



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

**Journée commune**

Journée **Humanités Numériques & IA 2024**

Paris, BNF – Vendredi 3 mai 2024

Session 2: Graphes de connaissances pour les humanités

# Graphes de connaissances pour la représentation et la compréhension des évolutions des territoires

**Camille Bernard** - Maître de conférences en informatique, Grenoble INP,  
Laboratoire d'Informatique de Grenoble (équipe STeamer)

*Co-auteurs : Jérôme Gensel, Marlène Villanova, Matthieu Viry, Daniela Milòn Flores, Hy  
Dao, Gregory Giuliani*



**GDR**

Groupement  
de recherche

**MaDICS** Masses de données, informations  
et connaissances en sciences



**GDR**

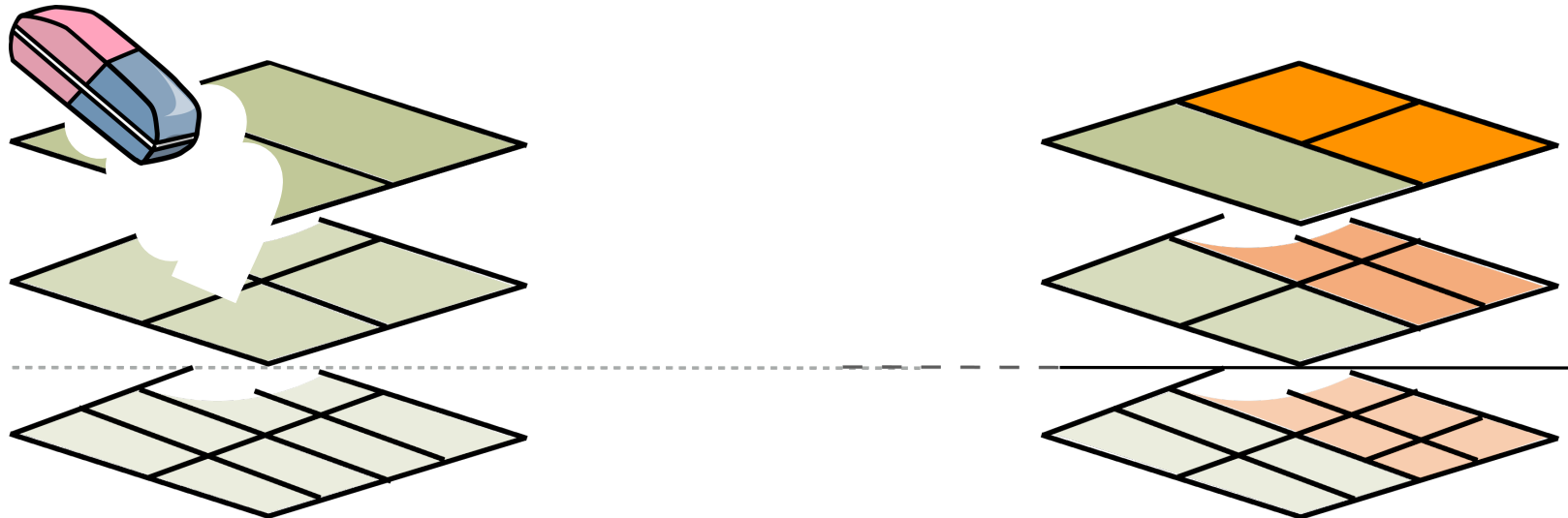
