

SUIVI SUR LE LONG TERME DES ZH PAR IMAGERIE SATELLITE

Sébastien Rapinel : Ingénieur de recherche

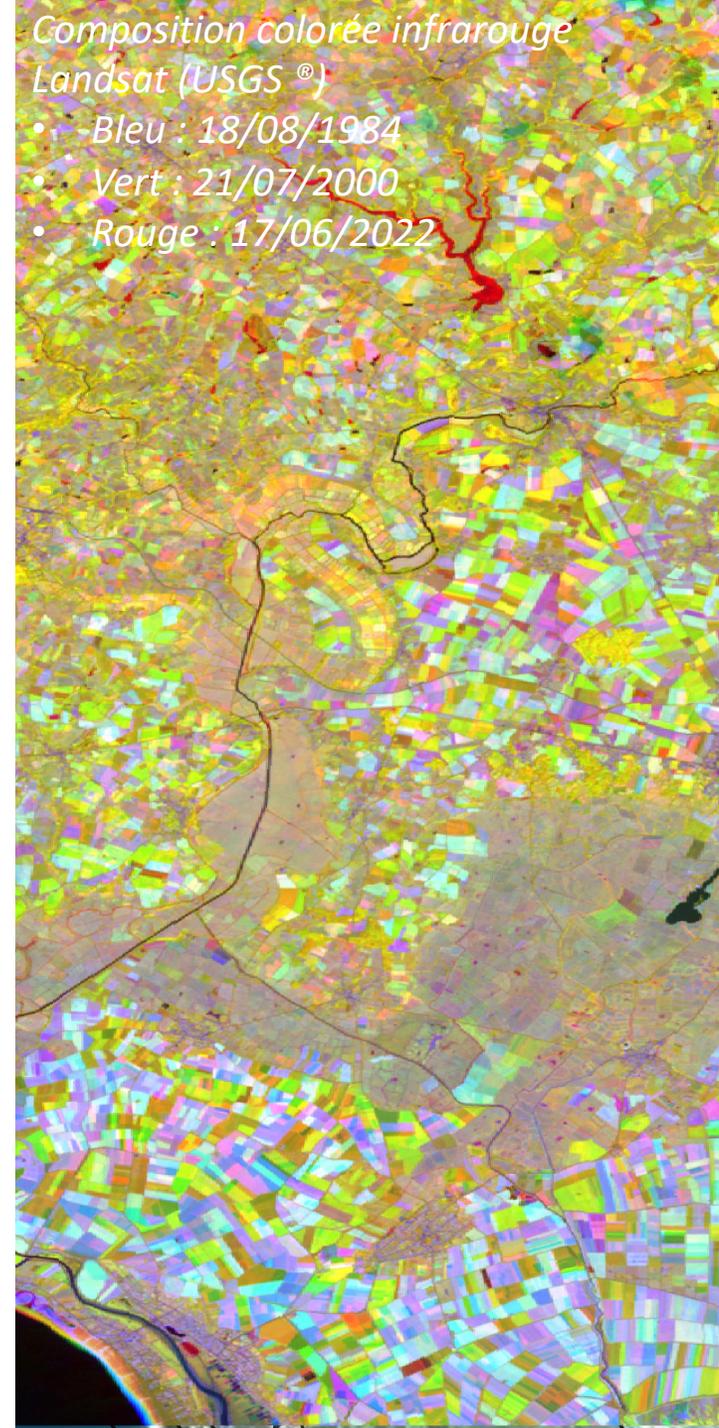
Quentin Demarquet : Doctorant

Université Rennes 2 - UMR LETG 6554 CNRS



Composition colorée infrarouge
Landsat (USGS®)

- Bleu : 18/08/1984
- Vert : 21/07/2000
- Rouge : 17/06/2022



*Journée d'information et d'échange - La télédétection appliquée aux zones humides
Forum des Marais Atlantiques – Rochefort – 6 juin 2024*

INTRODUCTION

Pressions exercées sur les ZH depuis les années 60

- Intensification agricole
- Urbanisation
- Changement climatique



*Champ de blé entouré de fossés
(marais Breton-Vendéen, 2022)
Données LUCAS, UE*

INTRODUCTION

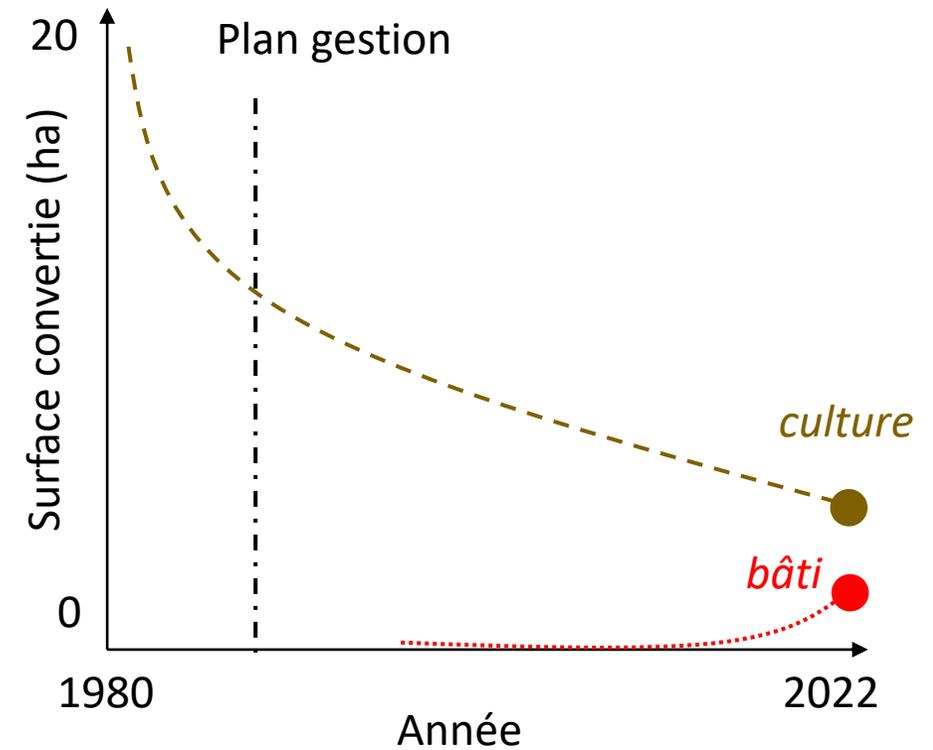
Gestion des ZH depuis les années 90 pour la conservation de ces écosystèmes:

- aires protégées
- SAGE
- MAE...

Intérêts du suivi sur **le temps long** (plusieurs décennies) :

- ⇒ Identification des tendances
- ⇒ Évaluation de l'efficacité des plans de gestion

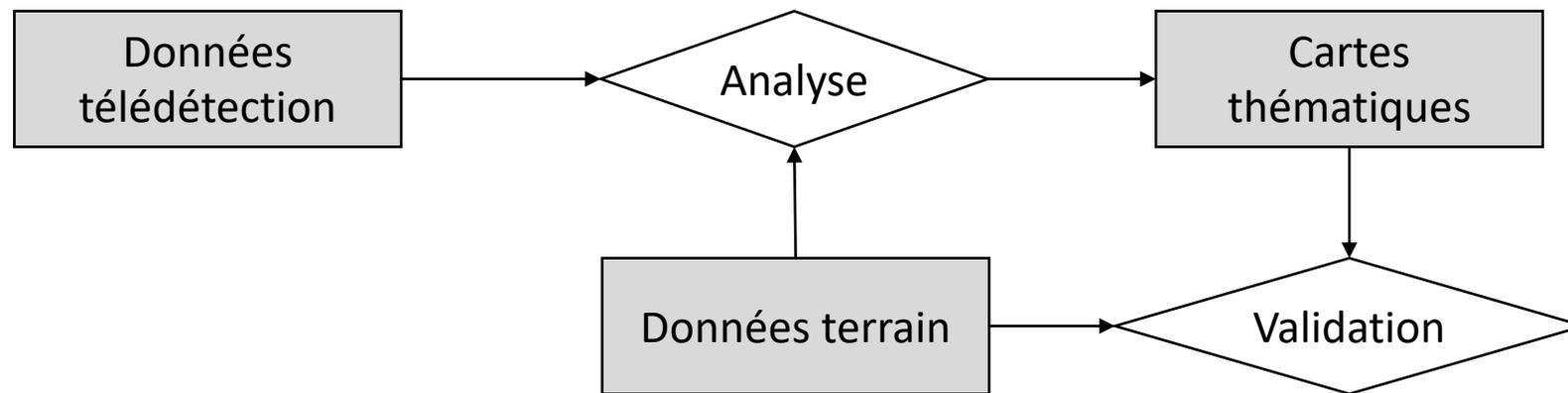
En 2022, **5 ha** de prairies humides converties en **culture** et **1 ha** en **bâti**



INTRODUCTION

Quelles données pour suivre les ZH sur le long terme ?

Caractéristique	Terrain	Télédétection
Couverture spatiale	Ponctuelle	Exhaustive
Suivi temporel	Rare	Fréquent
Incertitude interprétation	Faible	Variable



- Gestionnaires
- Scientifiques ...

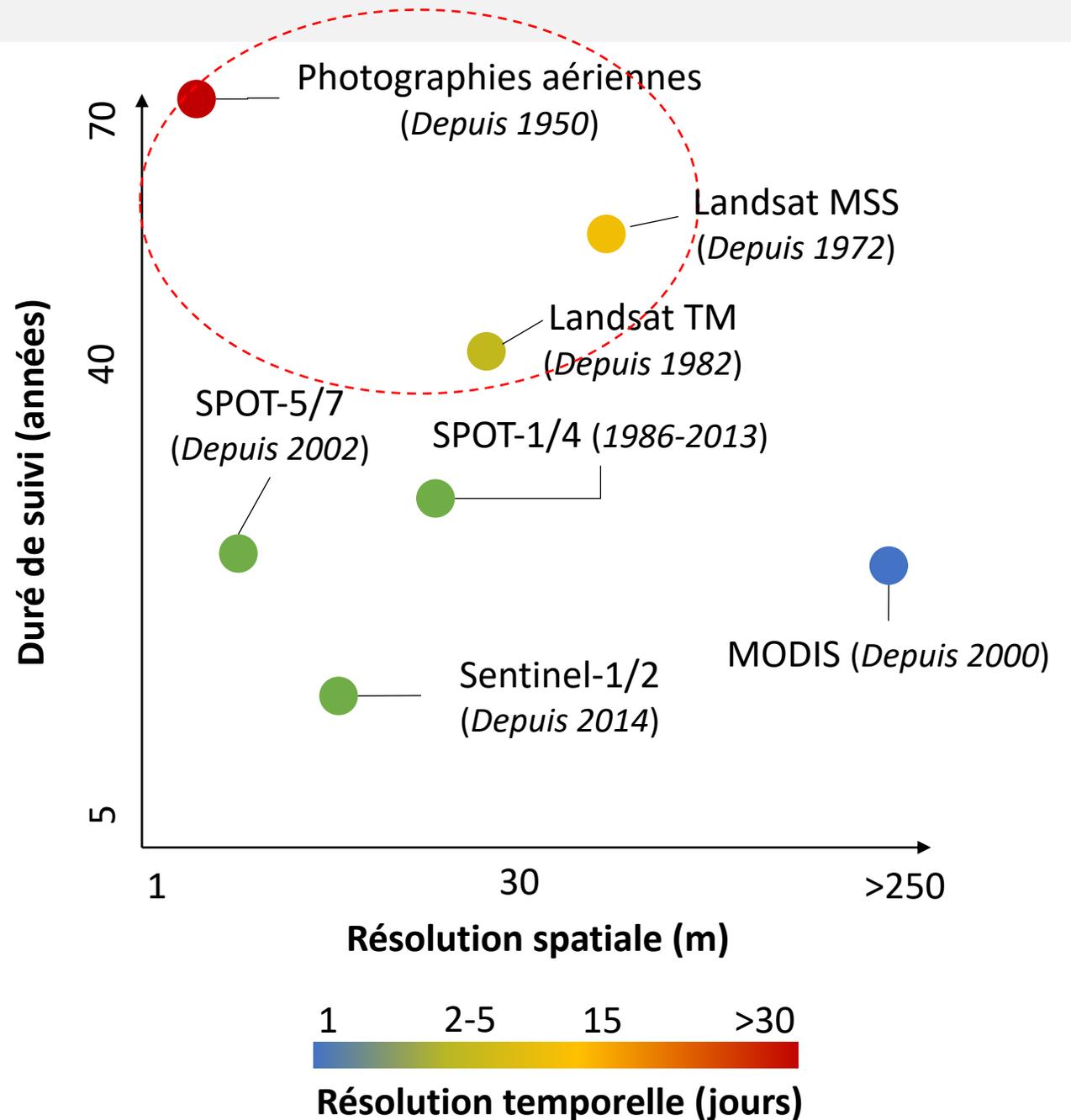
- Relevés végétation/Occupation et usage sol
- Photos terrain/drone/ULM
- Relevés hydro (piézo...)
-

INTRODUCTION

Quelles données de télédétection ?

