

# Trajectoires et histoire paysagère sur 67 ans de Fessenheim, un socio- écosystème en transformation : stratégies pour optimiser les transitions d'après-nucléaire

Nathan Ehrstein



1 septembre 2020

Réalisé sous la direction de Mme. Cybill Staentzel

Co-encadrant : M. Pierre-Alexis Herrault

Organisme d'accueil : Laboratoire Image Ville Environnement (L.I.V.E – UMR 7362)

# Contexte:



- ▶ Contexte national de transition énergétique et écologique
- ▶ Réduction à 50% de la part du nucléaire dans la production d'électricité
- ▶ 20 juin 2020 : arrêt définitif après 43 ans d'exploitation du Centre Nucléaire de Production Électrique (CNPE) de Fessenheim (Haut-Rhin)
- ▶ L'avenir de Fessenheim et son socio-écosystème constitue le cœur du projet d'étude pluridisciplinaire Juxta Rhenum
- ▶ Objectif: suivre, comprendre, anticiper et accompagner l'évolution du socio-écosystème de Fessenheim face la fermeture du CNPE.
- ▶ L'axe 2 du projet Juxta Rhénum tente de répondre à la question suivante : ***“Comment identifier, cartographier et analyser la zone d'impact globale du CNPE en intégrant la dimension économique, paysagère et territoriale en sus de la dimension environnementale ?”***

# Problématique et questionnements scientifiques:

- ▶ **Quelles ont été les conséquences de la construction de CNPE sur le socio-écosystème de Fessenheim et sur ses trajectoires paysagères, naturelles et socio-démographiques ?**
- ▶ **La construction du CNPE se place-t-elle comme seule source de changements au sein du socio-écosystème ?**
- ▶ **Est-ce que l'île du Rhin est une source majeure de la naturalité au sein du socio-écosystème de Fessenheim ?**

# Objectifs de l'étude :

## Etude réalisée selon trois grands axes :



1 Etude approfondie de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans (de 1951 à 2018) du socio-écosystème de Fessenheim, par la création et l'analyse rétrospective de cartographies d'occupation et d'usage du sol.



2 Caractérisation de la part de naturalité et trajectoires de naturalité pour rendre compte des influences potentielles de la construction du CNPE et d'autres grands ouvrages anthropiques au sein du socio-écosystème.

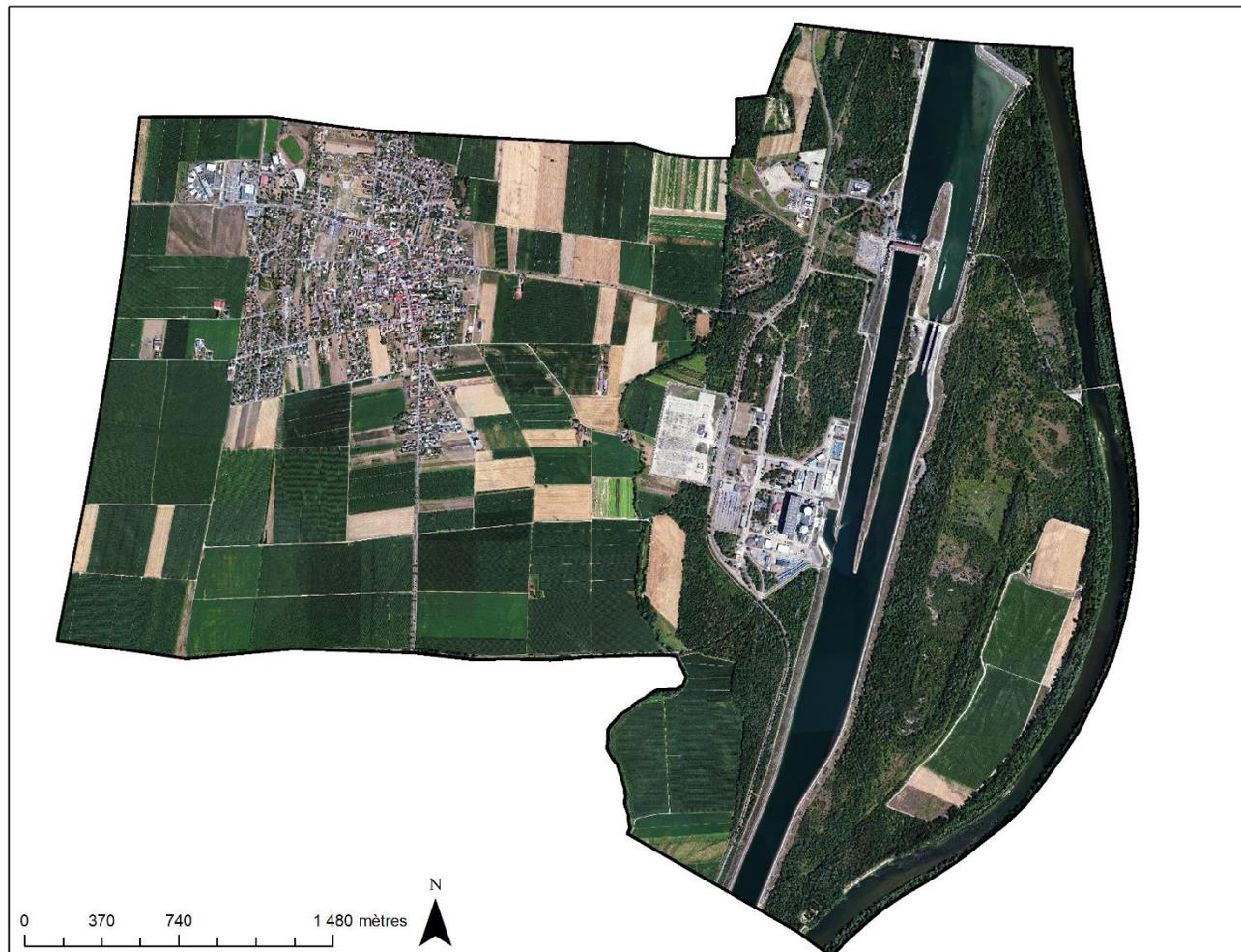


3 Analyse conjointe des trajectoires paysagères et des trajectoires socio-démographiques du socio-écosystème afin de caractériser leur potentielle interrelation.