Groupement  
de recherche

**MAGIS**

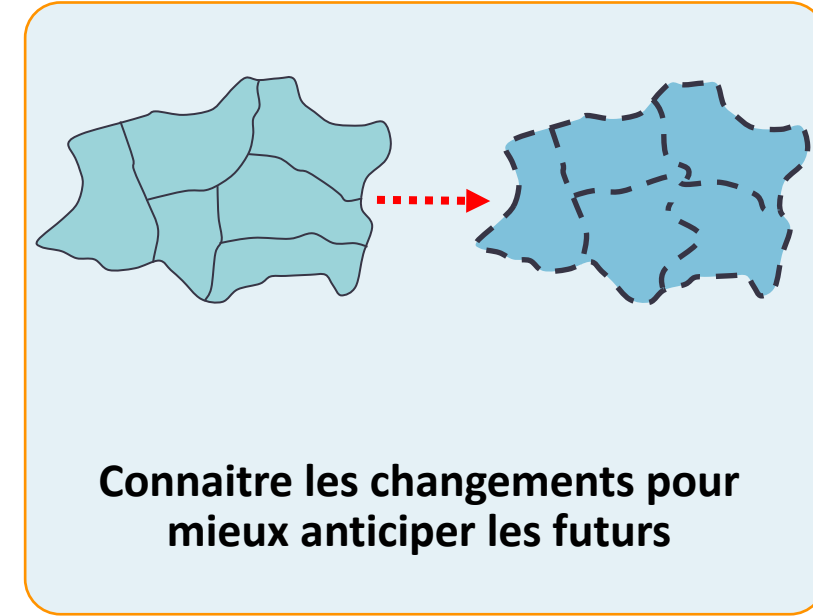
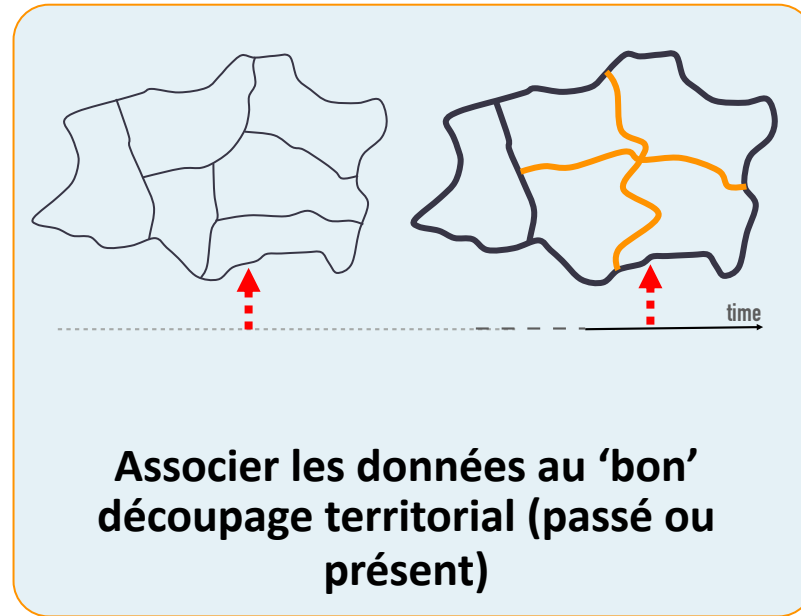
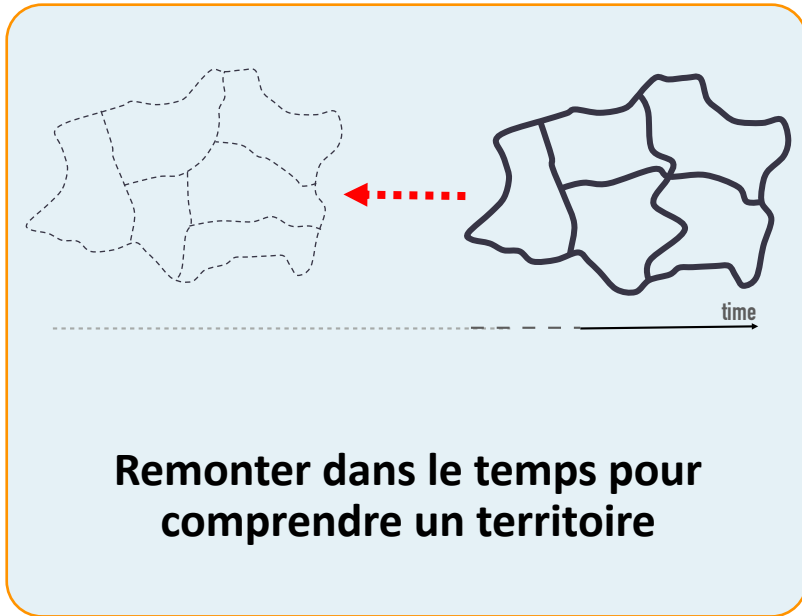
Méthodes et Applications  
pour la Géomatique et l'Information Spatiale

# Contexte – Territoires évolutifs

- Des territoires en constante évolution : évolution des aménagements, évolution de l'occupation des sols, des réseaux de transports, etc. mais aussi évolution des unités administratives supports à la collecte de données.
- Entraîne des ruptures de séries temporelles.
- L'approche classique consiste bien souvent à ne montrer les données que dans la dernière version du territoire (archive des anciennes versions).