Images :

- Durée d'acquisition > 30 ans
- Résolution spatiale à l'échelle parcellaire
- Disponibles gratuitement



INTRODUCTION

Téledétection & long terme

Landsat => caractéristiques intéressantes pour le suivi sur le long terme des ZH :

- **7 bandes spectrales**
 - discrimination types habitats/OS
 - identification des surfaces inondées
- Résolution spatiale **30-80 m**
 - identification des variations (intra-)parcellaires
- Revisite ~ **10 jours**
 - suivi de la dynamique intra annuelle des ZH
- Données **gratuites** et **prétraitées**
 - prêtes pour analyse sous SIG

	Photographies aériennes	Images Landsat
Prix	Gratuites	Gratuites
Durée de suivi	70 ans (1950)	50 ans (1970)
Résolution spatiale	~ 1 m	80 m (< 1984) 30 m (> 1984)
Résolution spectrale	Visible ou PIR (1 bande)	Visible (3 bandes) PIR (2 bandes) MIR (2 bandes)
Fréquence revisite	5 ans	10 jours
Harmonisation des capteurs	NON	OUI
Correction géométrique	NON (sauf 1950)	OUI
Correction radiométrique	NON	OUI

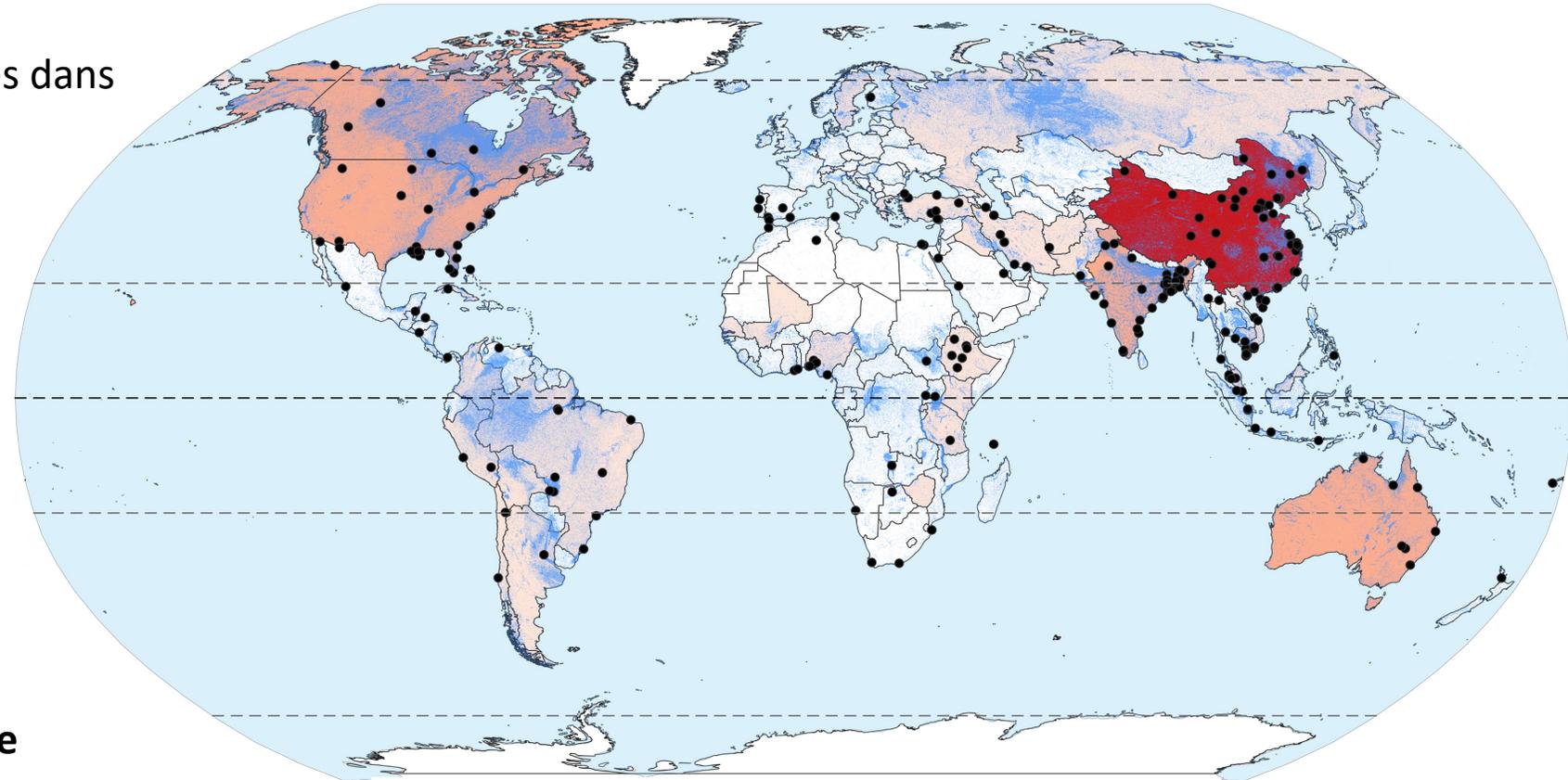
LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Etat de l'art en **2023** sur **351** articles publiés dans des revues scientifiques internationales

ZH + Landsat + long terme

Aucun article sur une application en France



Local studies



Wetland areas



Number of regional studies

0

1 - 5

5 - 10

10 - 15

>15

LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Variations de la surface des ZH

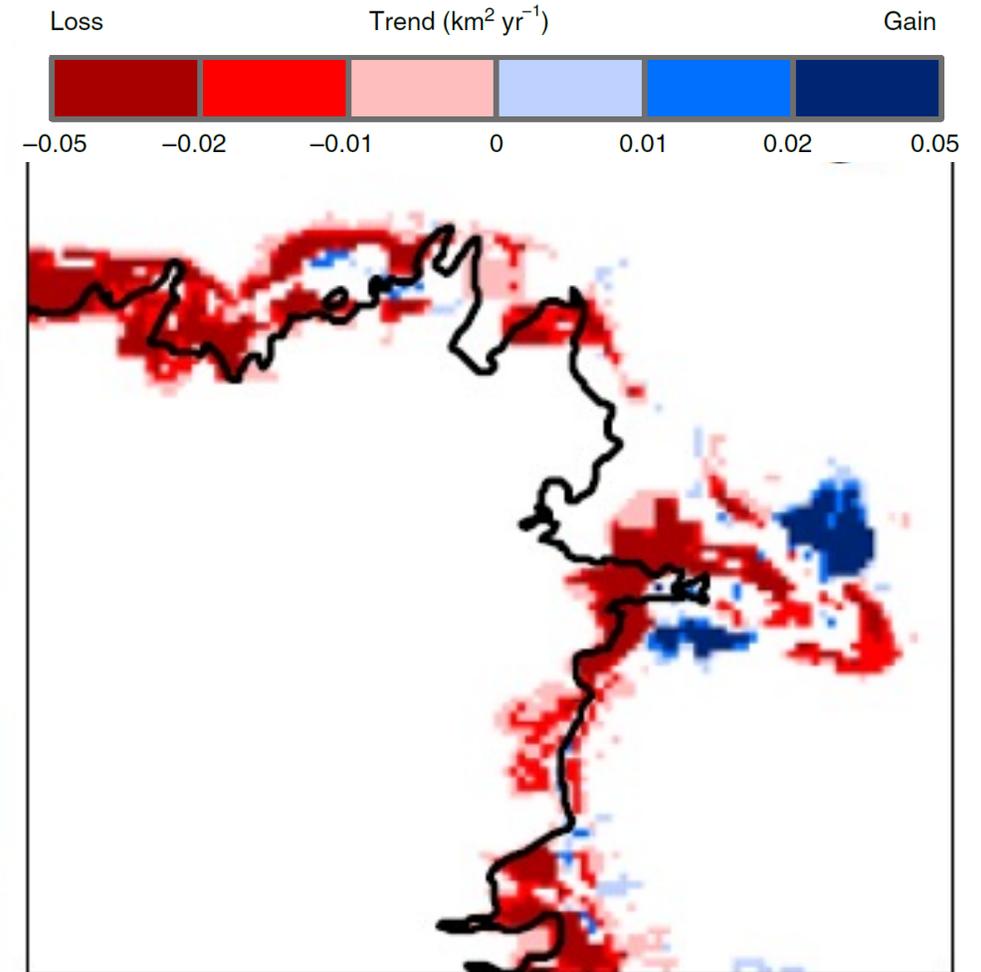
Landsat OLI imagery



Exemple de pertes et gains de ZH littorales le long des côtes chinoises entre 1984 et 2018

Extrait de Wang et al. 2021

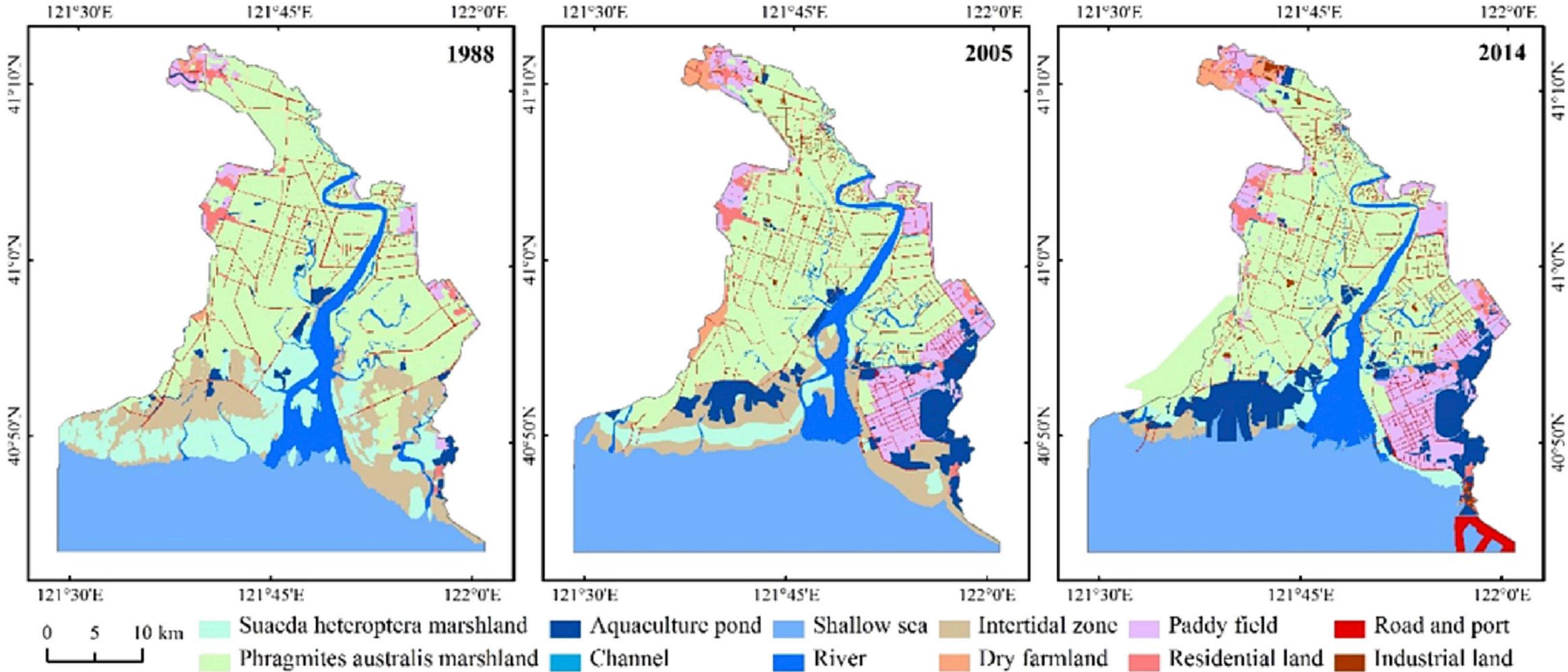
Wetlands



LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Augmentation de la fragmentation des ZH

Exemple sur site Ramsar Estuaire de Shuangtai en Chine



Extrait de
Tian et al.
2017

LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

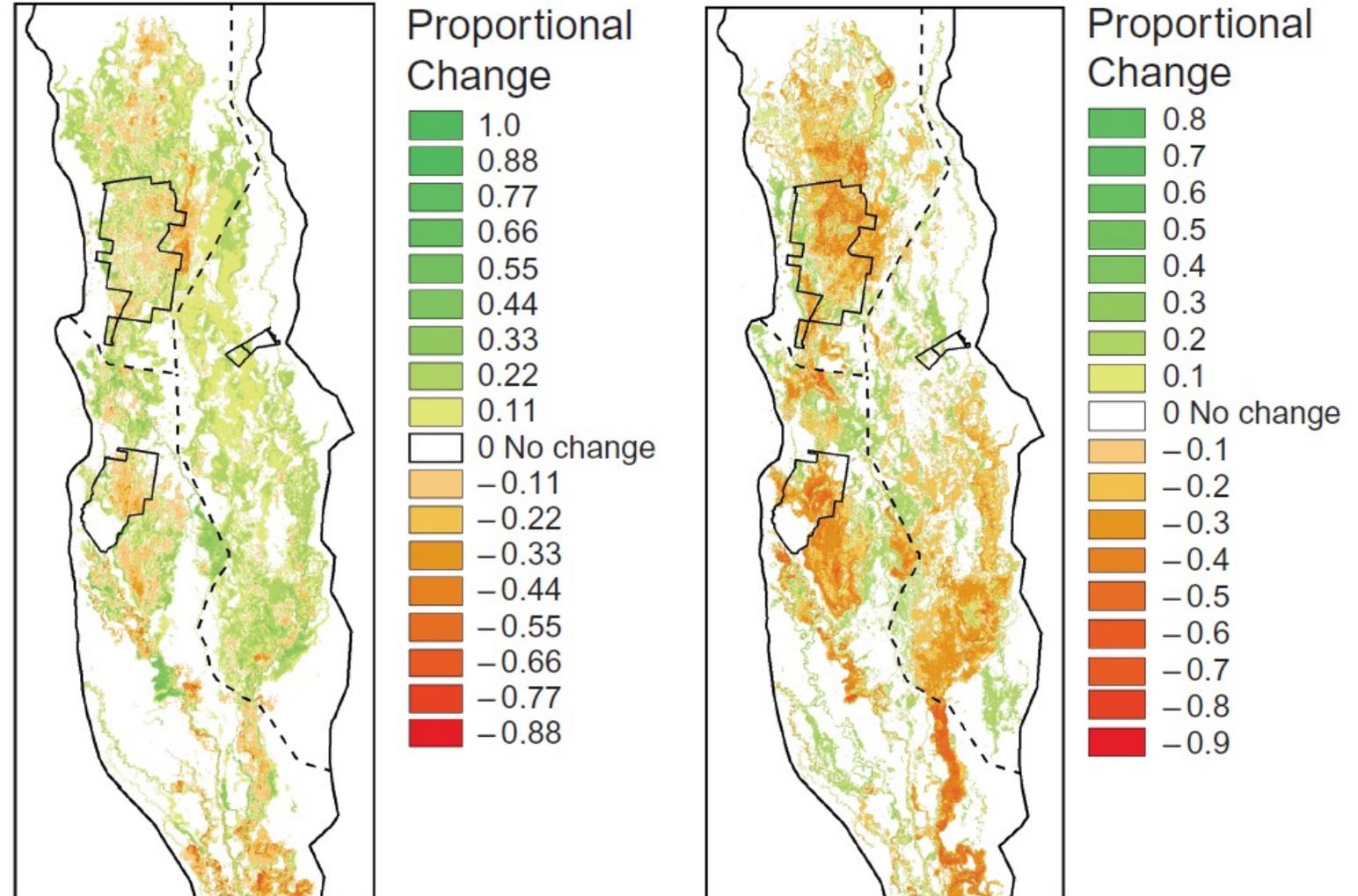
Diminution de l'intensité des fonctions hydrologiques