# I. Matériels et méthodes



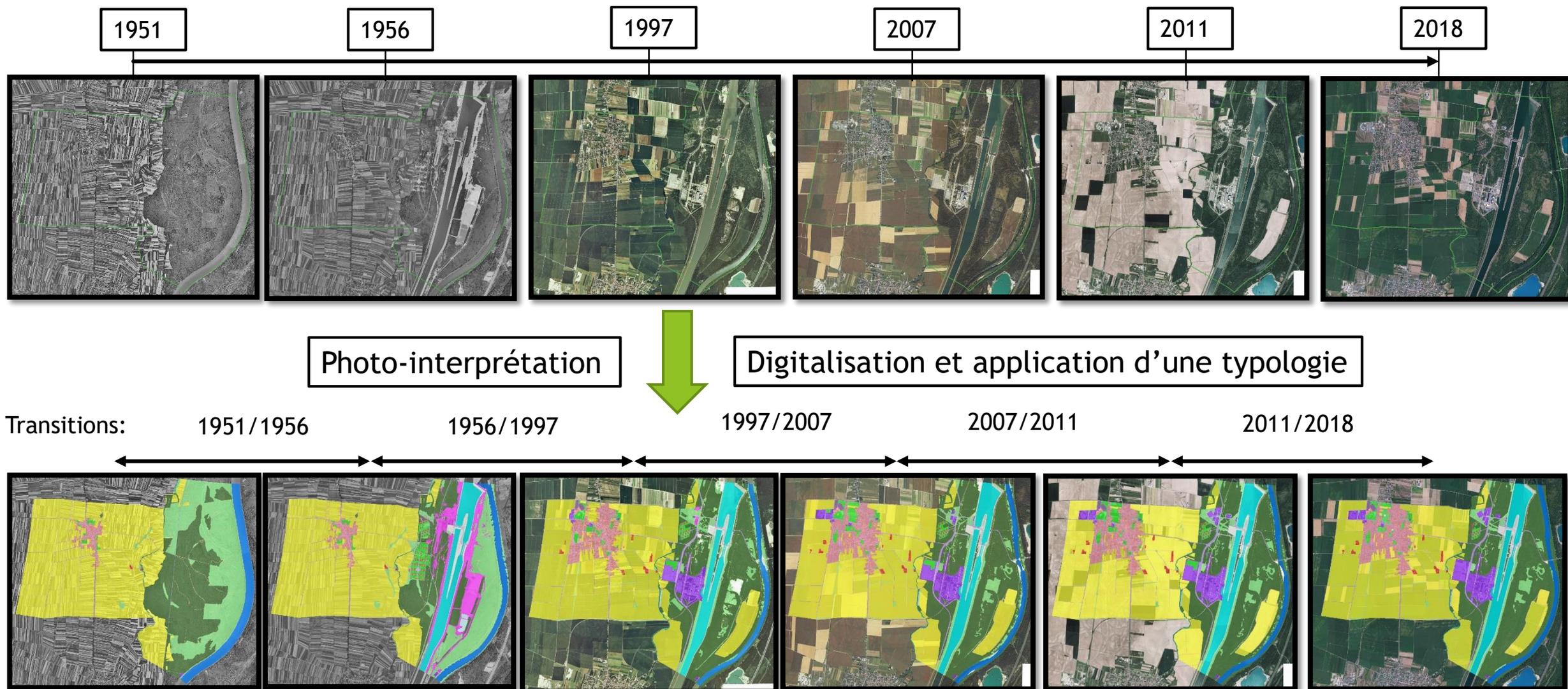
# 1 2 3 Zone d'étude :



- Déterminée par l'étude des données photographiques aériennes
- Territoire administratif de la commune de Fessenheim
- CNPE, GCA, Centrale Hydroélectrique, l'Ile du Rhin, Rhin historique
- Surface totale de 150,1586ha.

# 1 Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

## A. Création de cartographies d'occupation et d'usage du sol



# 1 Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

## B. Méthodes pour l'étude de la nature des transitions et des dynamiques de changements d'occupation et d'usage des sols

### ► Les métriques de dynamiques spatiales

Le PCI (*Pixel Change Index*) (Staentzel et al. 2018)

Le ZCI (*Zonal Change Index*) (Staentzel et al. 2018)

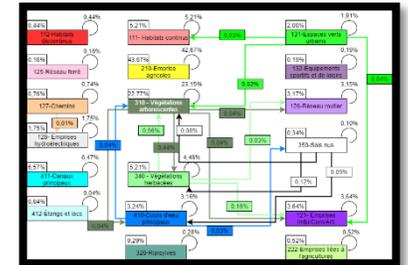
### ► Les matrices de transitions

Quantifier les changements d'occupation et d'usage du sol pour chaque transition

Différentiation entre:

- **Transitions stables:** surface/nombre de pixels ne changeant pas de classe typologique pendant la transition
- **Transitions instables:** surface/nombre de pixels passant d'une classe typologique à une autre pendant la transition

Représentation graphique par **diagrammes de flux**



### ► Les rasters de changements

Pour chaque transition - soustraction d'un raster (t) avec un second (t-1)

Permet la localisation précise des changements d'occupation et d'usage du sol





# 2 Etude de la part de naturalité du socio-écosystème

## A. Création de la trajectoire de naturalité du SES de Fessenheim

- ▶ Différentiation des classes typologiques biogènes (classes végétations arborescentes et herbacées, ripisylves, cours d'eau principaux, étangs et lacs) et non biogènes (classes anthropiques) pour chacune des dates étudiées