Cependant, capitaliser cette connaissance sur les territoires passés et l'exploiter permet concrètement de résoudre de nombreux problèmes métiers :



*Résout des situations de litiges à propos de parcelles*

*Fiabilise les analyses des territoires (évite les anachronismes)*

*Aide à l'estimation des territoires futurs (PLU, cartes scolaires...)*

Cette connaissance de l'évolution territoriale est nécessaire pour éclairer le **passé**, comprendre le **présent** et mieux anticiper **l'avenir**

Aujourd'hui, dans un souci de réutilisabilité optimale, les connaissances doivent être

Numérisées

Exploitable par  
un programme  
informatique

Conformes avec  
les tous derniers  
standards du  
Web

Disponibles dans  
l'Open Data

Web 3.0 ou Linked Open Data  
Graphes de connaissances



# Approche – Représentation des évolutions des territoires

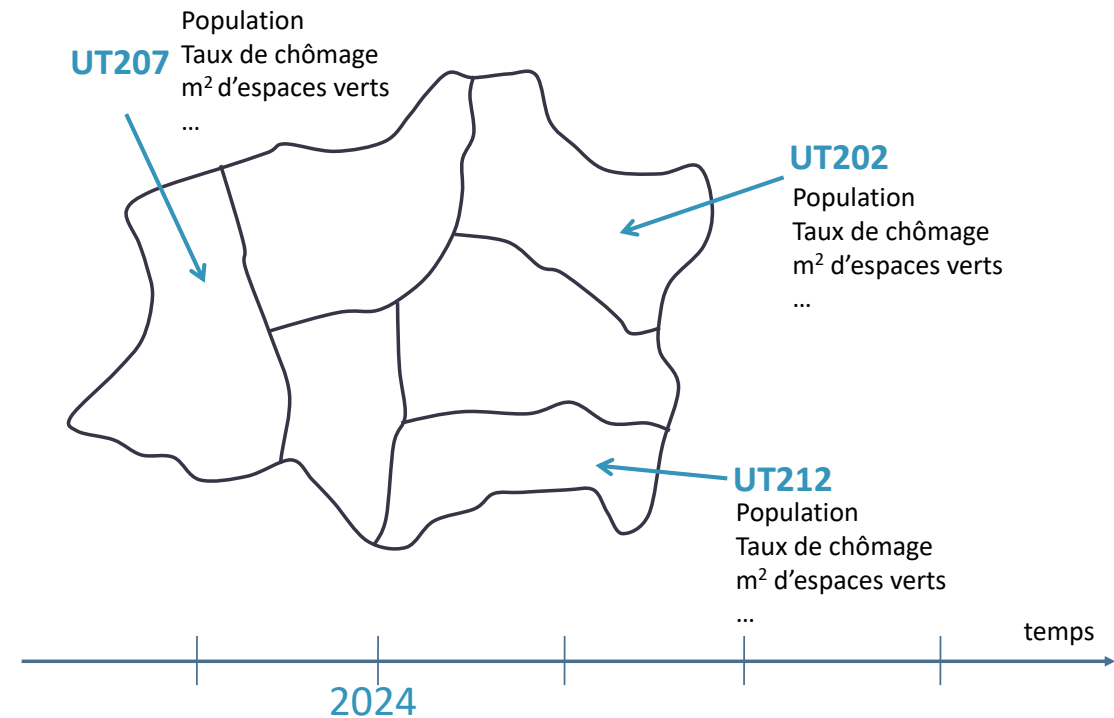
- Plutôt que d’effacer les traces des changements au cours du temps, les décrire dans des graphes de connaissances ;
- Les contextualiser grâce à des sources de données contenues dans le Web.