(1979-1987) (1988-1996)

(1988-1996) (1997-2006)

Changements fréquences
d'inondations dans les Macquarie
Marshes en Australie entre 1979 et
2006

Extrait de Thomas et al. 2011



LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Augmentation des pressions anthropiques

Déclin des ZH au profit de l'agriculture dans la région de Willamette Valley, Oregon (USA) entre 1972 et 2012

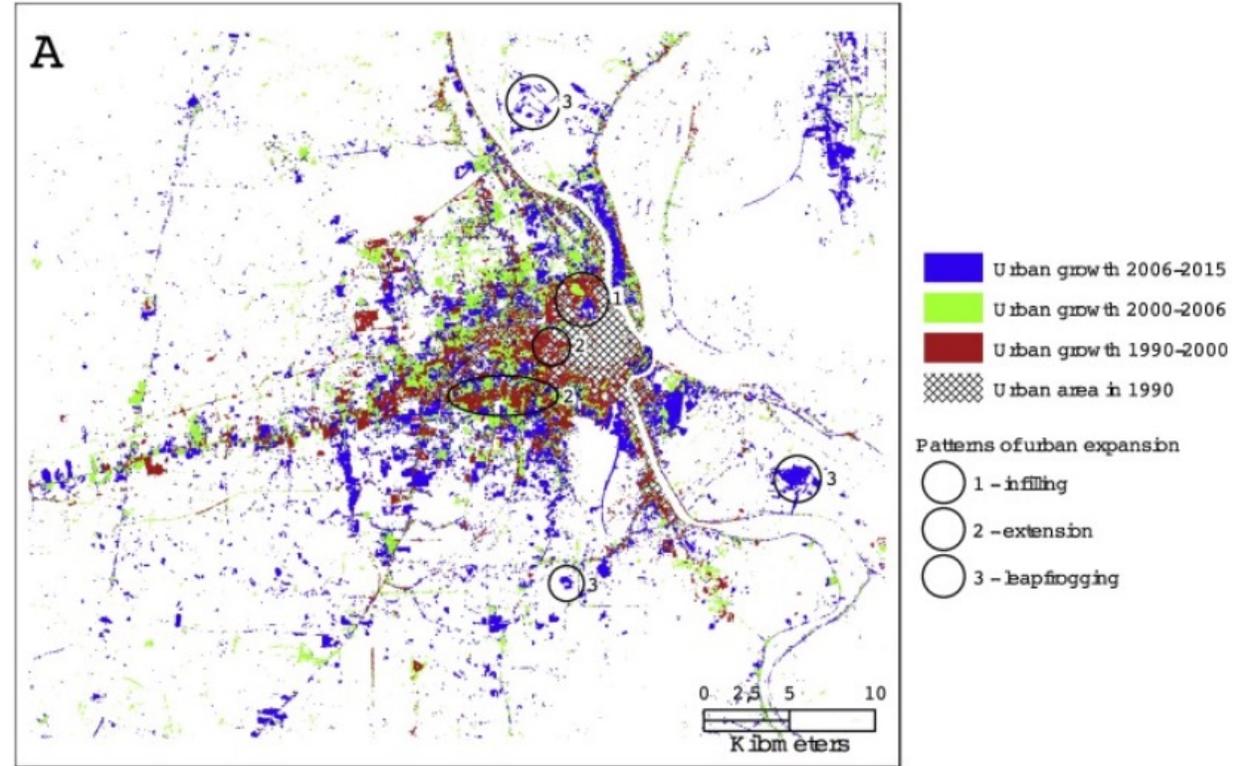
Extrait de Fickas et al. 2016

0 500 1,000
Meters



Date of Wetland Loss

- 1972 - 1979
- 1980 - 1989
- 1990 - 1999
- 2000 - 2012



Déclin des ZH au profit de l'urbanisation dans la région de Phnom Penh au Cambodge, entre 1973 et 2015

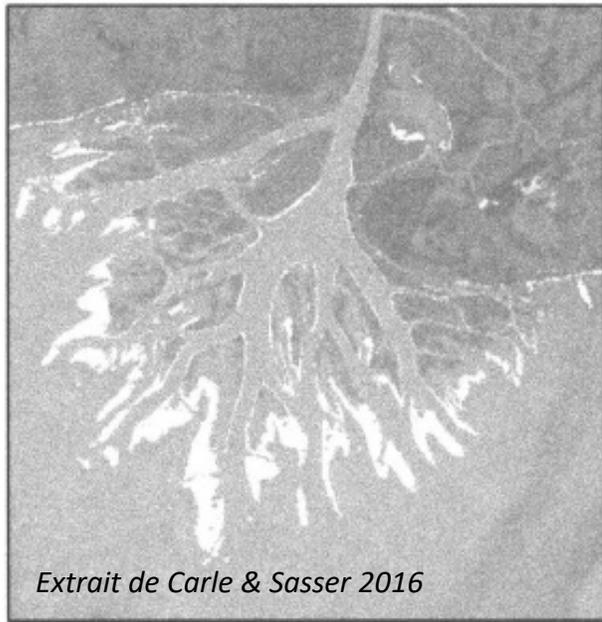
Extrait de Mialhe et al. 2019

LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Impacts du changement climatique et des catastrophes naturelles

Exemple de l'impact de tempêtes sur des prés-salés atlantiques dans le delta du Mississippi (USA) entre 1984 et 2011

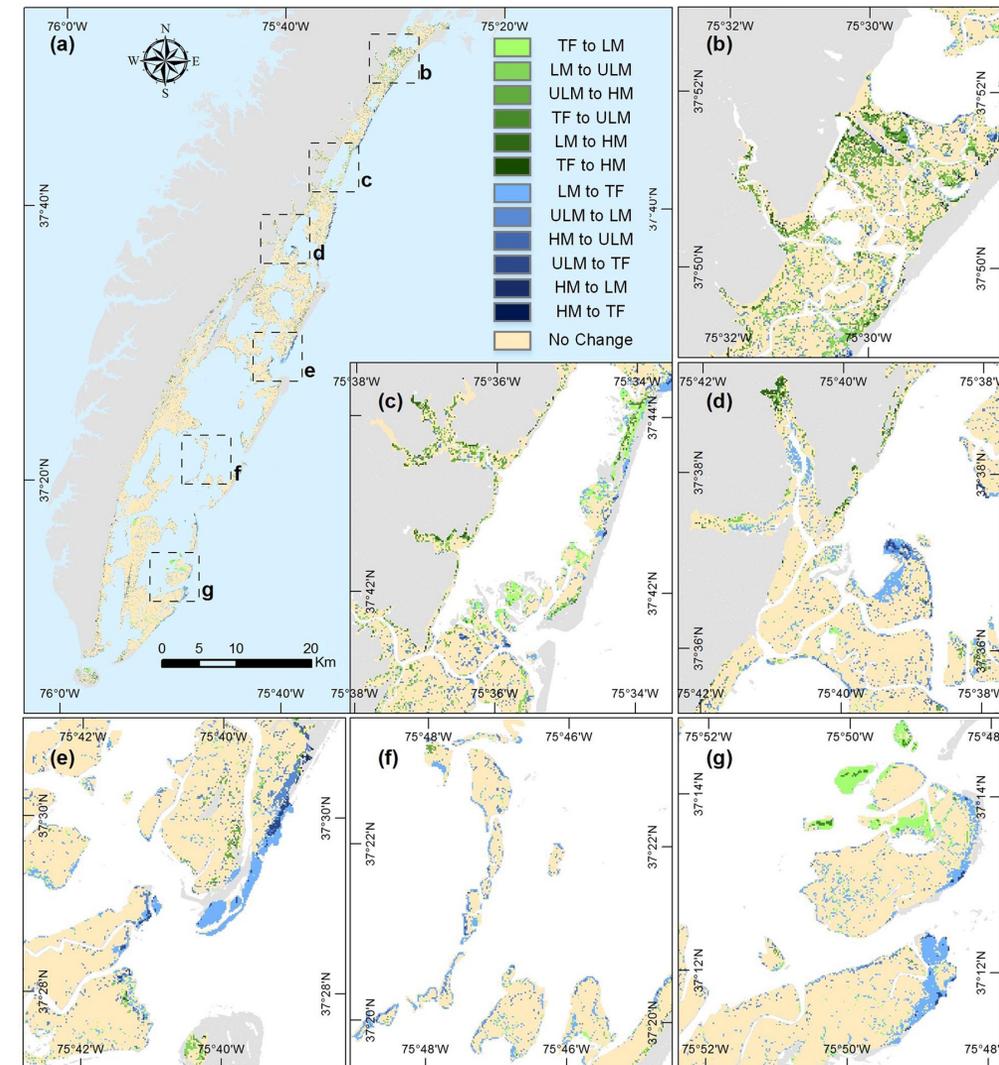
a) Hurricane Andrew (1992)



b) Hurricane Lili (2002)



Changements de végétation dans des prés-salés atlantiques aux USA dus à la montée du niveau de la mer entre 1984 et 2011



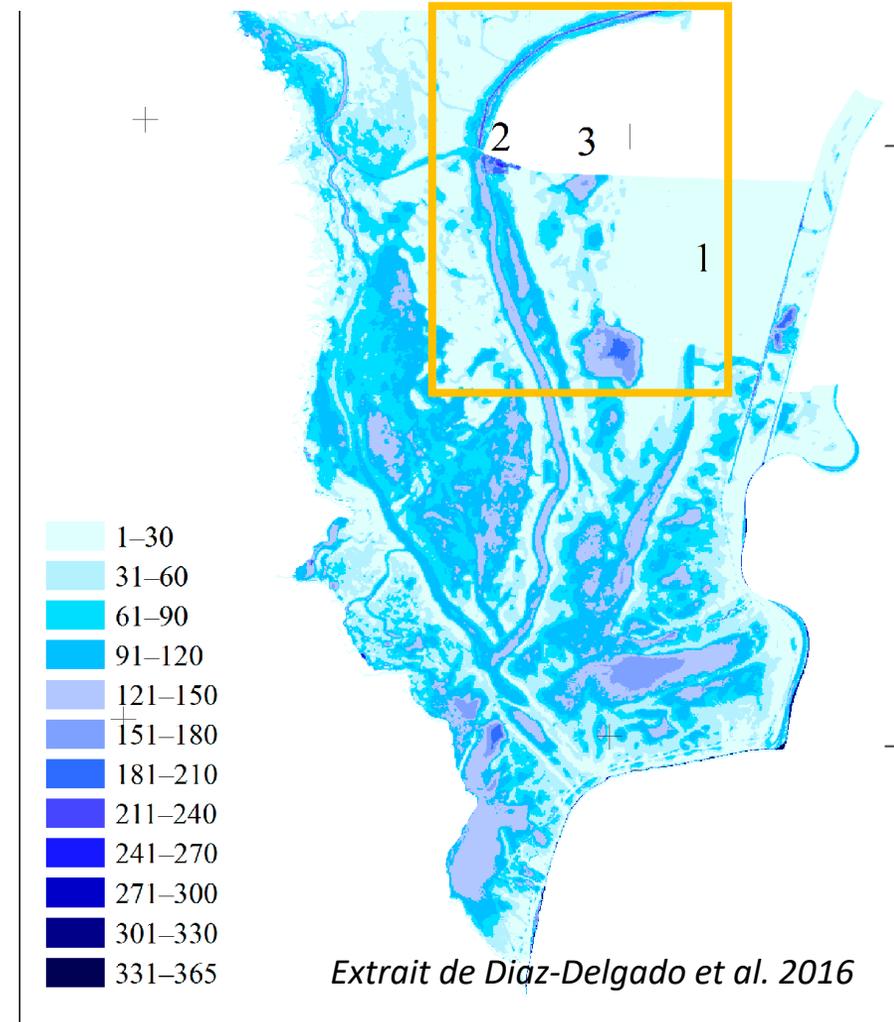
LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Actions de restauration des ZH

Parc National des Marais de Doñana, Espagne:

1. Augmentation de la surface en ZH
2. Augmentation de la connectivité
3. Restauration du fonctionnement hydrologique

Périodes moyennes d'inondations entre 1974 et 2014



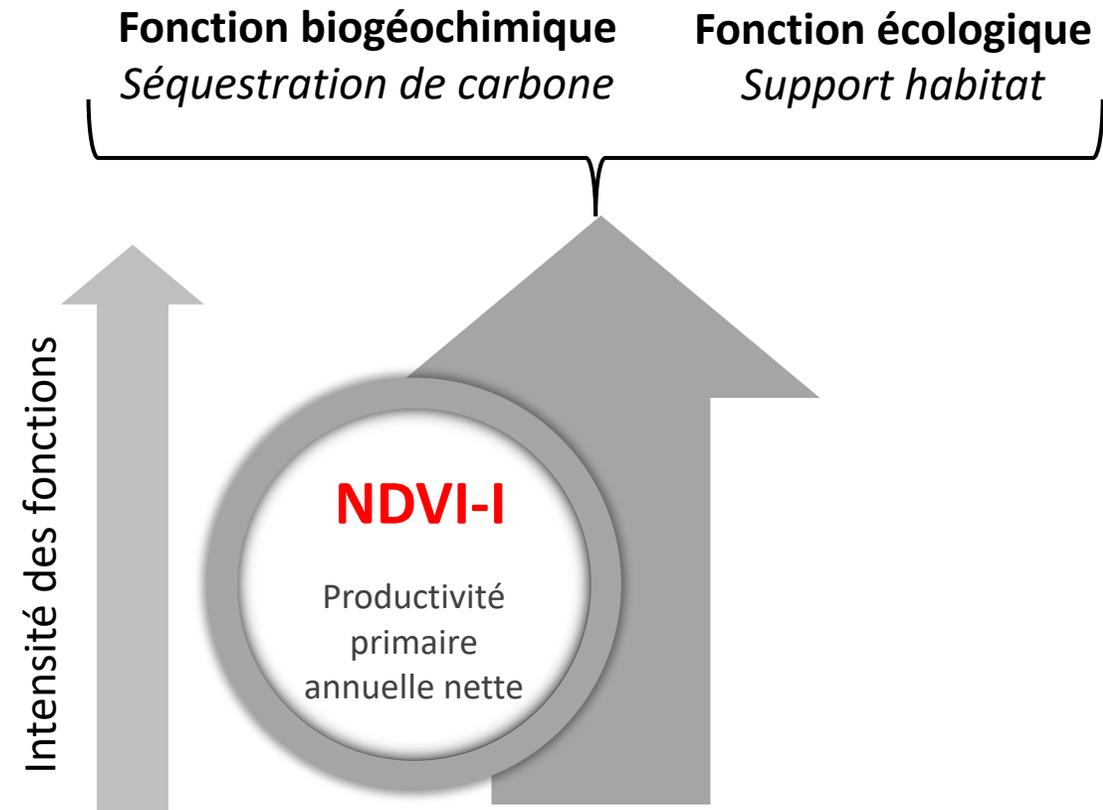
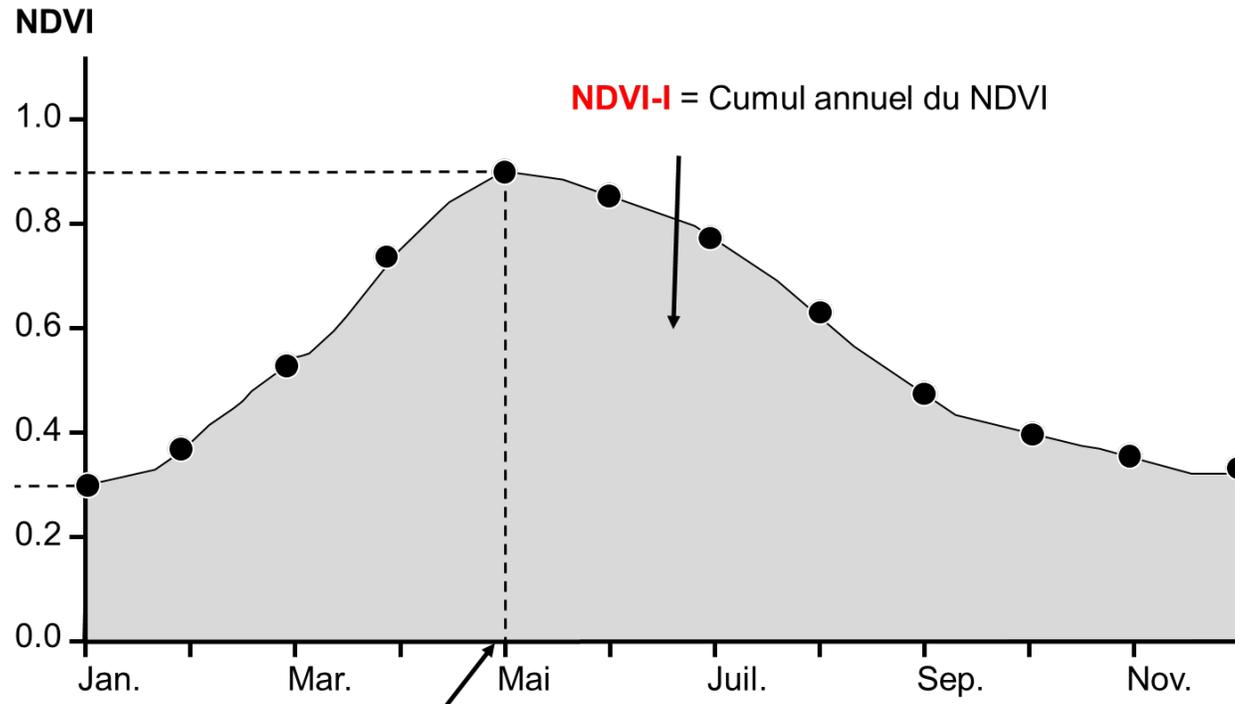
LANDSAT ET ZH : ÉTAT DE L'ART

Challenges et perspectives

1. Utilisation restreinte aux images entièrement sans nuages (~ 3 images / an)
⇒ Analyse de toutes les images disponibles par analyse de profils temporels (~ 30 images / an)
2. Difficultés à interpréter les images Landsat anciennes par manque de données terrain
⇒ Collecte et compilation des données de référence historiques disponibles
3. Analyse des images Landsat restreinte à la communauté scientifique
⇒ Améliorer la transférabilité vers les gestionnaires et les BE

SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

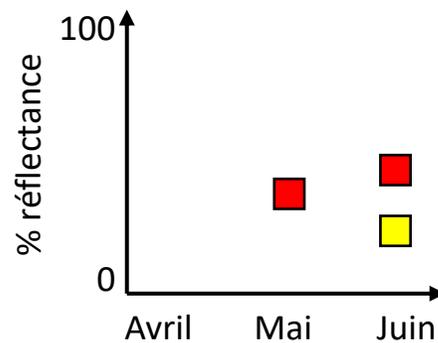
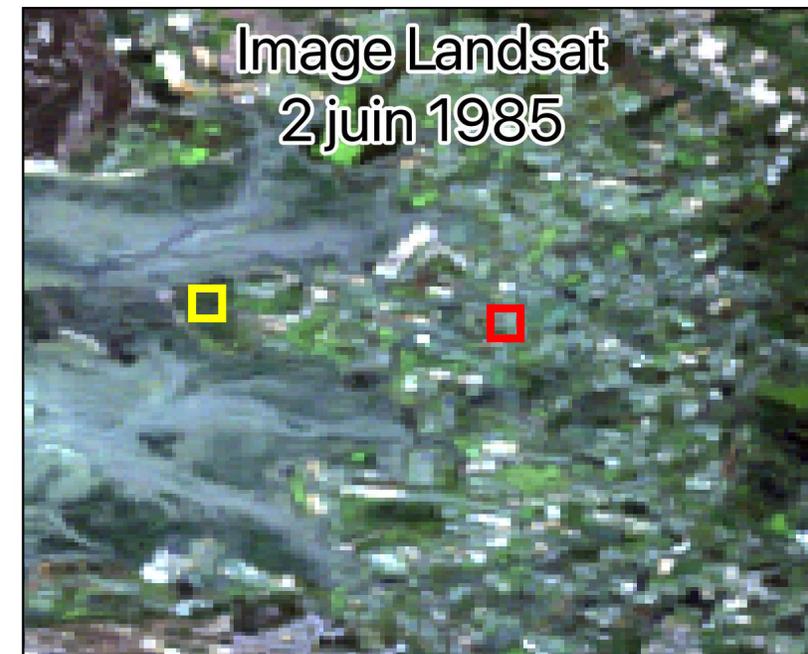
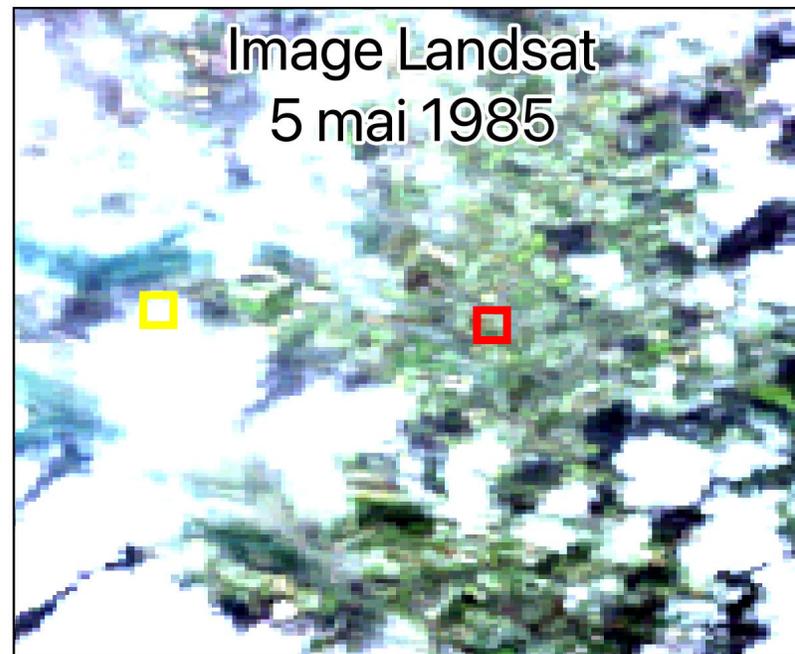
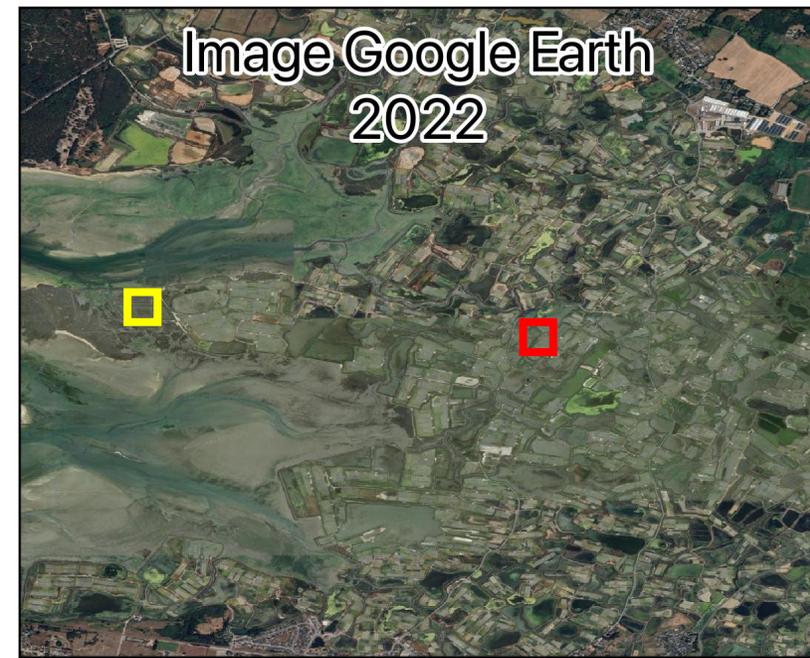
SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME



Requiert une série temporelle annuelle continue

SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

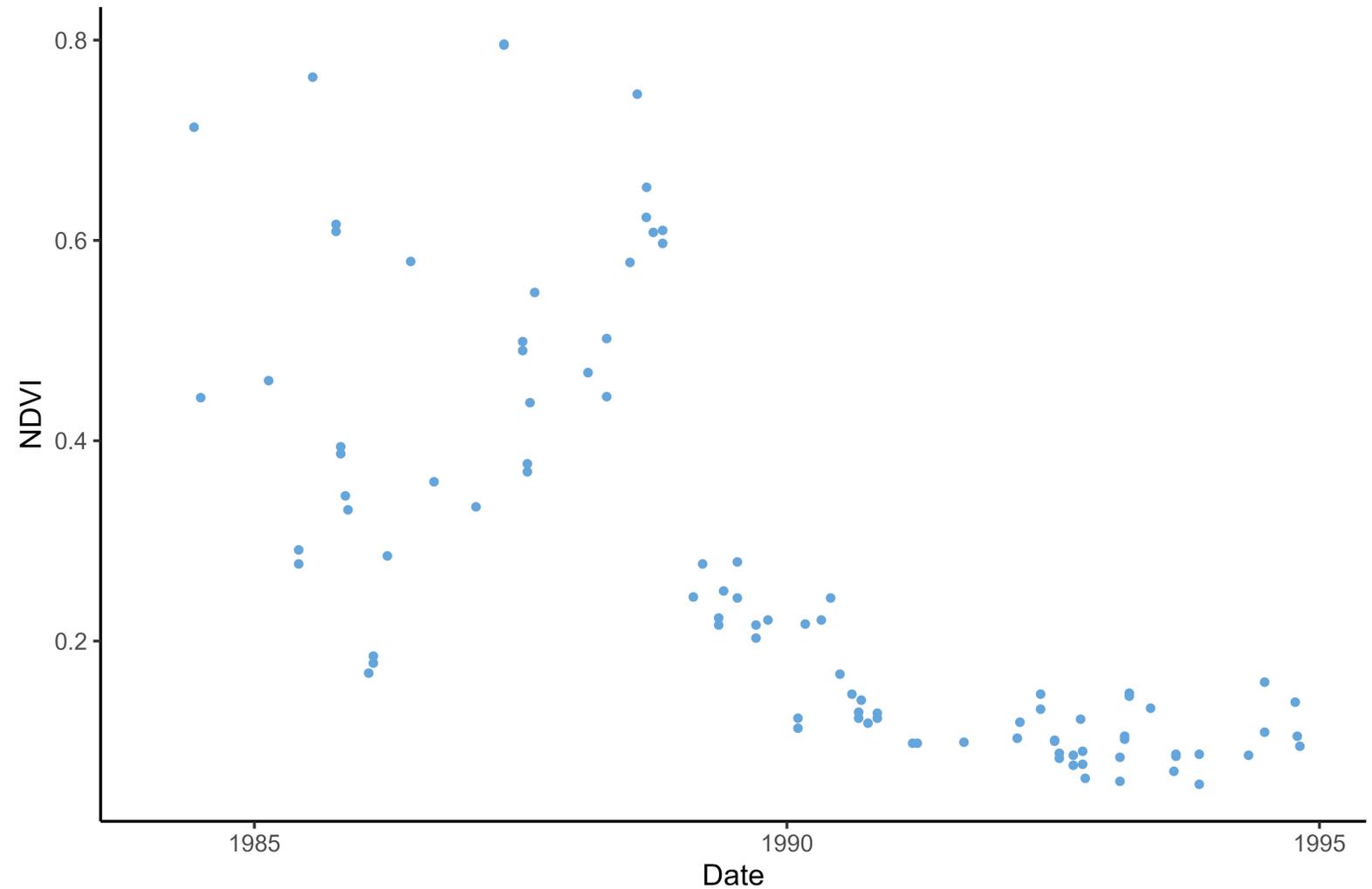
Marais de Guérande



SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Création d'un profil temporel continu