## B. Etude ciblée: Analyse structurelle et fonctionnelle des communautés végétales de l'Île du Rhin

- ▶ Données de 82 relevés de végétation de 2010 provenant du Conservatoire des Sites Alsaciens
- ▶ Métrique structurelle: richesse (nombres d'espèces par relevés)
- ▶ Analyse des traits fonctionnels
- ▶ 6 coefficients d'Ellenberg (tolérance à la lumière, température, humidité édaphique, réaction du sol pH, nutriments du sol, texture du sol)
- ▶ 7ème coefficient: l'hémérobie (tolérance à l'influence de l'homme)

# 3 Trajectoires sociologique et démographiques

## A. Construction de la trajectoire démographique

- ▶ Analyse de l'évolution quantitative de la population de la commune
- ▶ Base de données de l'EHESS (1951 à 1968)
- ▶ Base de données de l'INSEE (1968 à 2017)

## B. Construction de la trajectoire sociologique

- ▶ Analyse de l'évolution des catégories socio-professionnelles de la population active de la commune.
- ▶ Base de données de l'INSEE (1968 à 2016)

## II. Résultats

# 1 Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

Analyse conjointe des rasters de changements et des métriques spatiales :

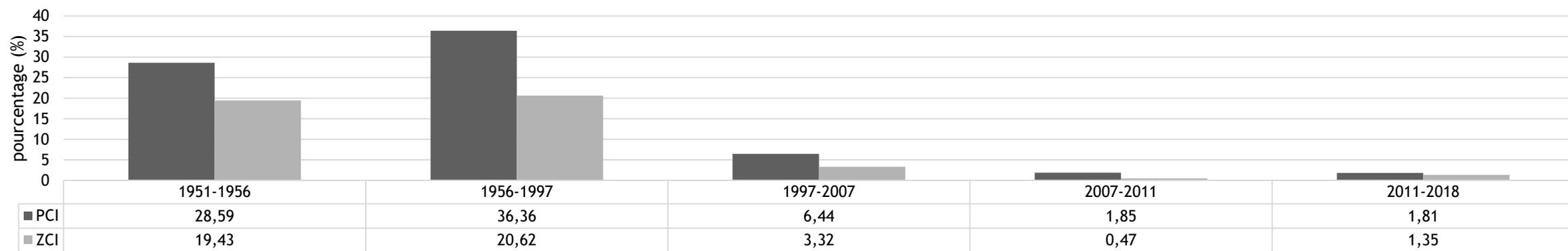
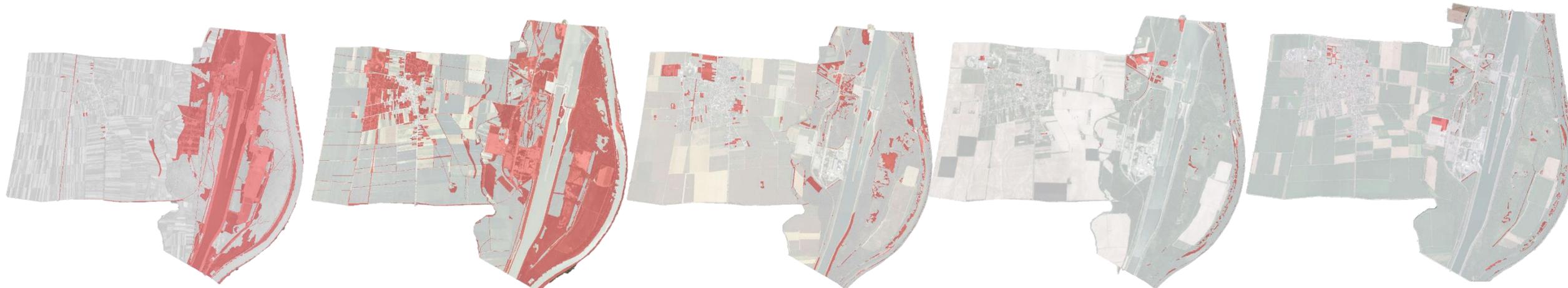
1951/1956