# Approche – Représentation des évolutions des territoires

## Deux grands volets :

- **Description de changements dans des données géographiques (points, lignes, polygones) supports à d'autres données attributaires** : changement équipement du territoire (arrêt de bus, etc.) ; réseaux de transport ; unités administratives.
- **Description de changements dans des données attributaires** : données socio-économiques, environnementales, de biodiversité, etc.



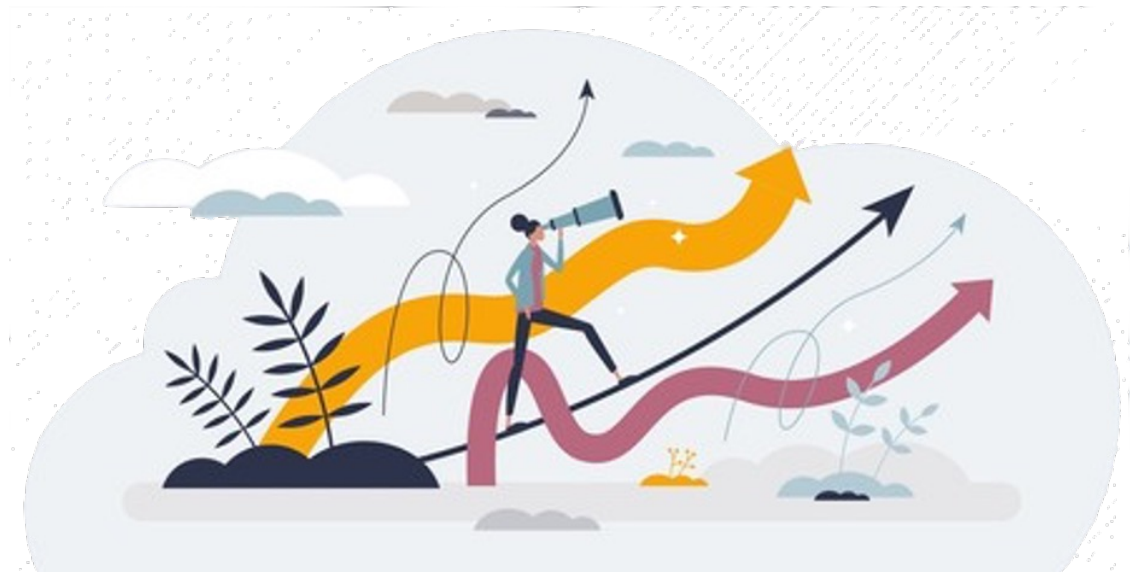
# Approche – Représentation des évolutions des territoires