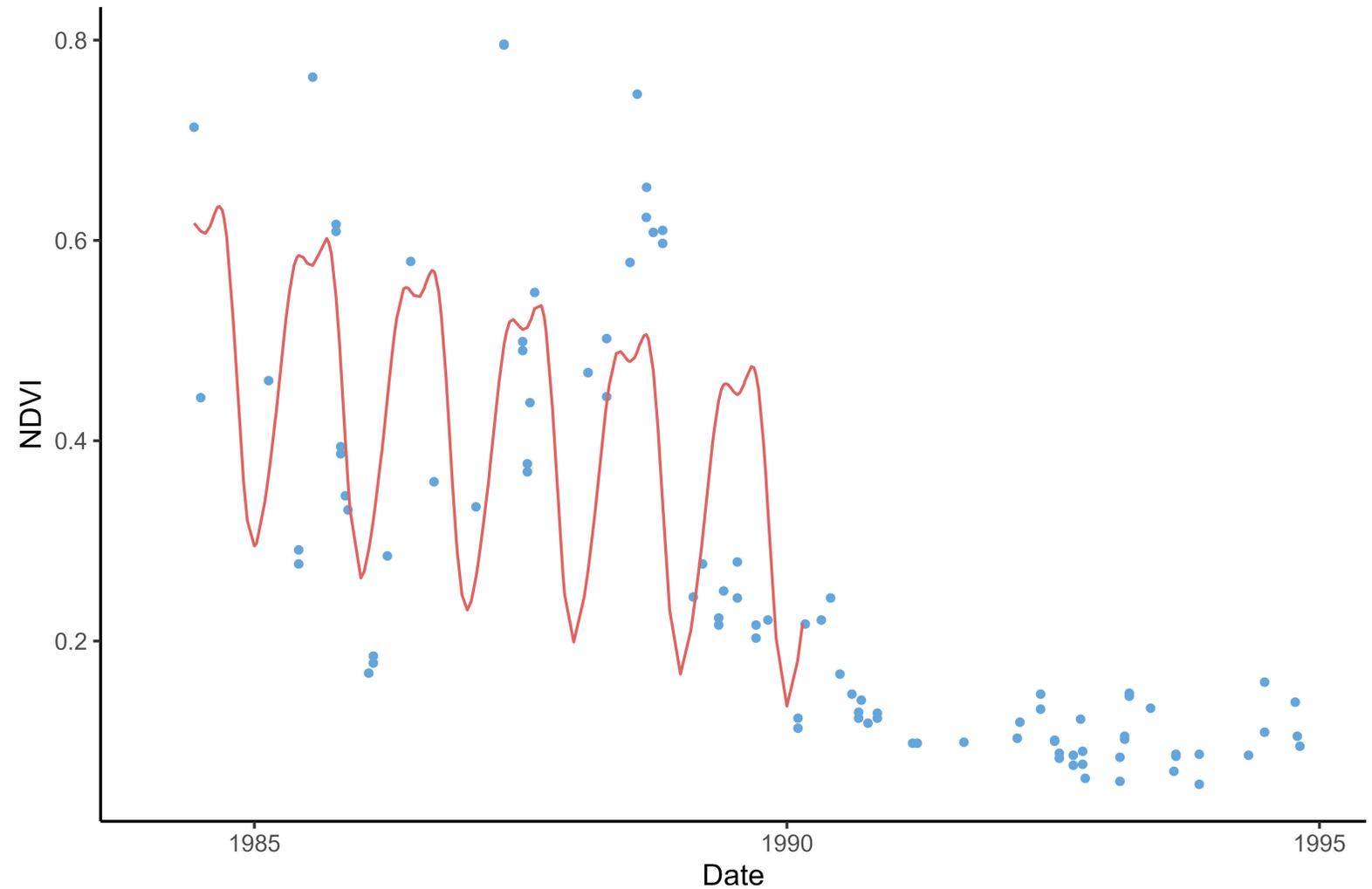
Observations sans nuages pour un pixel Landsat



SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Création d'un profil temporel continu

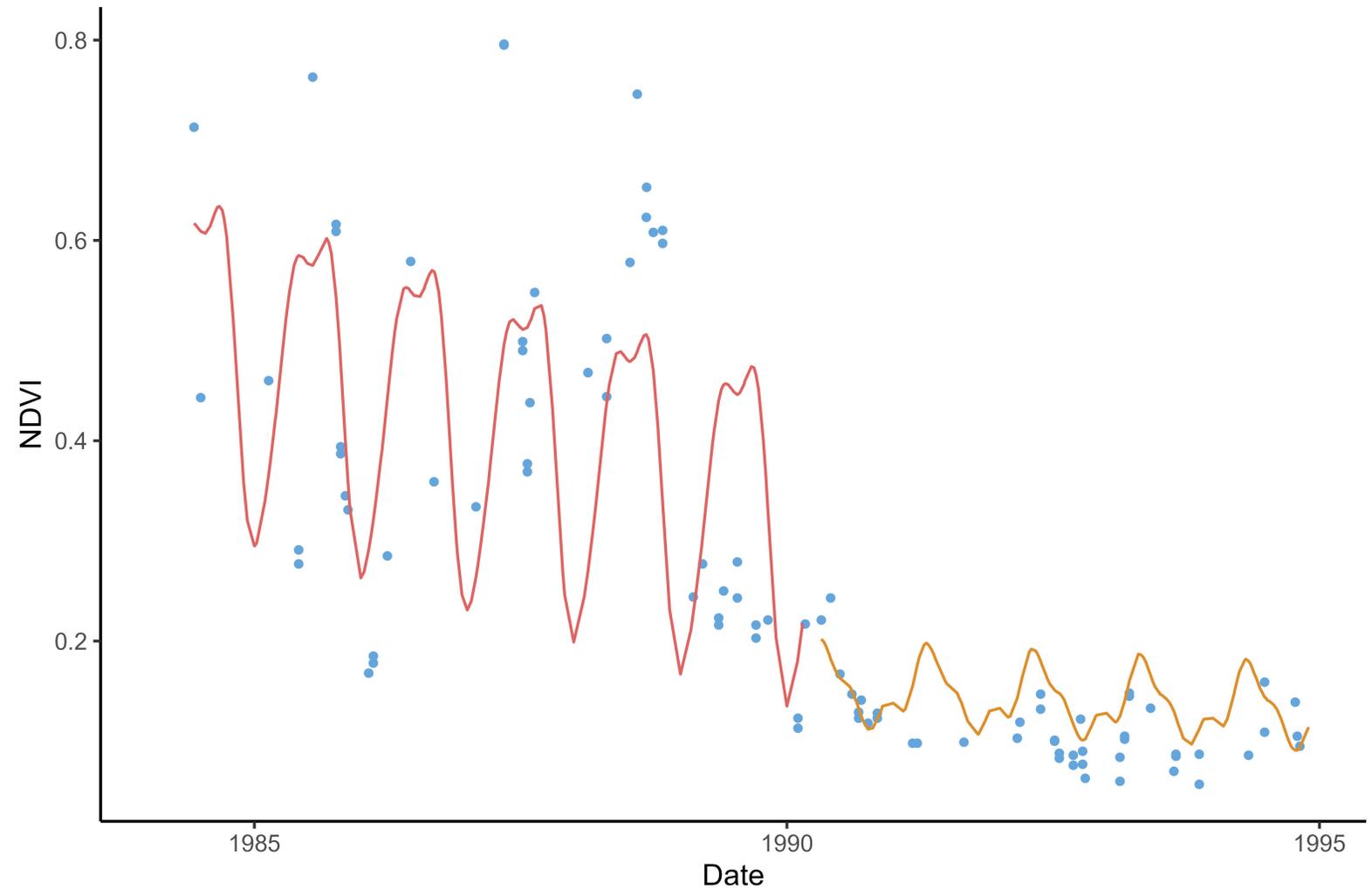
Régression harmonique jusqu'en 1990
Changement d'occupation du sol ?



SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Création d'un profil temporel continu

Nouvelle régression harmonique sur la période 1990-1995



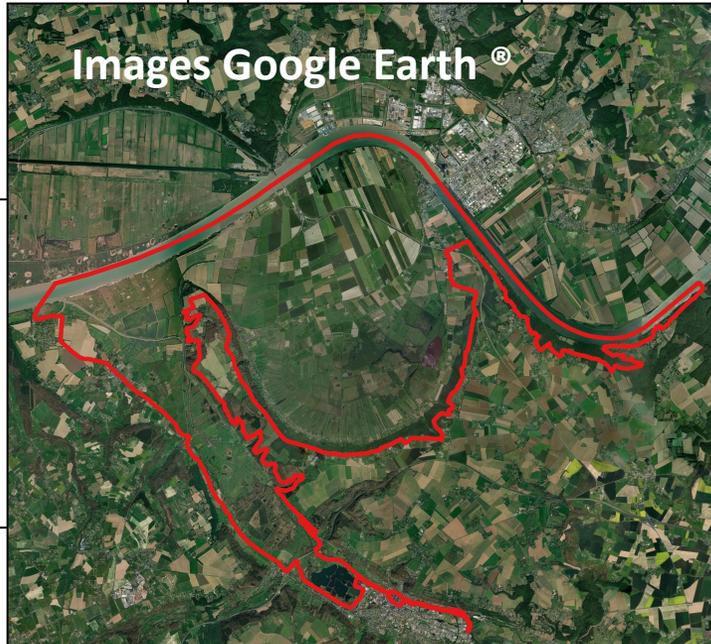
SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Création d'images de synthèse

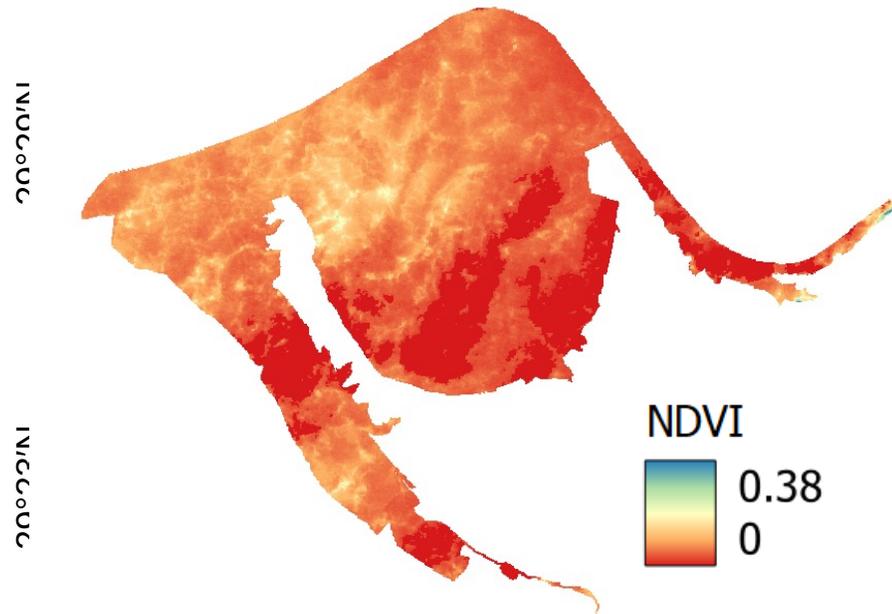
Marais Vernier (B)