1956/1997

1997/2007

2007/2011

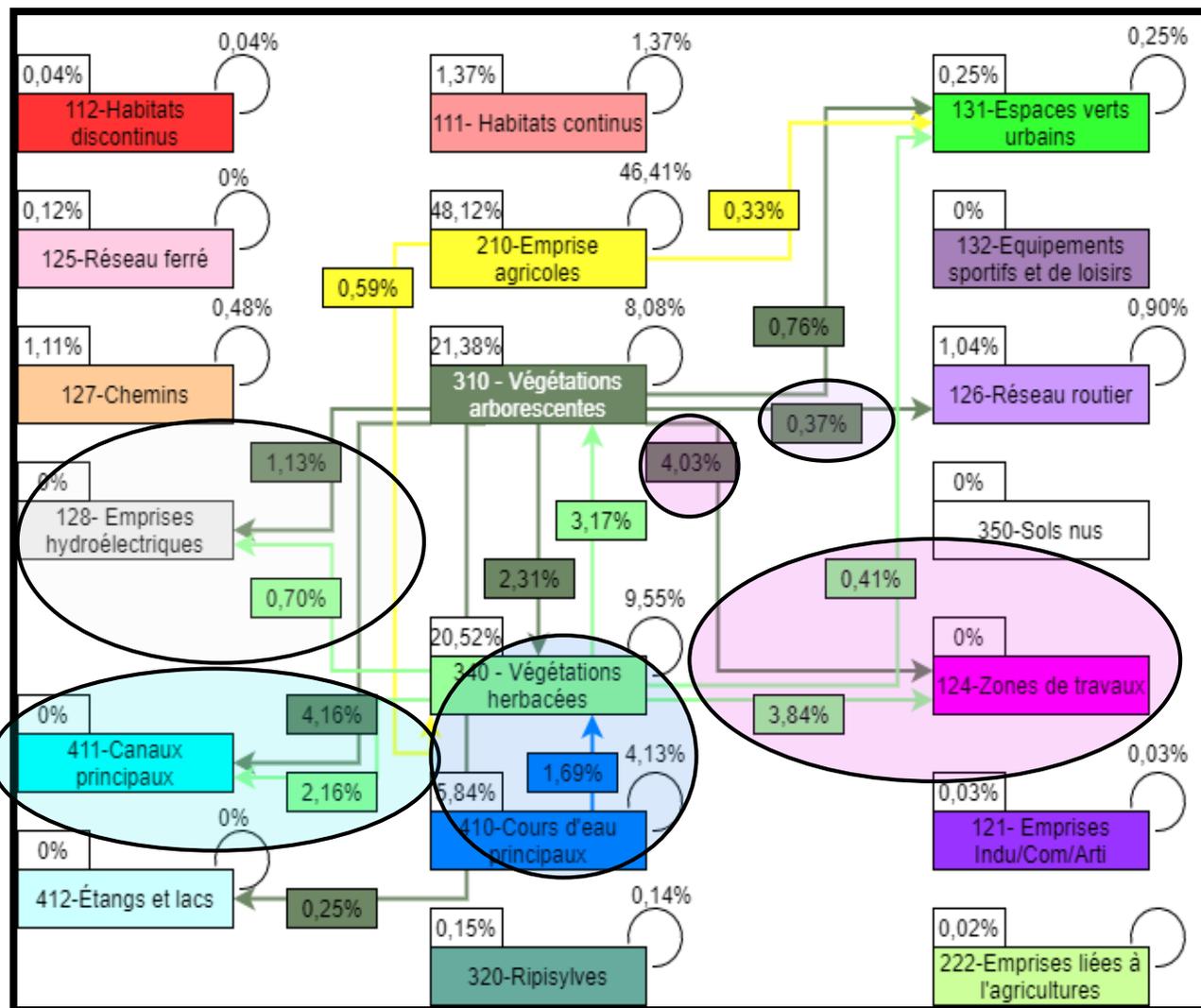
2011/2018





# Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

## Analyse de la transition 1951-1956



1

Construction du GCA

2

Construction de la centrale hydroélectrique

3

Conséquences des travaux du GCA  
Nombreuses zones mises à nues par les travaux.

4

Réduction du débit du Rhin

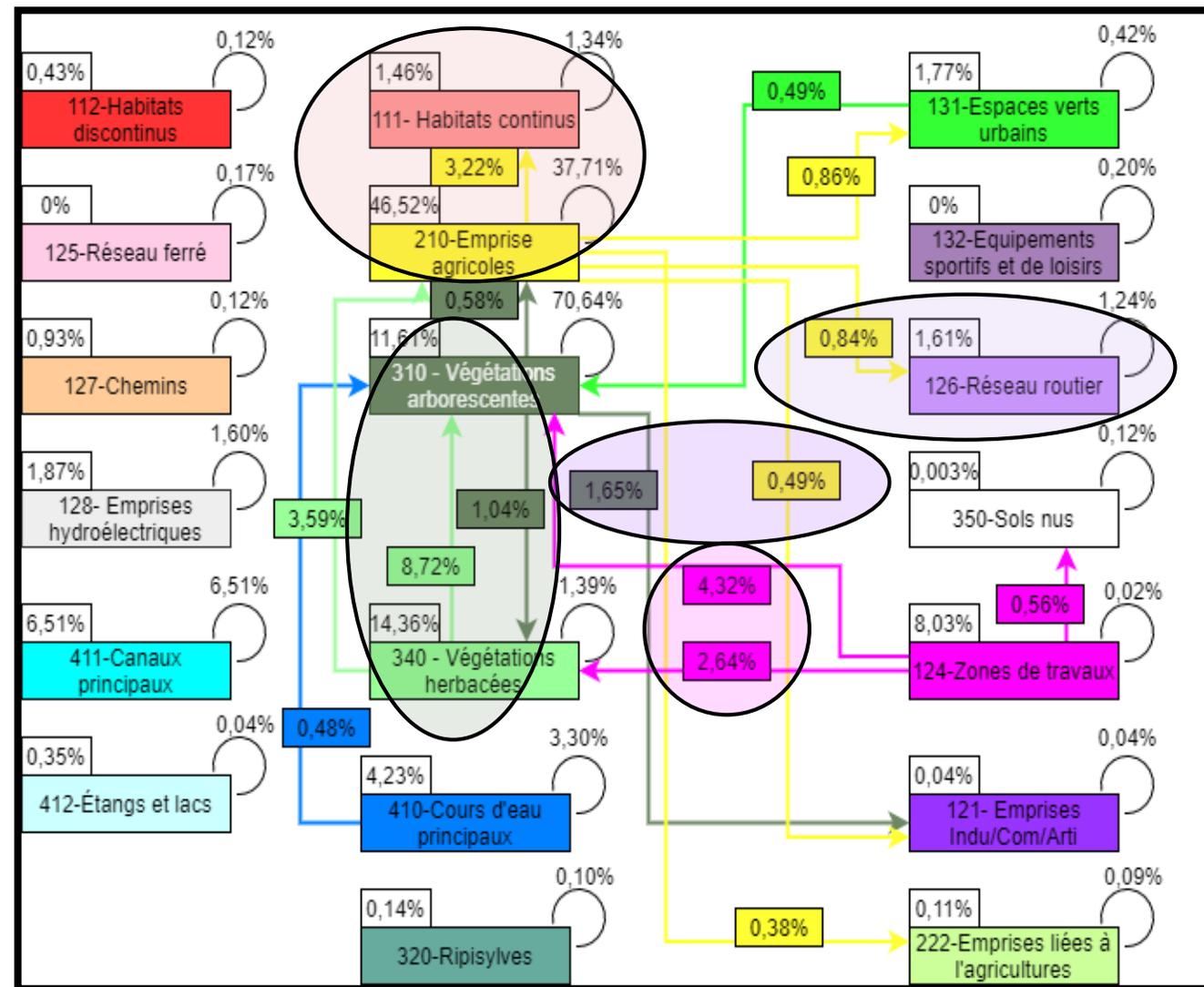
5

Développement du réseau routier

1

# Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

## Analyse de la transition 1956-1997



1

Construction du CNPE

2

Reboisement de l'île du Rhin

3

Renaturation des zones en travaux

4

Développement du réseau routier sur des surfaces agricoles.