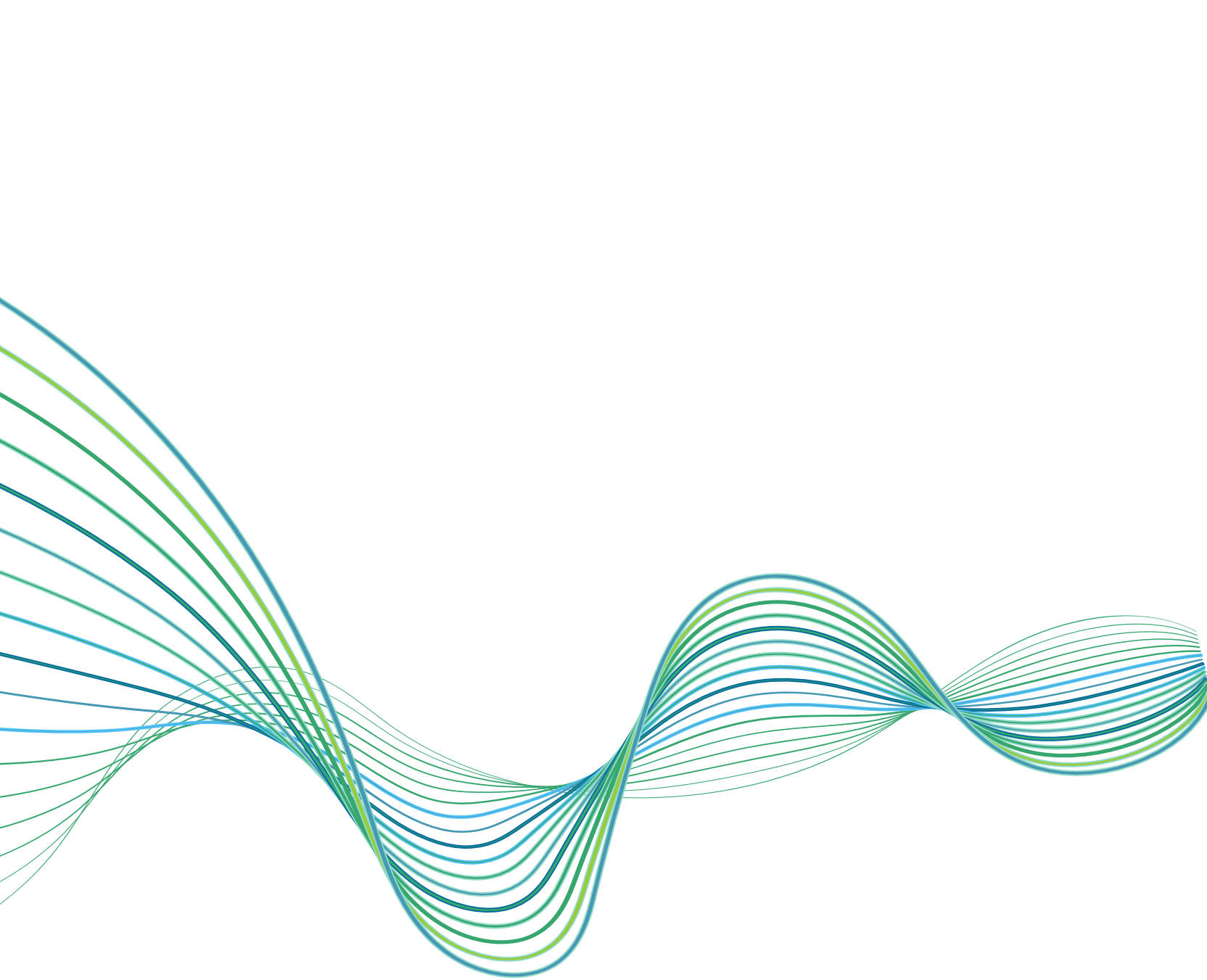
## Proposition :

- Considérer un territoire, au même titre qu'une personne, comme une entité ayant une identité le caractérisant, bien que changeant dans le temps.
- Représenter des trajectoires de territoires : sens figuré, au même titre que le cheminement professionnel d'un individu.
- Caractériser les dynamiques à l'œuvre sur un territoire pour mieux le comprendre et décider des cheminements futurs.

## Focus aujourd'hui sur :

- Les trajectoires administratives de territoires ;
- Les trajectoires environnementales de territoires.



