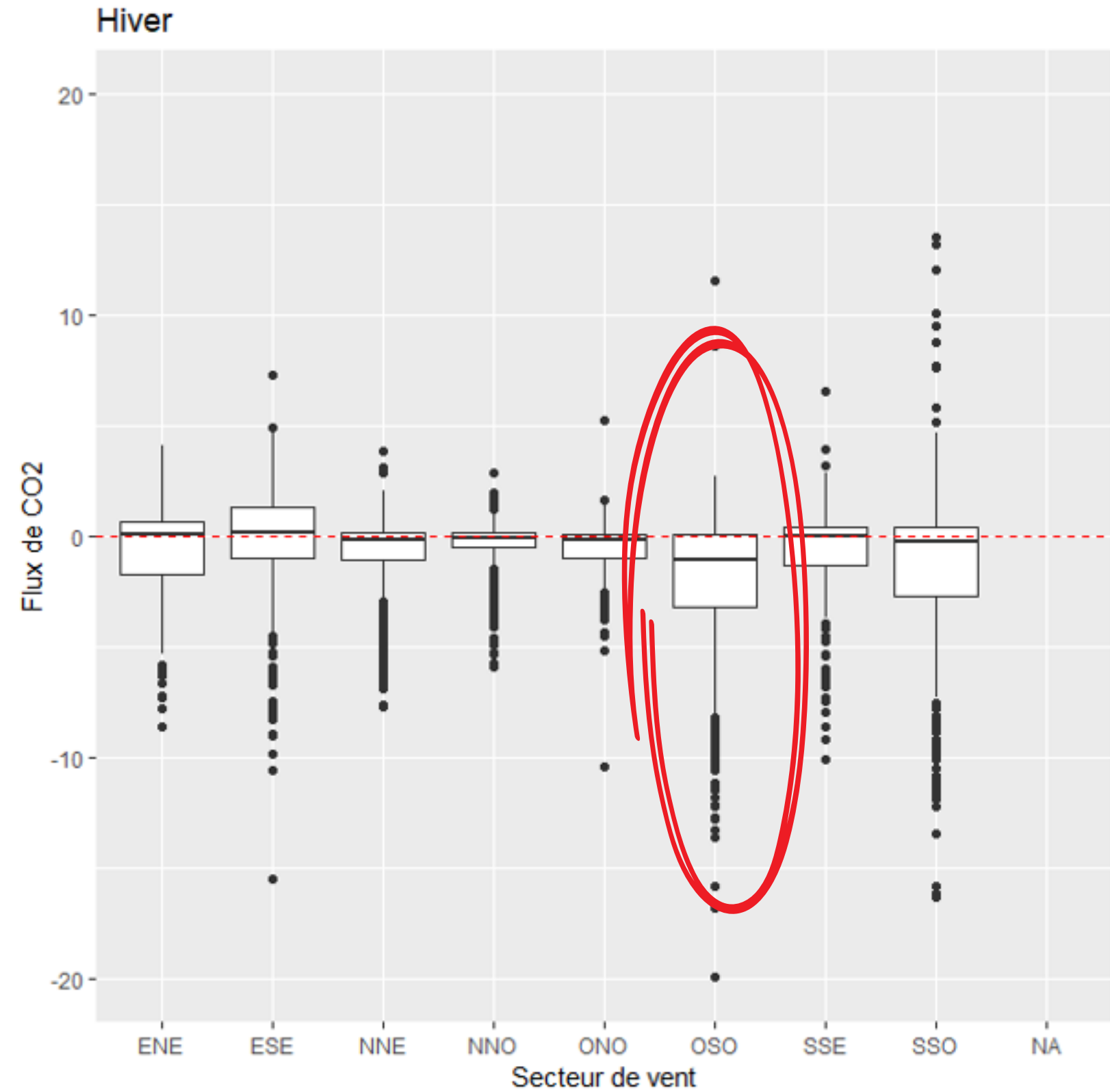
Perspectives

-Mettre en relation les cartes et les tableaux avec mesures de la station



Surface en ha février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan								
agropyron		0,61				0,04		
aster		1,53	0,59	0,57		1,51		
eau	1,05	0,41					0,23	0,31
puccinellie		0,09	0,07	0,37		1,71		
vase	28,4	8,64	0,58	0,47		2,74	7	3,41
obione		8,13	7,76	4,15		2,55		
obione dégradée			0,22	0,01		0,19		
salicorne		0,55	0,36	0,22		0,62		
soude								
spartine		0,81	0,23	0,24		1,26		
phragmite						0,06		
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32		0,22	0,14	0,12