5

Développement de la commune sur des surfaces agricoles.



1

# Etude de la dynamique des paysages et des usages sur 67 ans

Automatisation de la méthodologie: développement de l'outil « EcoChange »

EcoChange

- Introduction
- Importation des Rasters
- Résultats
- Graphiques
- Cartographies
- Contacts

**Matrice de transition :**

Copy CSV Excel PDF Print Search:

Raster_1	Raster_2	Fréquence	Compteur	Pourcentage_de_transitions
All	All	All	All	All
111	111	204058	1	1.35896138796297
126	111	568	0	0.00378269937156577
127	111	763	0	0.00508133736004345
131	111	30596	0	0.203759630233145
210	111	489398	0	3.25923504761539

Showing 1 to 5 of 133 entries

**Résumé des transitions stables/instables, PCI et ZCI :**

Transitions stables:  
15

Transitions instables:  
118

Pixel Change Index (PCI):  
35.62282

Zonal Change Index (ZCI):  
19.90164

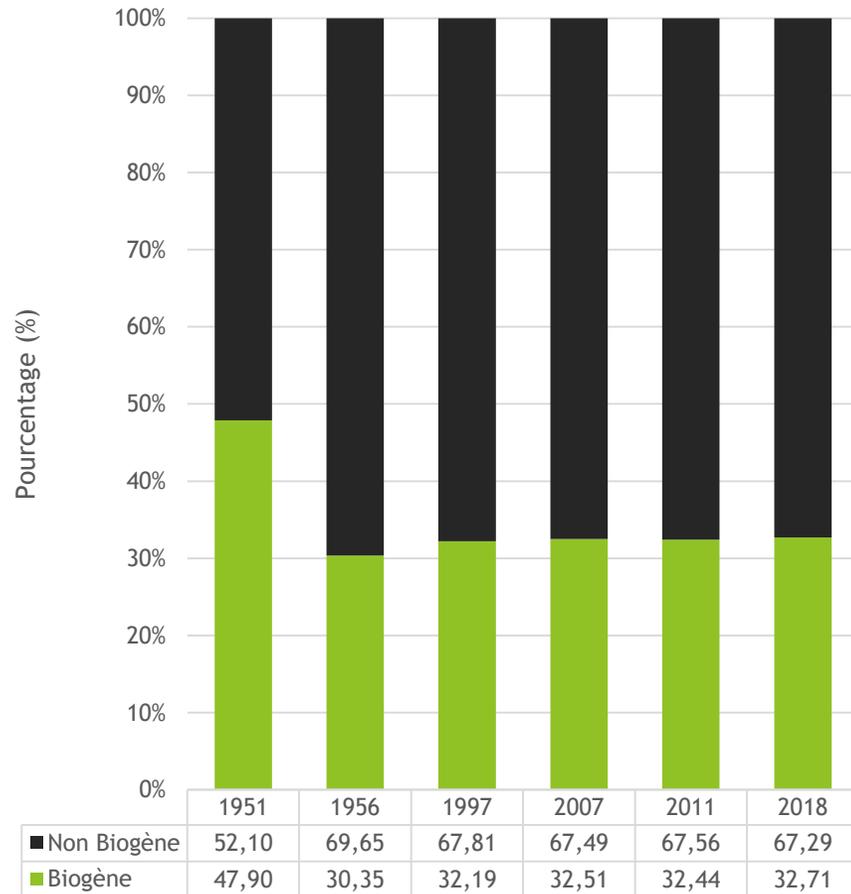
- Production d'une matrice numérique de transition
- Calcul du pourcentage de changement par transition
- Calcul du nombre de transitions stables et instables
- Calcul du pourcentage de pixels par classe et par raster
- Calcul de métriques spatiales (*PCI* et du *ZCI*)
- Affichage sur une carte interactive des deux rasters importés et d'un raster de changement



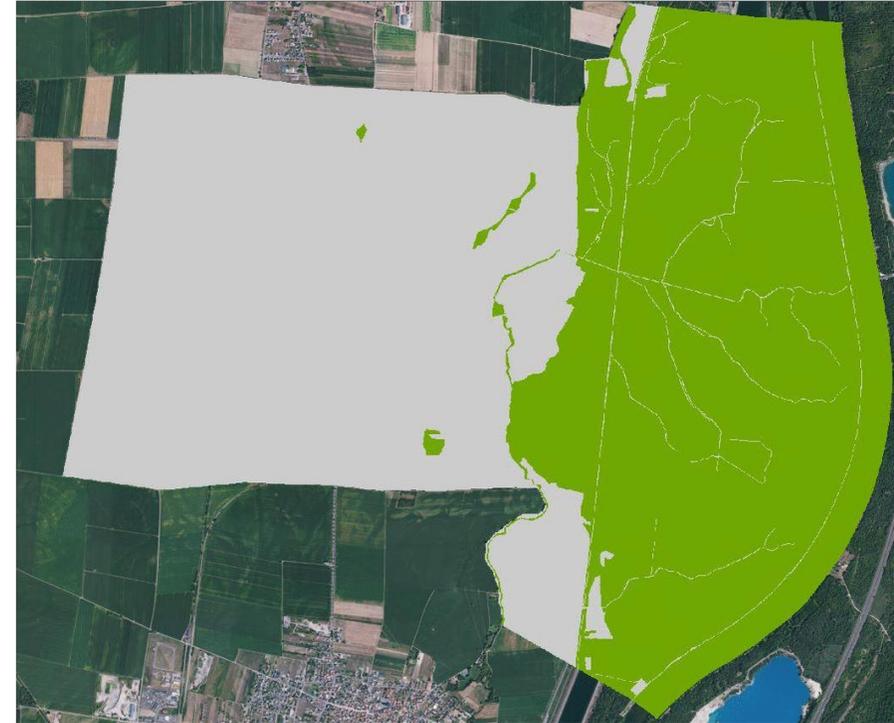
## 2 Part de naturalité du socio-écosystème étudié