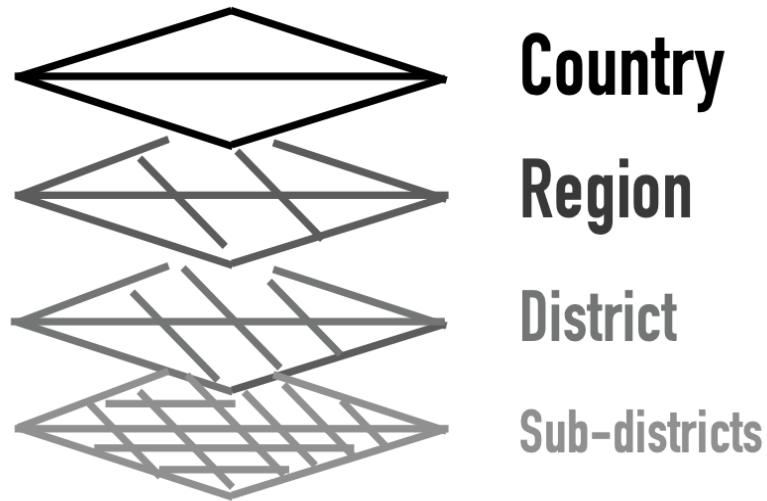


# 1. Trajectoires administratives de territoires

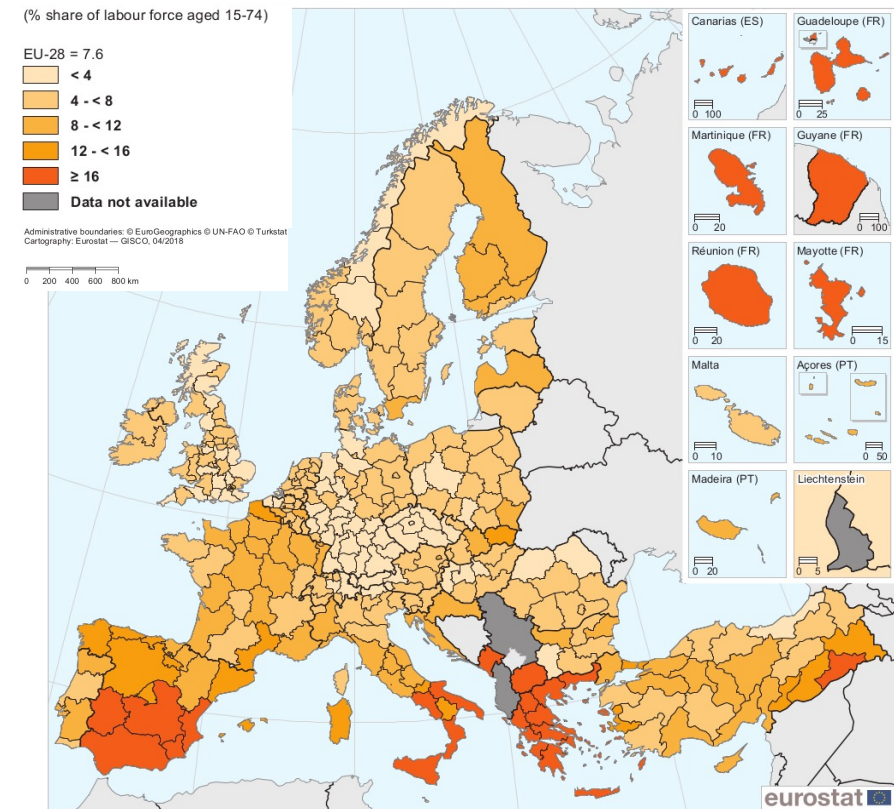


# 1. Trajectoires administratives de territoires

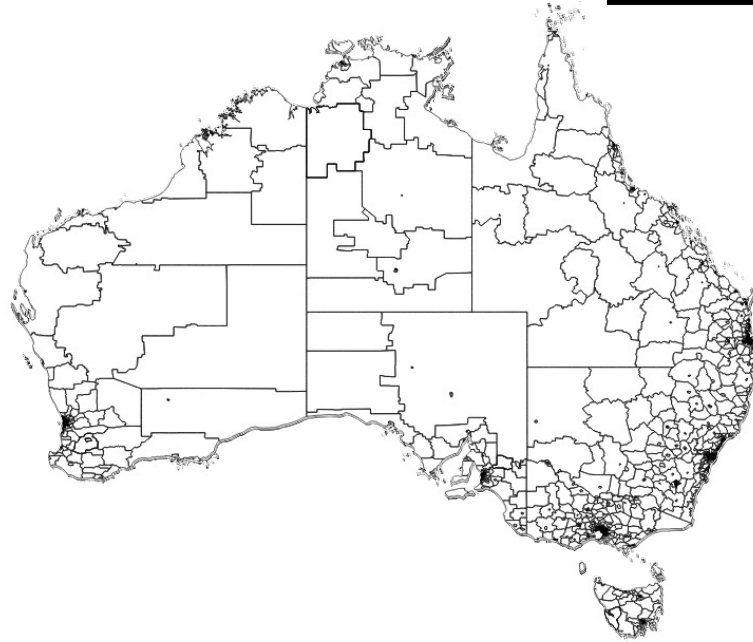
- En particulier, étude de divisions géographiques construites par les agences statistiques à des fins de collecte et de restitution de données socio-économiques.
- Ces divisions géographiques sont appelées : Nomenclatures Statistiques Territoriales (*Territorial Statistical Nomenclature*, en anglais).