0°26'E

0°34'E

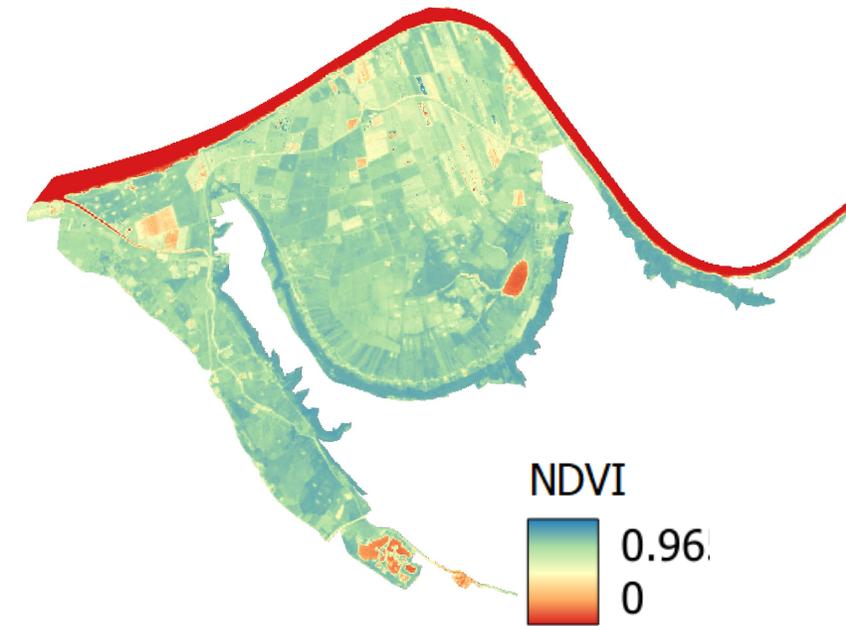


NDVI observé par Landsat 5 TM
11 juin 2000



Couverture nuageuse > 95%

NDVI synthétique
11 juin 2000

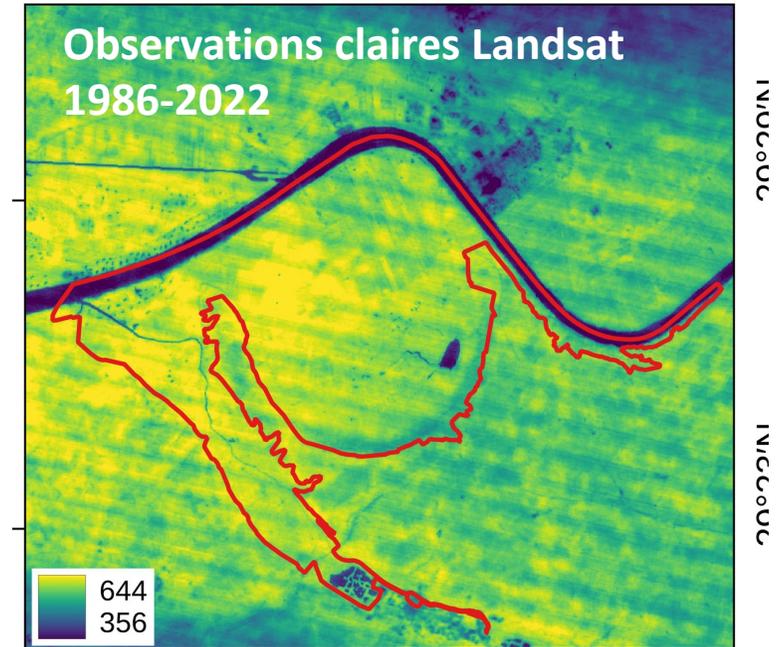
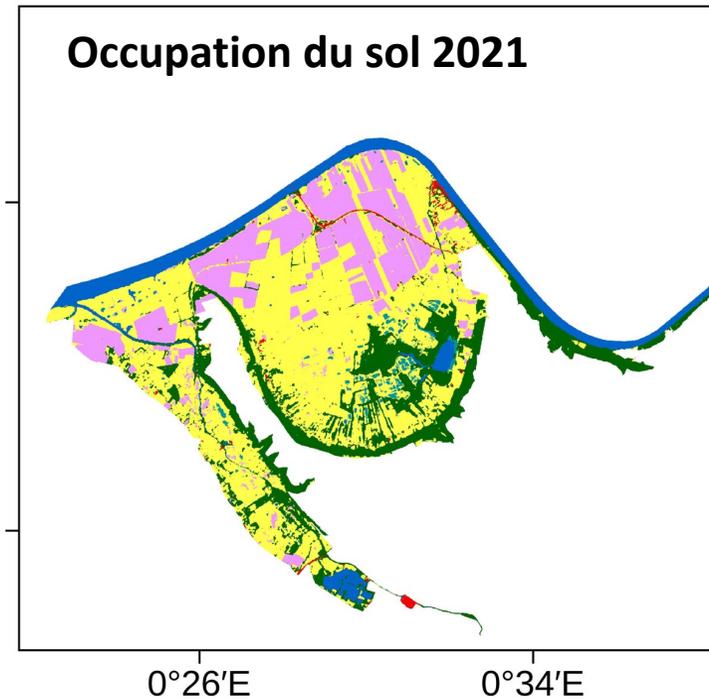
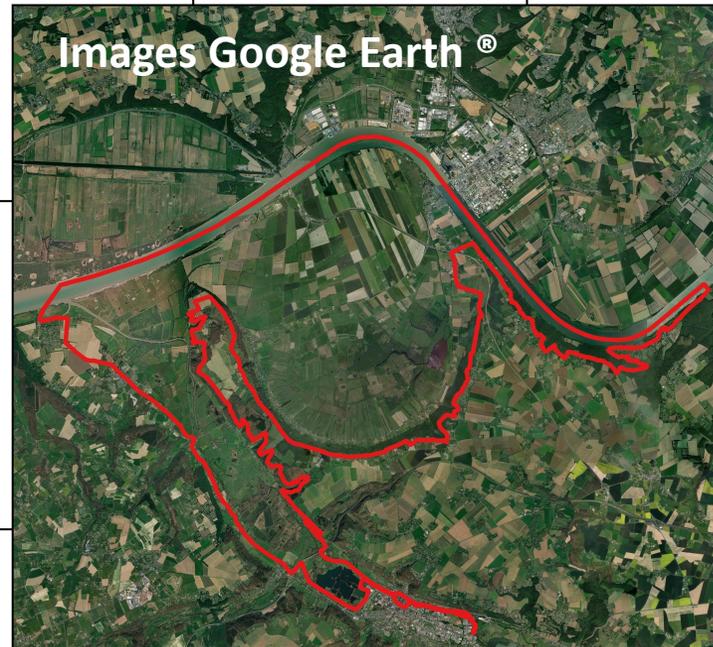


Aucune couverture nuageuse
mais valeurs NDVI approximatives

SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Marais Vernier (B)

0°26'E 0°34'E

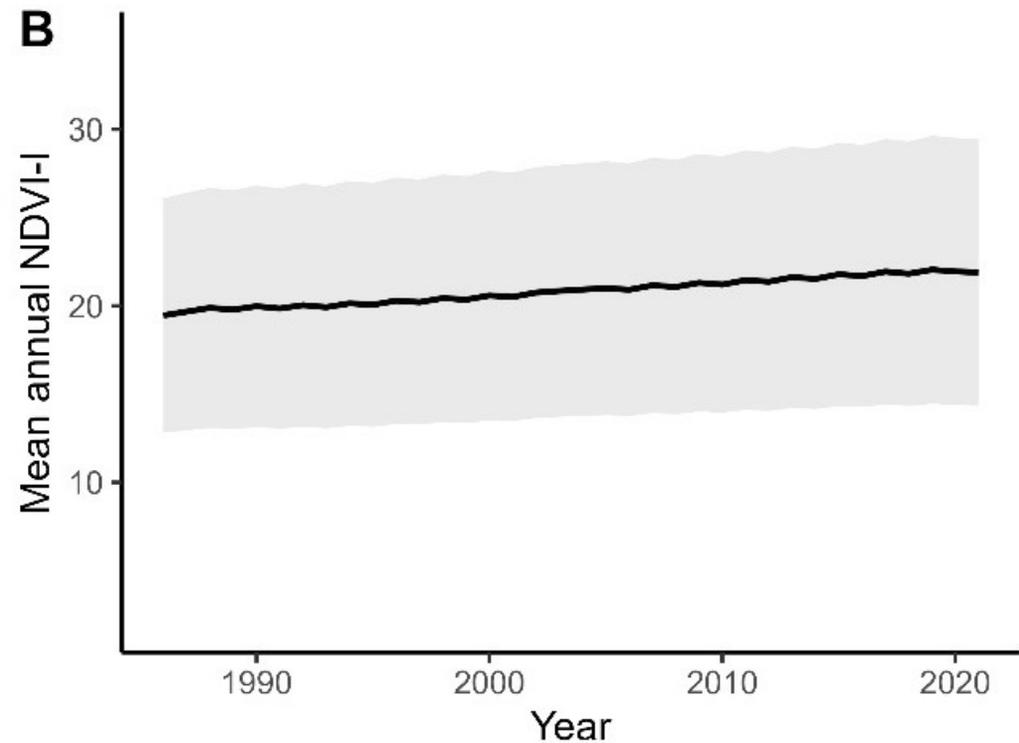


LULC classes from ESA WorldCover 2021

- | | | |
|------------|------------------------|------------------------|
| Tree cover | Cropland | Permanent water bodies |
| Shrubland | Built-up | Herbaceous wetlands |
| Grassland | Bare/sparse vegetation | Moss and lichens |

SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Echelle du site (Marais Vernier)

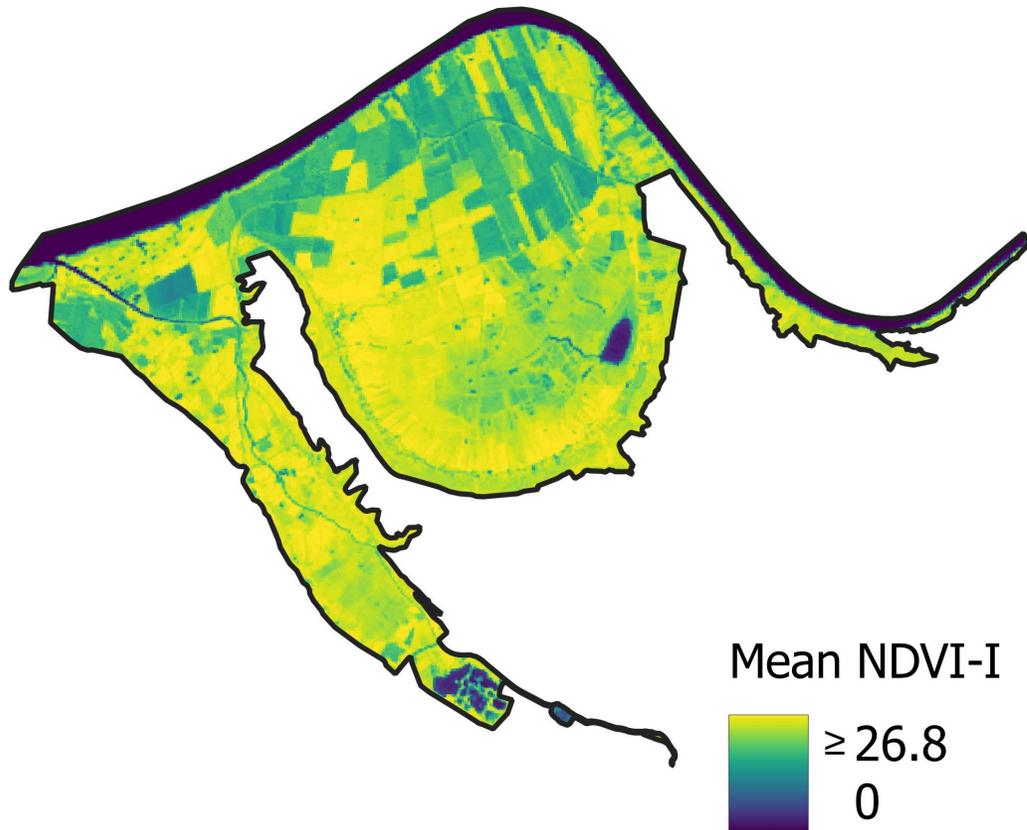


- Augmentation légère mais continue du NDVI-I
- Corrélation positive avec la température moyenne annuelle

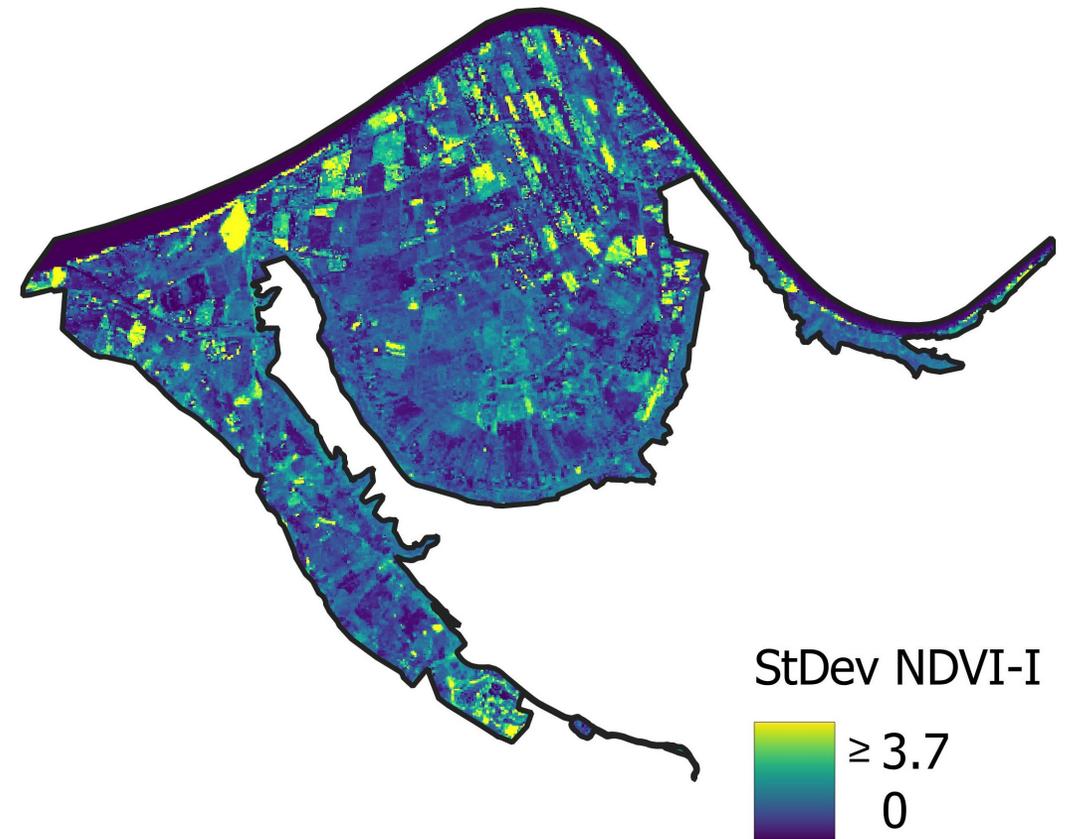
SUIVI DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉCOSYSTÈME

Echelle parcellaire (Marais Vernier)

Moyenne NDVI-I (1986-2022)



Variation du NDVI-I (1986-2022)

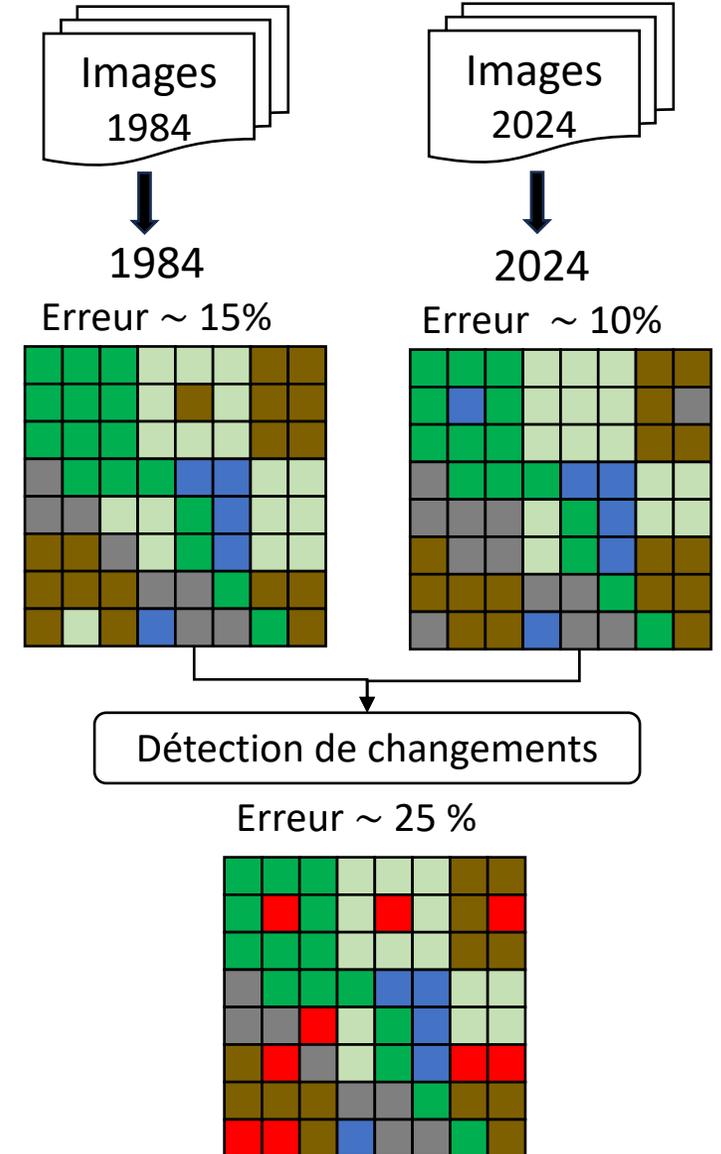


SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Cultures, plans d'eau et surfaces bâties
=> pressions anthropiques qui dégradent l'état des ZH