Trajectoire de naturalité à l'échelle du socio-écosystème

Evolution de la part de naturalité,  
Fessenheim



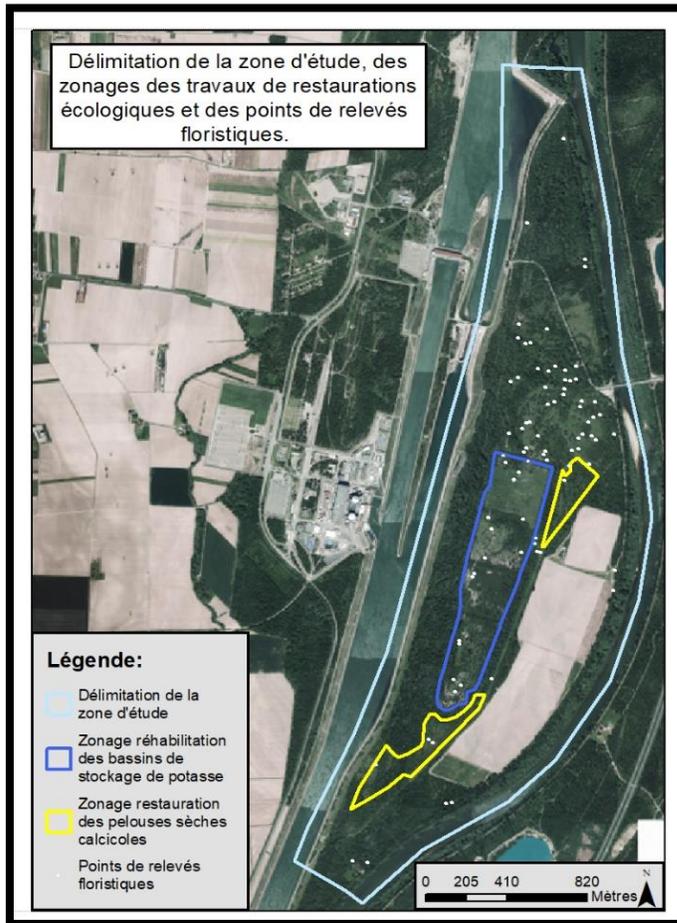
- 1951 quasi égalité entre les surfaces biogènes et non biogènes
- 1956 forte diminution (construction du GCA)
- 1956 à 2018 légère augmentation des surfaces biogènes
- Influence du CNPE non visible du fait du reboisement progressif de l'île du Rhin





# Part de naturalité du socio-écosystème étudié

Analyse structurale et fonctionnelle des communautés végétales de l'Île du Rhin



- ▶ 146 espèces végétales
- ▶ Forte représentativité d'une espèce invasive (*Solidago gigantea*)
- ▶ Pas d'espèces protégées

	Lumière (1 à 9)	Température (1 à 9)	Humidité_édaphique (1 à 12)	Réaction_du_sol_(pH)(1 à 9)	Niveau_trophique (1 à 9)	Texture (1 à 9)	Hemeroby (1 à 12)	Fréquence par relevés
<i>Solidago gigantea</i> Aiton, 1789	8	6	6	7	7	1	3	53
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	7	5	5	6	5	3	3	48,2
<i>Ligustrum vulgare</i> L., 1753	7	6	4	8	5	3	3	42,2
<i>Cornus sanguinea</i> L., 1753	6	5	5	7	5	2	2	41
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv., 1812	5	5	5	7	5	3	2	38,6
<i>Populus nigra</i> L., 1753	8	7	7	7	7	2	2	31,3
<i>Coronilla varia</i> L., 1753	6	6	4	8	3	3		30,1
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill., 1768	7	6	3	7	3	3	2	30,1
<i>Quercus robur</i> L., 1753	7	6	5	5	5	3	2	28,9
<i>Ulmus minor</i> Mill., 1768	7	6	5	7	7	2	3	27,7
<i>Viburnum lantana</i> L., 1753	7	5	4	8	4	3	2	26,5
<i>Poterium sanguisorba</i> L., 1753	7	6	4	8	2	3	2	24,1
<i>Carex alba</i> Scop., 1772	7	5	4	8	3	3	2	22,9
<i>Lonicera xylosteum</i> L., 1753	6	4	5	7	5	2	2	21,7
<i>Populus alba</i> L., 1753	6	7	7	7	7	1	3	21,7
Valeur minimale de l'indicateur	1	1	1	1	1	1	1	
Valeur maximale de l'indicateur	9	9	12	9	9	9	12	
Moyenne pour l'ensemble des 146 espèces étudiées	7	5	5	7	5	3	3	

# Discussion:

Deux périodes sur l'ensemble de la chronique qui ont profondément marqué les trajectoires paysagères, de naturalité et socio-démographique du socio-écosystème : (i) de 1951 à 1956 et (ii) de 1956 à 1997.



Construction du GCA, de la centrale hydroélectrique et des bassins de stockage de saumure