Unemployment rate by NUTS 2 regions, 2017



# Territorial Statistical Nomenclatures (TSN)



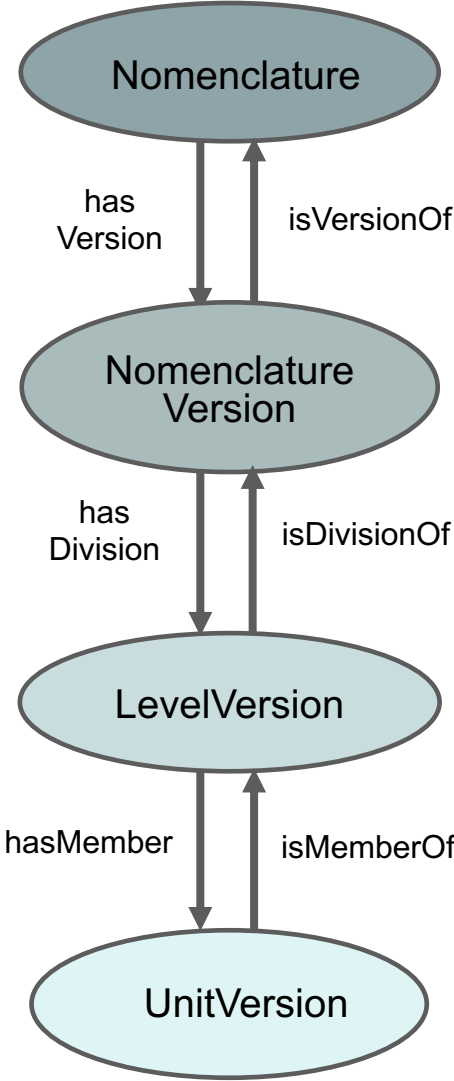
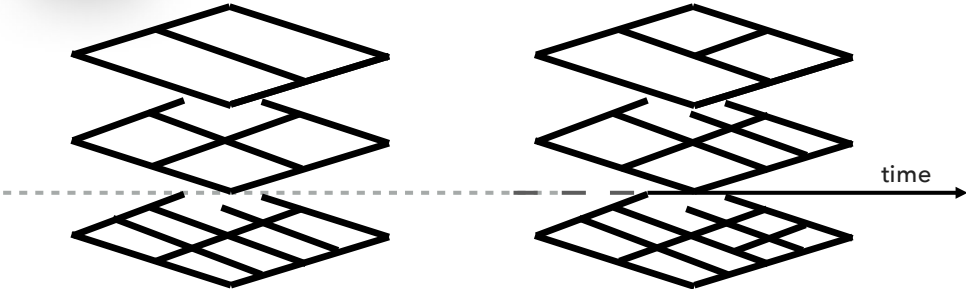
**Australian Bureau of Statistics ASGS  
Boundaries Online**

© Commonwealth of Australia (Australian Bureau of Statistics) 2013  
<https://blog.databender.net/2014/08/03/australian-region-boundaries-in-tableau/>

# Ontologies TSN & TSN-Change

1

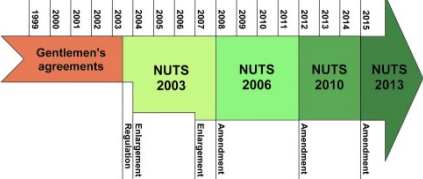
<http://purl.org/net/tsn#>



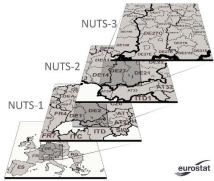
EUROSTAT Nomenclature



EUROSTAT Nomenclature version 2003, 2006 ...