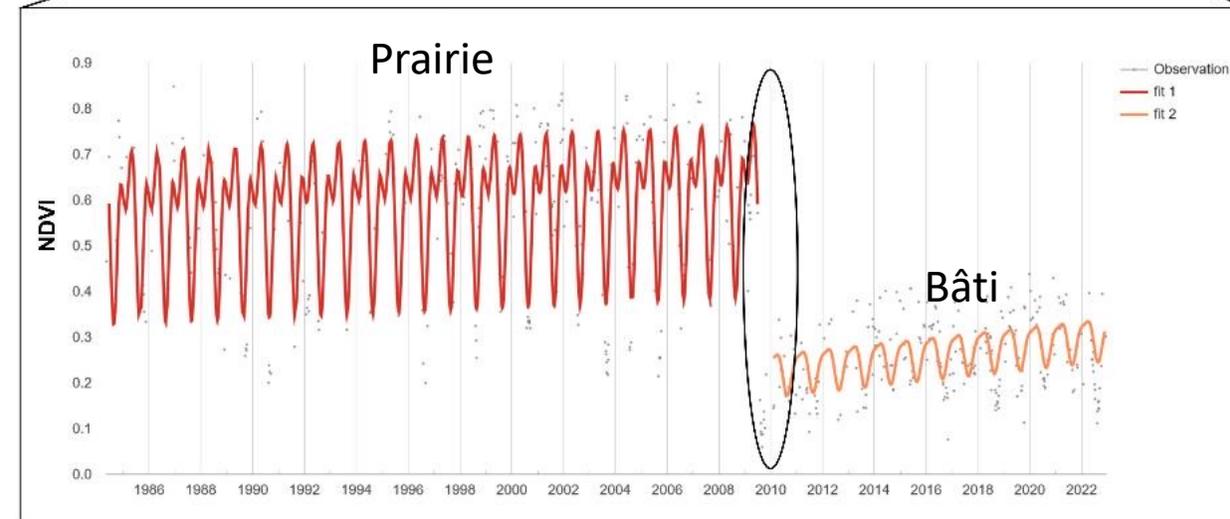
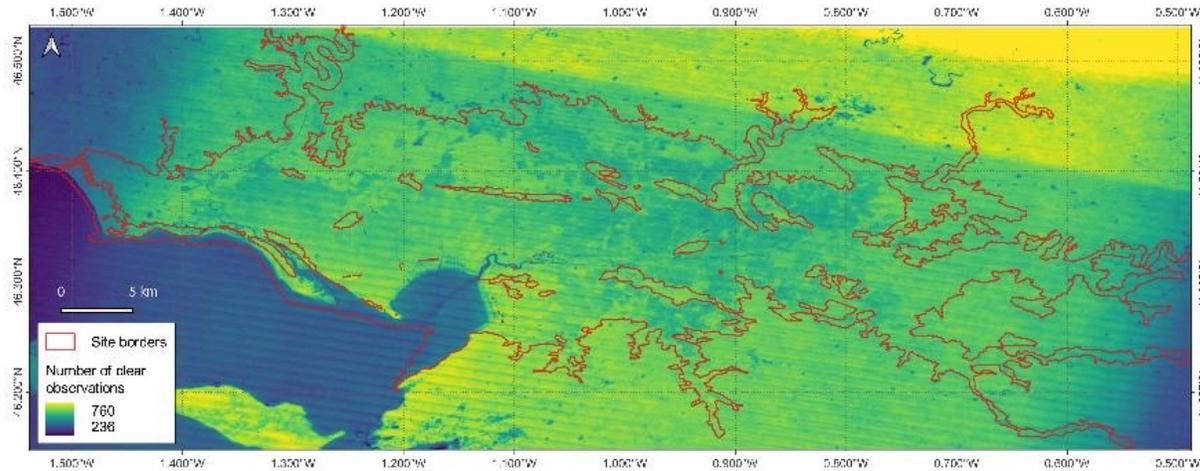
Evolution des grands habitats naturels (EUNIS niveau 1) sur 40 ans



Détection de réels changements d'habitats ou d'erreurs de cartographie ?

SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Détection de changement d'habitats par identification de ruptures sur les profils temporels

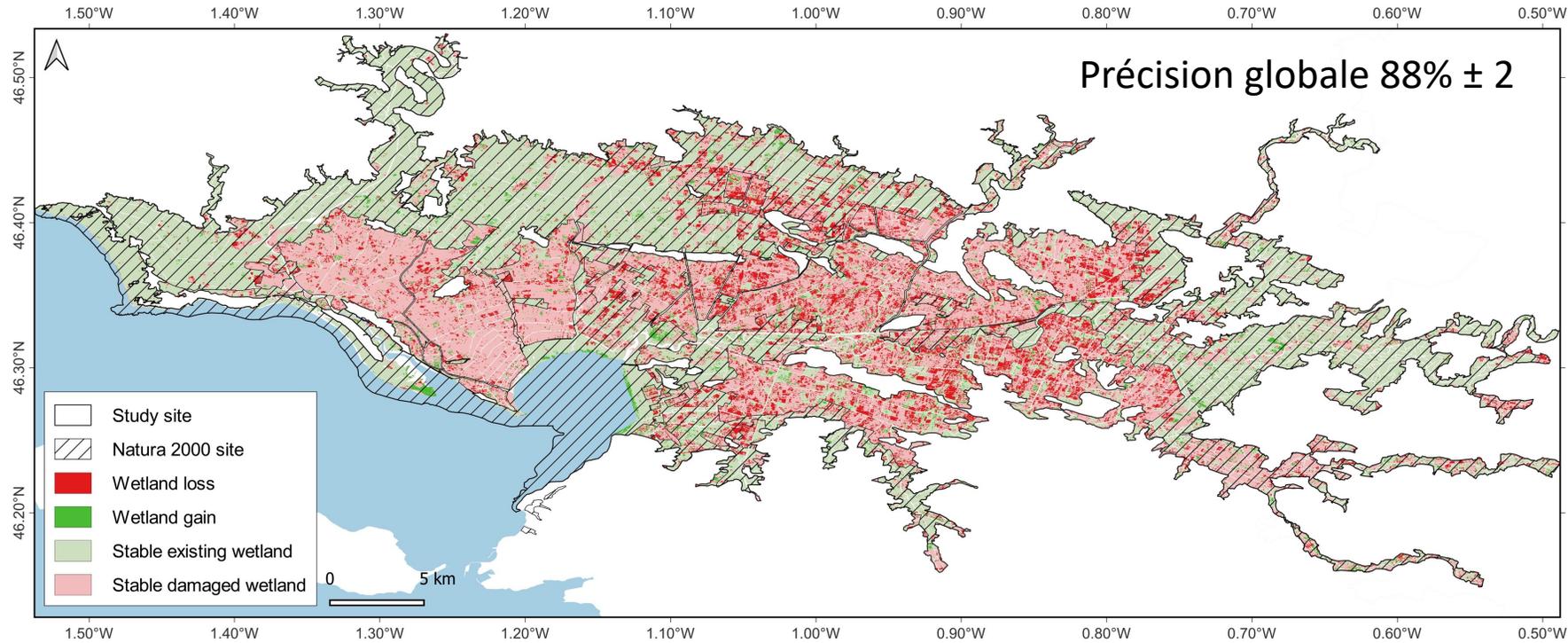


SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Données de référence

Nom	Type	Échelle/précision	Période	Source
Cartes de végétation des réserves naturelles	Végétation	1:5 000	2006, 2009, 2012, 2013, 2015	INPN (Robert and Brosseau, 2022)
Carte habitats Natura 2000	Végétation	1:15 000	2001-2005	EPMP
Relevés de végétation	Végétation	1 m	2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2014, 2015	VegFrance (Bonis and Bouzillé, 2012) et EPMP
RPG	Occupation et usage des sols	1: 5 000	2007, 2010, 2015	IGN (https://geoservices.ign.fr/rpg)
LUCAS	Occupation et usage des sols	5 m	2006, 2012, 2018	Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas)
Reconversion des cultures	Occupation et usage des sols	1:5 000	2001-2003, 2005-2015	EPMP
Communaux	Occupation et usage des sols	1:5 000	2003-2013	EPMP

SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

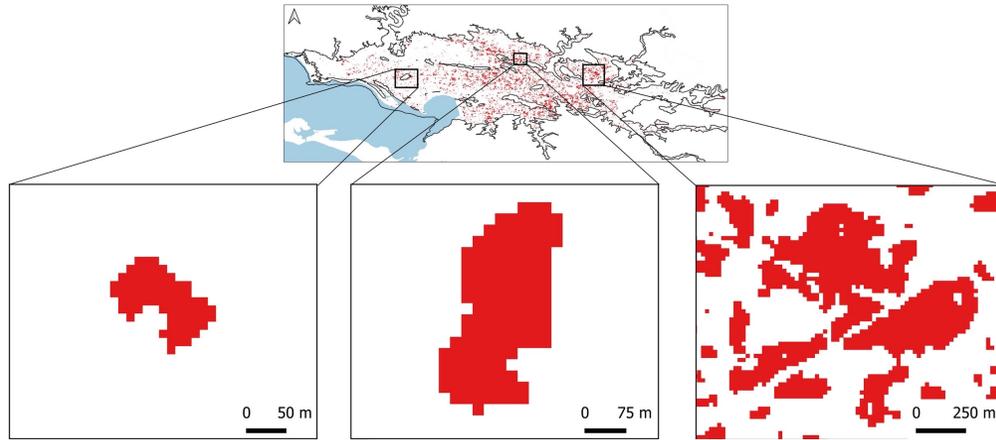


Période 1984-2022

	Pertes de ZH	Gains de ZH	ZH existante stables	ZH dégradées stables
% aire totale du site (et intervalle de confiance)	17.8 ± 1.8	1.4 ± 0.2	43.7 ± 1.6	37.1 ± 1.2

SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Exemples de pertes de ZH



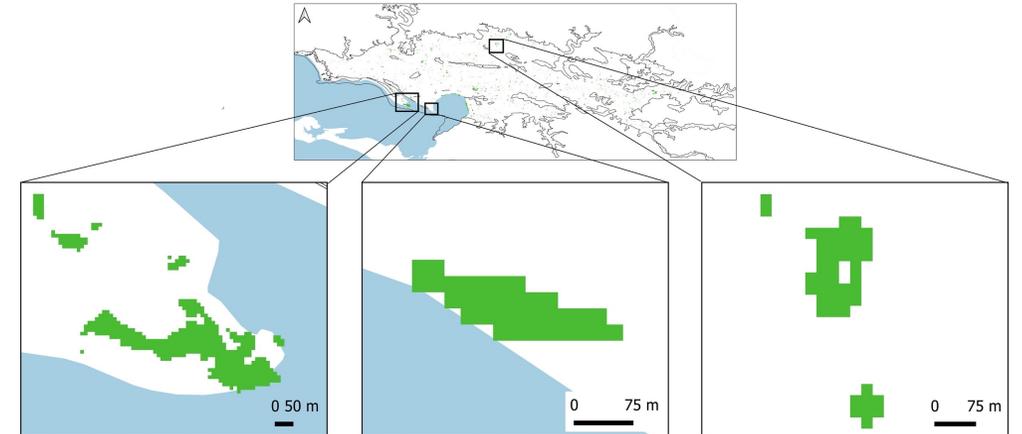
Urbanisation

Bassine

Cultures



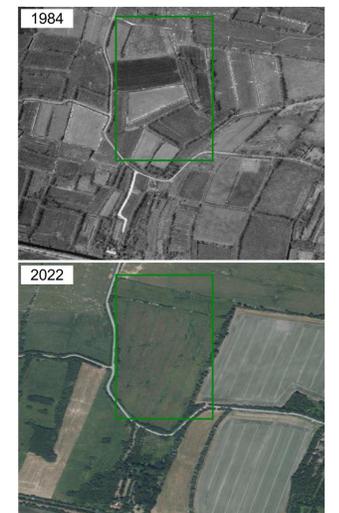
Exemples de gain de ZH



Accrétion

Restauration parking

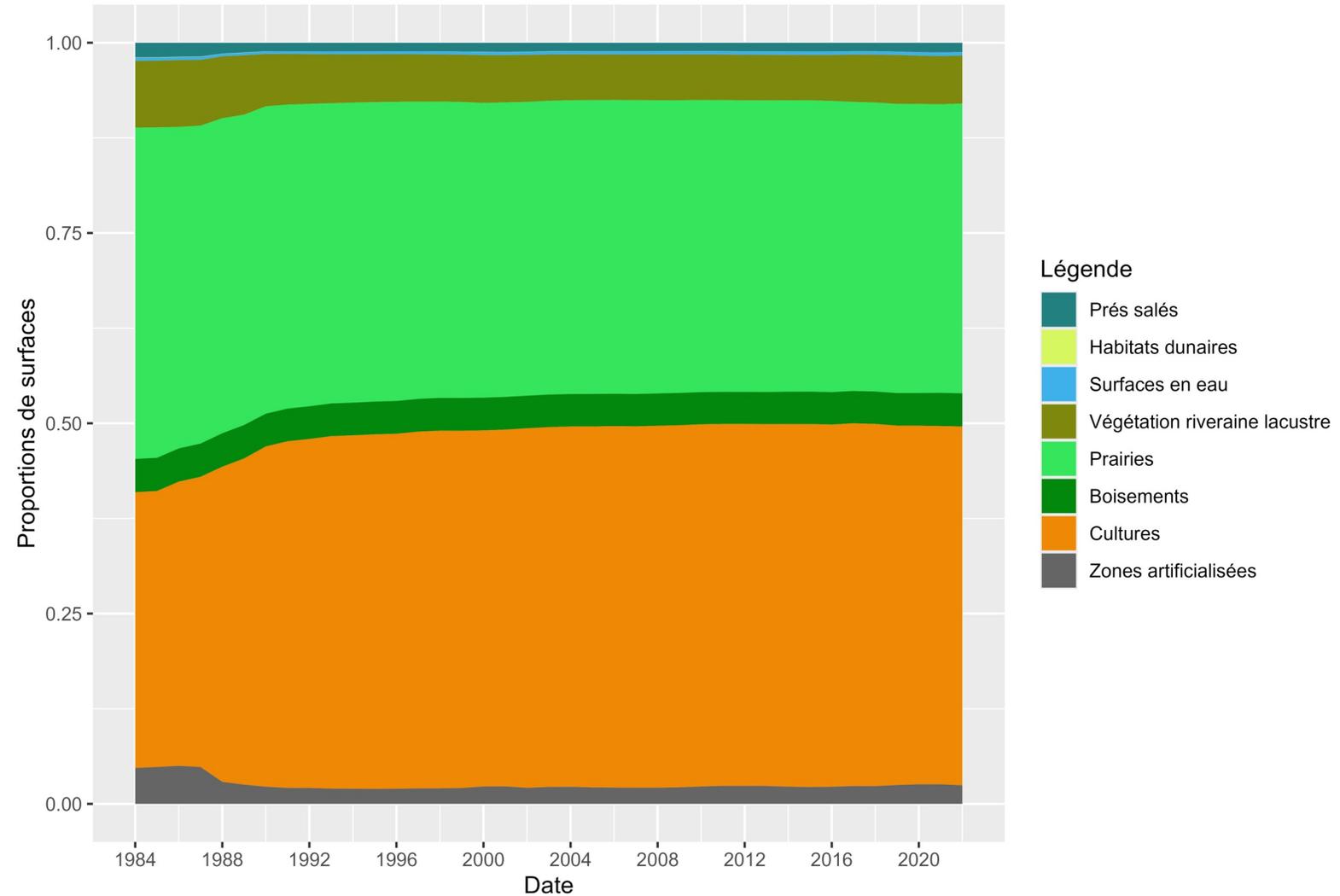
Reconversion prairie



SUIVI DES PRESSIONS ANTHROPIQUES

Dynamique des habitats entre 1984 et 2022

- Réduction significative des prairies et augmentation des cultures en début de période (1984-1992)
- Puis les dynamiques tendent à se stabiliser après 1992



Projet d'extrapolation de cette approche à l'ensemble des ZH sur l'ensemble de la France métropolitaine en 2025

- Recherche de données terrain « historiques »

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES AIRES PROTÉGÉES

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES AIRES PROTÉGÉES

Croisement des cartes annuelles des habitats entre 1984 et 2022 issues de l'analyse des images Landsat avec l'emprise des aires protégées (travaux en cours)

=> Quelles différences de dynamiques annuelles d'habitats selon le type d'aire protégée ?