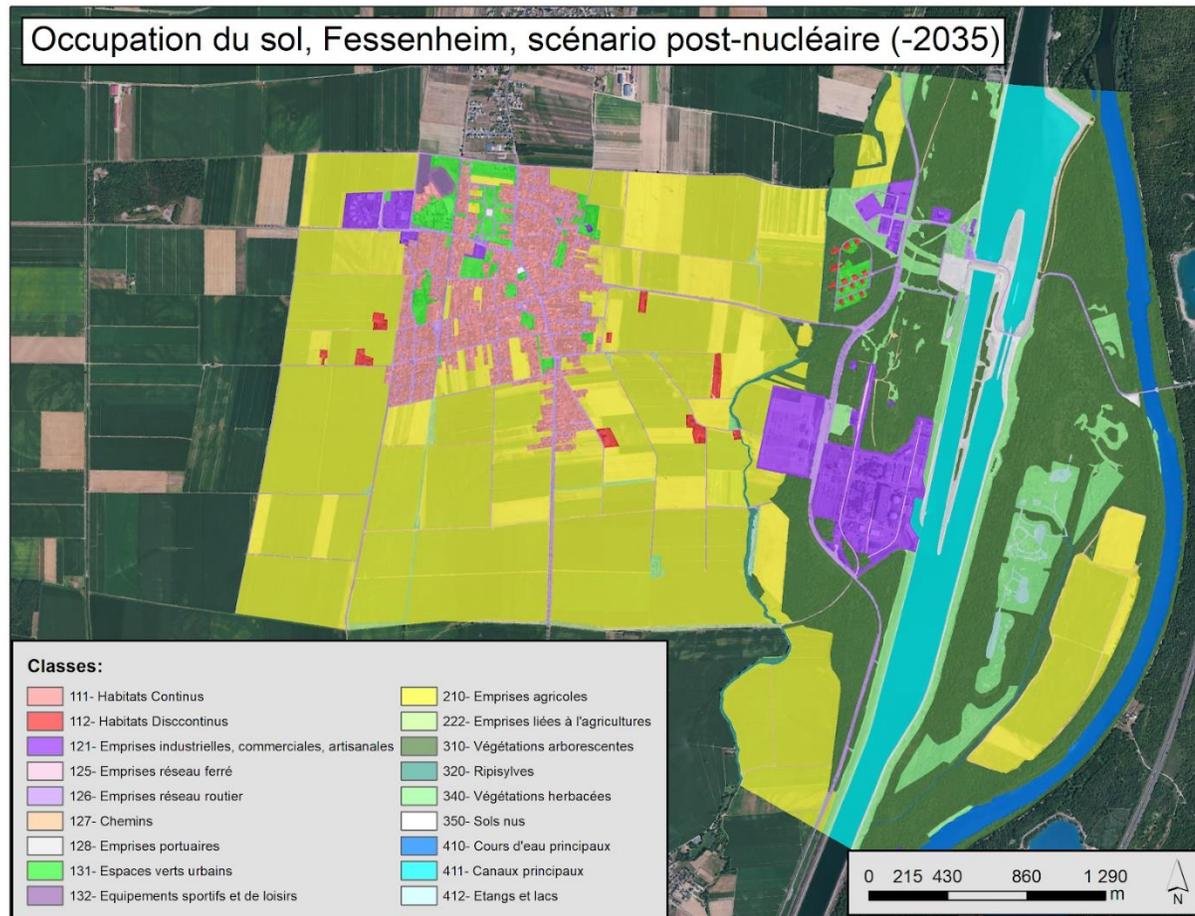
- Réduction des espaces forestiers et prairiaux
- Déprise et Insularisation et reboisement massif de l'île du Rhin
- Banalisation de la végétation
- Augmentation temporaire de la population de la commune (Cité Koechlin et Cité temporaire)



Construction et exploitation du CNPE

- Réduction des milieux naturels et semi-naturels
- Développement urbain de la commune sur des espaces agricoles (Parc locatif EDF)
- Développement du réseau routier sur des espaces agricoles

# Démarche prospective



# Perspectives :

## ► La méthodologie :

- Transposable à l'étude d'autres SES
- A l'étude d'autres phénomènes spatiaux et transitoires (Corine Biotope, Natura 2000 ou même de référentiels phytosociologiques)

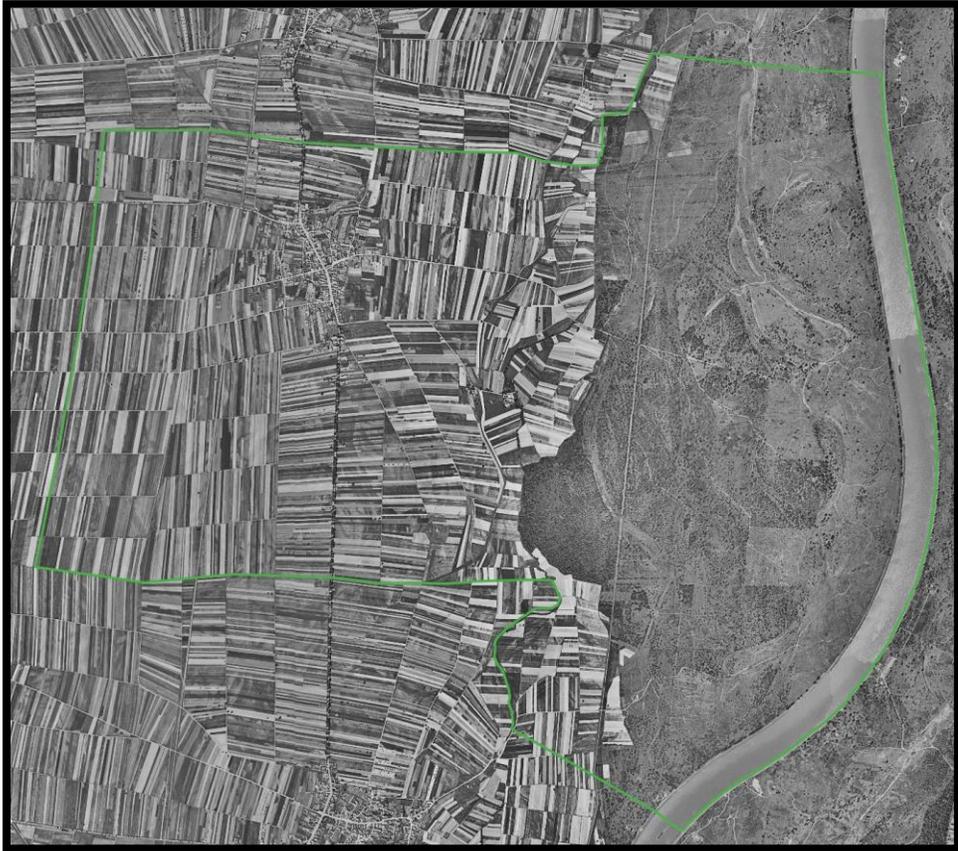
## ► L'outil EcoChange :

- Pourrait être utilisé dans rédaction de plans de gestion d'espaces naturels et de documents d'objectifs
- Pour étudier les dynamiques paysagères, écologiques et d'habitats naturels ainsi que les effets de certaines actions de restaurations ou d'aménagements.