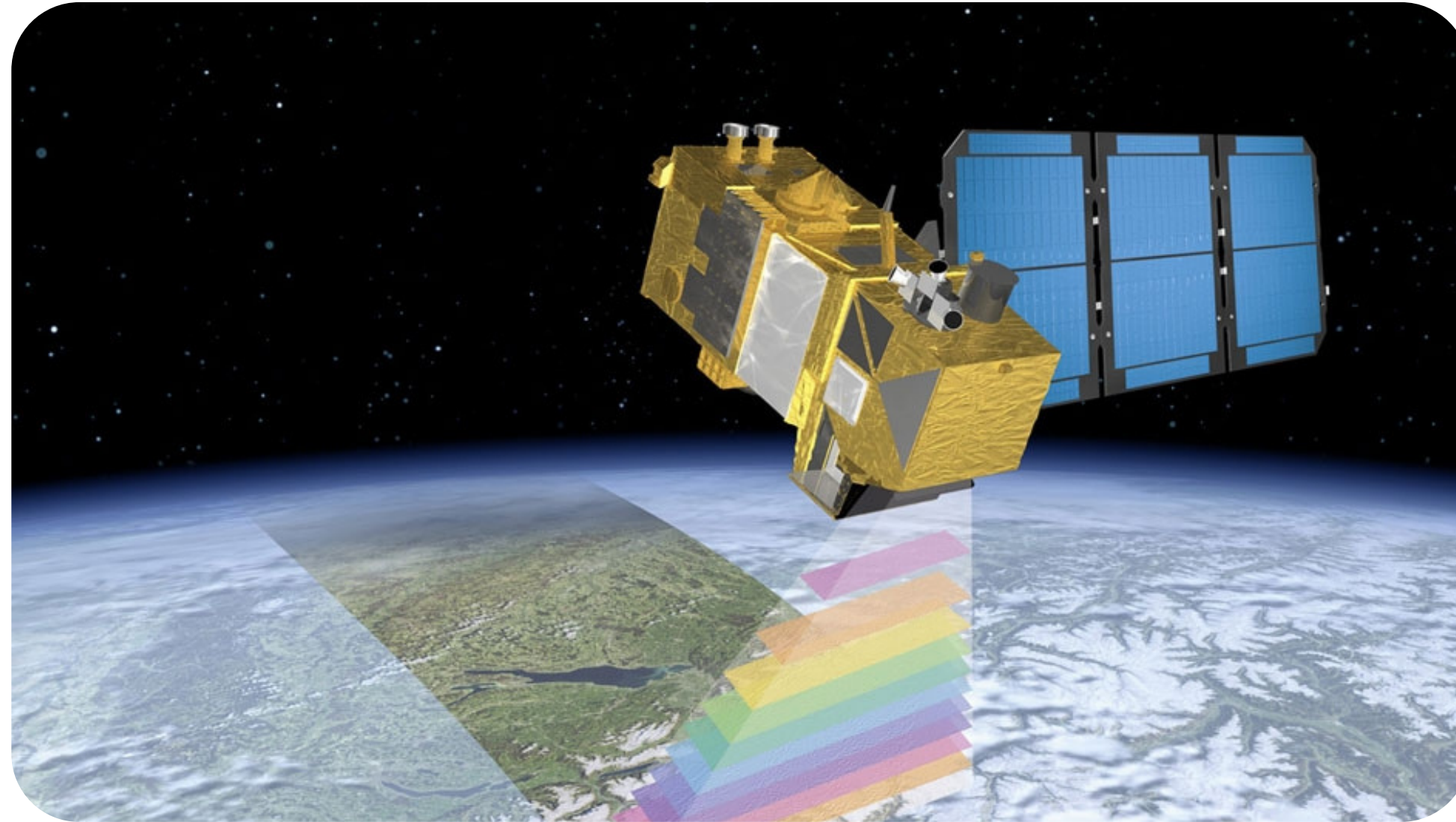
pourcentage par secteur février Esnandes	NNE	ENE	ESE	SSE	SSO	OSO	ONO	NNO
Nan						2,20		
agropyron		2,94				0,37		
aster		7,37	6,01	9,45		8,83		
eau	3,57	1,97					6,32	2,49
puccinellie		0,43	0,71	6,14		15,66		
vase	96,43	41,60	5,91	7,79		10,09	100,00	93,68
obione		39,14	79,10	68,82		23,35		
obione dégradée			2,24	0,17		0,74		
salicorne		2,65	3,67	3,65		5,38		
soude								
spartine		3,90	2,34	3,98		11,51		
phragmite						0,51		
ndvi moyen	0,18	0,27	0,36	0,32		0,22	0,14	0,12



Dynamique des flux de CO2 par secteur de vent en février 2023

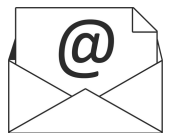
Source : Camille Perry

Merci pour votre attention



Sentinel 2

crédits: Airbus Defence and Space



maxime.paschal@gmail.com