Aires protégées considérées :

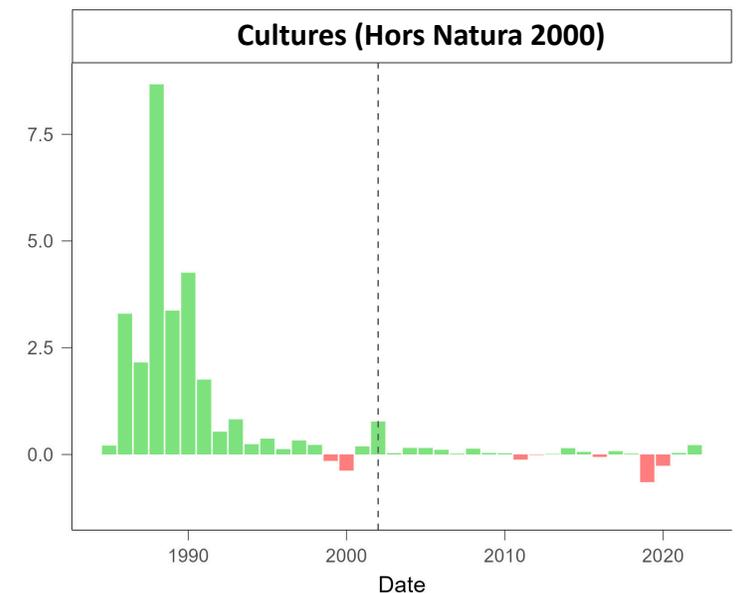
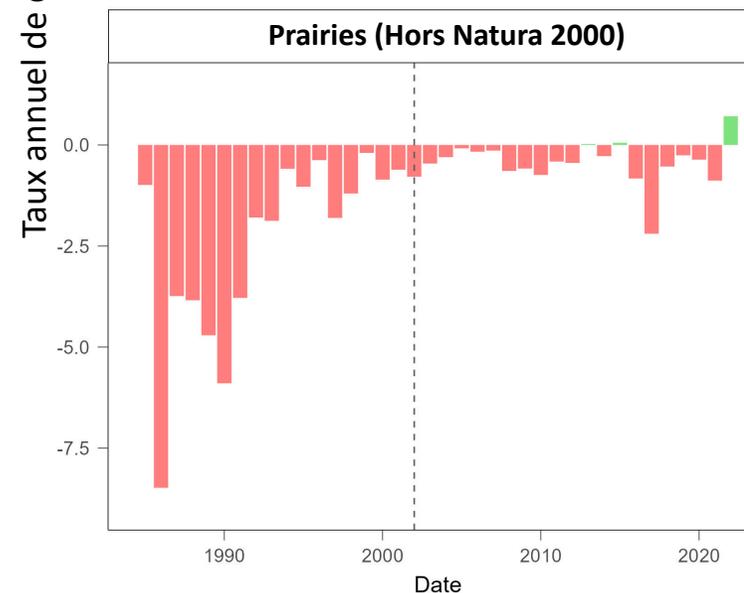
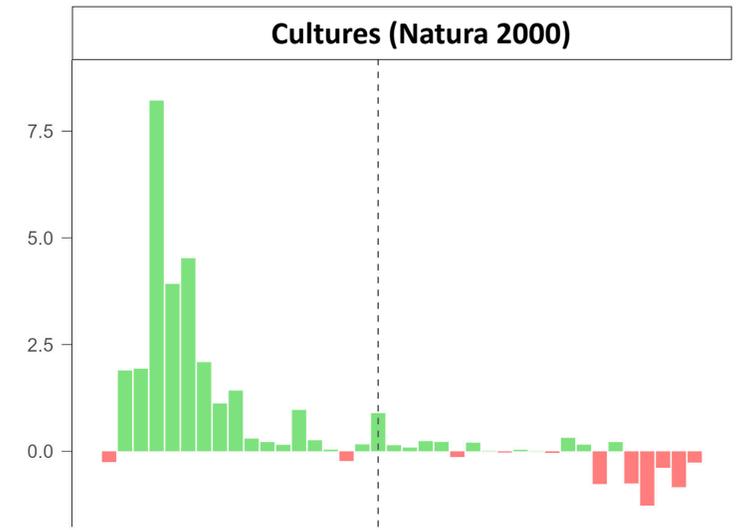
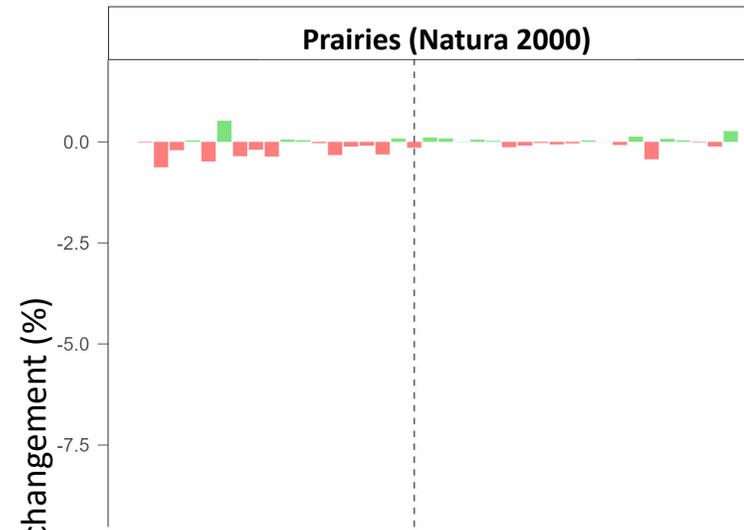
- Protection **contractuelle** (Natura 2000 depuis 2002)
- Protection **réglementaire** (réserves naturelles)
- Protection **foncière** (acquisitions des conservatoires)



ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES AIRES PROTÉGÉES

Pressions au sein des aires protégées : exemple sur un site Natura 2000

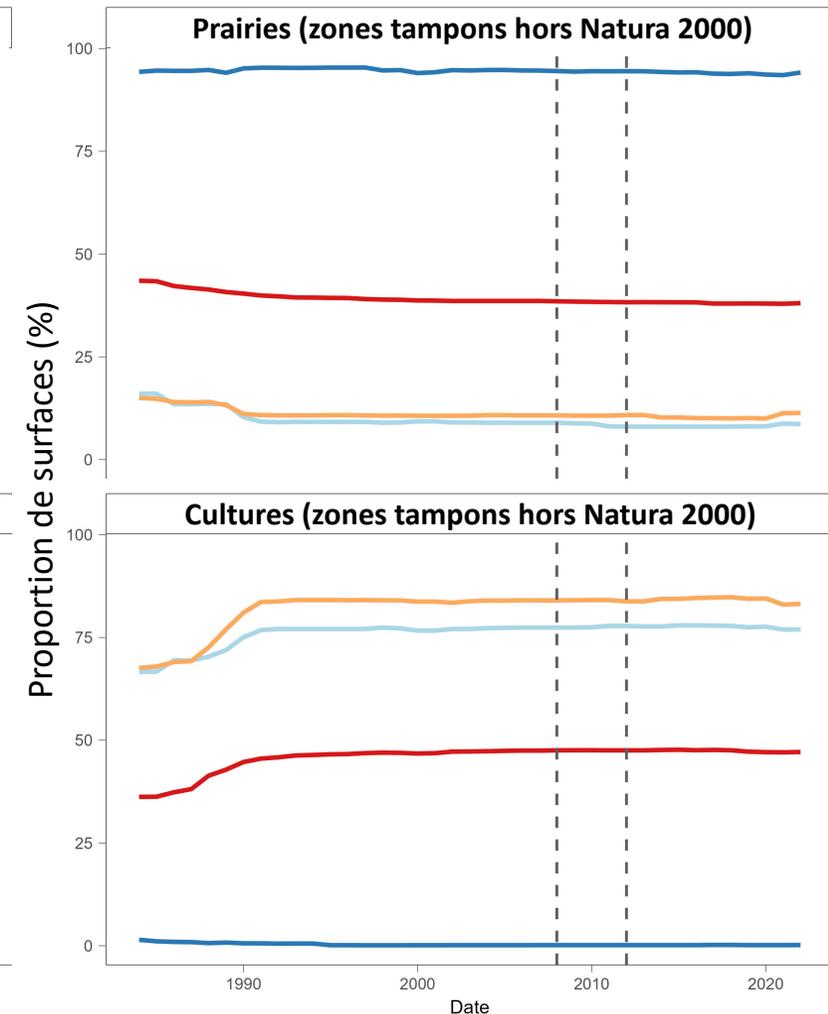
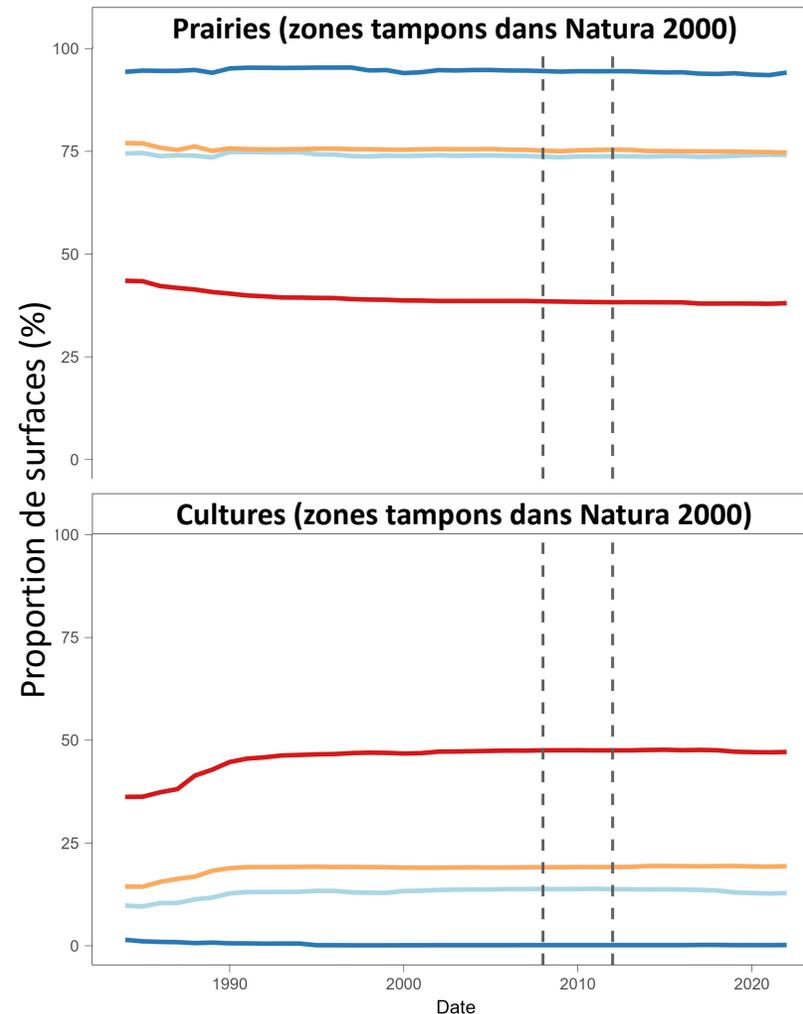
- Pressions sur prairies sont moins marquées en site Natura 2000
- Mais effet semble antérieur à la mise en place du site Natura 2000 en 2002
- Efficacité de l'aire protégée/politiques publiques ou création des aires protégées sur des sites préalablement épargnés ou peu sujets aux pressions ?



ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES AIRES PROTÉGÉES

Pressions au sein des aires protégées : exemple des réserves naturelles

- Pressions sur prairies très faibles dans les réserves naturelles (cultures quasi inexistantes)
- D'après la dynamique observée, cette stabilité était déjà présente avant la mise en réserve (2008 et 2012)
- A mesure que l'on s'éloigne, les pressions augmentent (moins de prairies et plus de cultures) => moins fort en zonage Natura 2000, beaucoup plus prononcé en dehors
- Effet réserves ? Natura 2000 ? Autre ?
Interprétations en cours



— Périmètres de Réserves — 500m buffer zone — 1km buffer zone — Site entier

CONCLUSIONS

- Images Landsat utiles pour suivre les ZH (aire, structure, fonctions) sur le long terme
 - Cartographie des pressions anthropiques et climatiques sur ces écosystèmes
 - Aide à la décision pour la gestion des ZH
- Incertitude des cartes dérivées des images Landsat
 - importance des données terrain historiques pour calibrer et valider les analyses
- Images Landsat peu utilisées en France pour le suivi sur le long terme des ZH
 - Volonté de transfert méthodologique (outil, formation) à l'issue de la thèse de Q. Demarquet (soutenance en décembre 2024)

Merci pour votre attention !

sebastien.rapinel@univ-rennes2.fr



**UNIVERSITÉ
RENNES 2**