## ► Pistes d'améliorations:

- incorporer une visualisation graphique des matrices de transitions
- incorporer le calcul automatisé d'autre métriques spatiales liées à l'écologie des paysages

# Limites:



- ▶ contexte sécuritaire et de défense nationale, photographies aérienne absentes pour la période 1956-1997
- ▶ Photographie aérienne en noir et blanc (1951, 1956), identification difficile d'objets géographiques
- ▶ Méthodologie de colorisation automatique par deep learning de photographies aériennes en noir et blanc développée au sein du L.I.V.E (Poterek et al. 2020)
- ▶ Données sur la végétation plus exhaustives si il avait été possible de faire des relevées sur place.

# Conclusion

- ▶ Photo interprétation de photographies aériennes, les matrices de transition, l'utilisation de métriques spatiales, l'analyse de données socio-démographiques
- ▶ Développement de l'outil d'analyse "EcoChange"
- ▶ Methodologie pertinente et adéquate dans la reconstruction rétrospective, l'analyse et la compréhension des trajectoires paysagères, naturelles et socio-démographiques au sein du socio-écosystème de Fessenheim de 1951 à 2018.
- ▶ Compréhension de l'influence de la construction et l'exploitation du CNPE et de la construction du GCA et des ouvrages associées
- ▶ L'île du Rhin n'est pas le vecteur de naturalité attendu
- ▶ Importance du projet de rehabilitation écologique des bassins de saumure

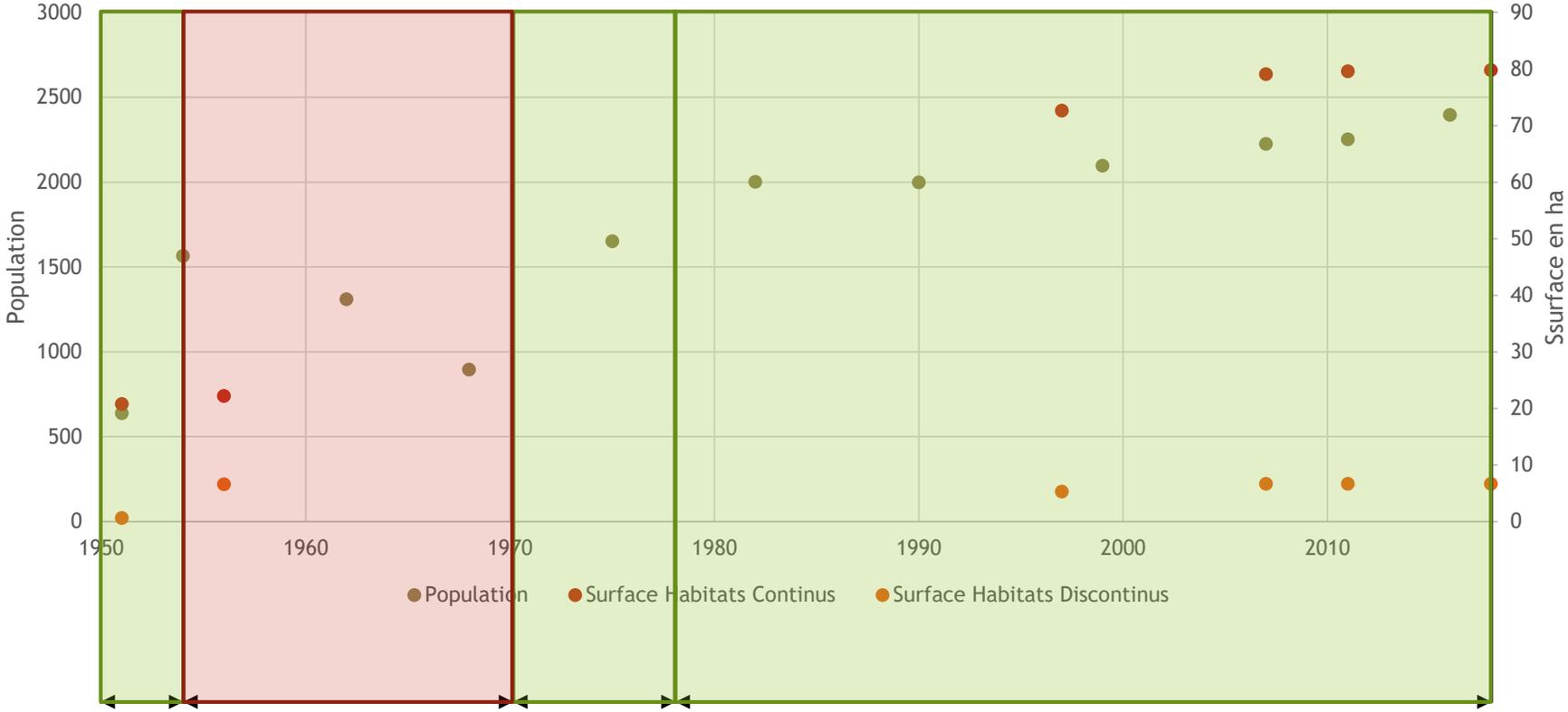
# Conclusion

- ▶ Connaissance du socio-écosystème par l'analyse de ses dynamiques passées
- ▶ Connaissances indispensables pour envisager l'après nucléaire à Fessenheim
- ▶ La multiplicité des enjeux et l'unicité du cas de Fessenheim à l'échelle nationale en ont fait un objet d'étude dont l'accompagnement et le suivi scientifique interdisciplinaire déjà entrepris devra se prolonger
- ▶ Le cas de Fessenheim pourrait servir comme modèle ou exemple pour de futurs projets de fermetures et de démantèlements dans le parc de production d'électricité nucléaire français

**Merci de votre attention**

# II.3 Trajectoire démographique et surfaces des classes d'habitats continus et discontinus depuis 1951

Evolution de la population, des surfaces d'habitats continus et discontinus (1951-2018), Fessenheim



Construction GCA

Construction CNPE

Exploitation CNPE