Level 0, 1, 2, 3



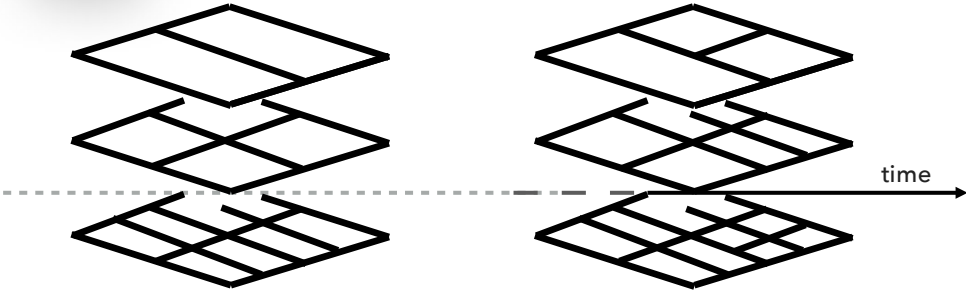
FR (France)

ES (Spain)

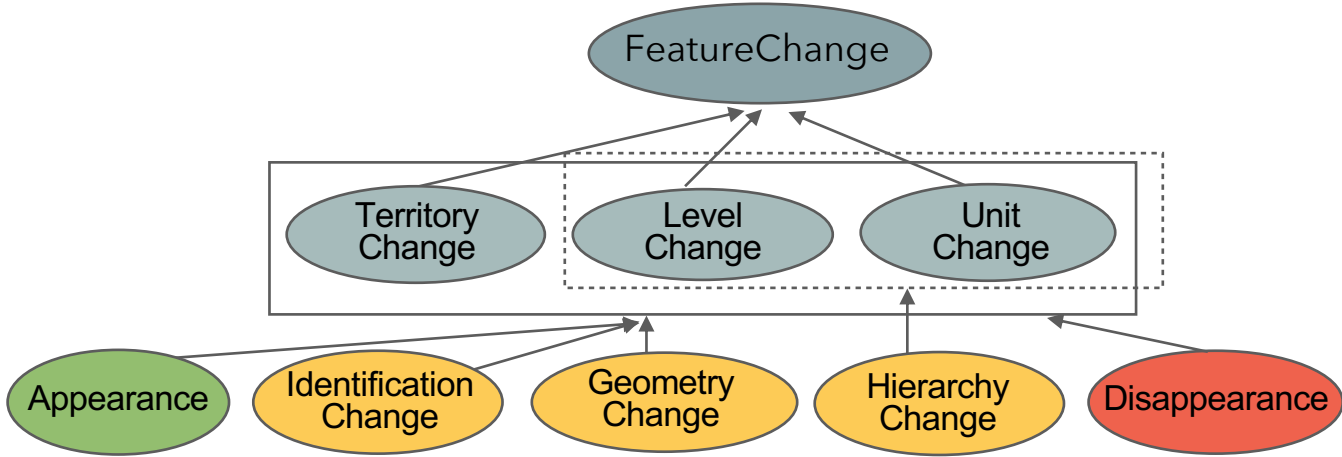
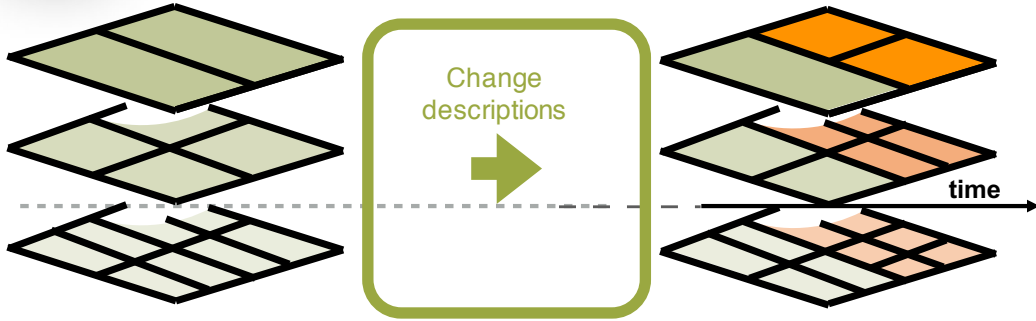


# Ontologies TSN & TSN-Change

**1** <http://purl.org/net/tsn#>



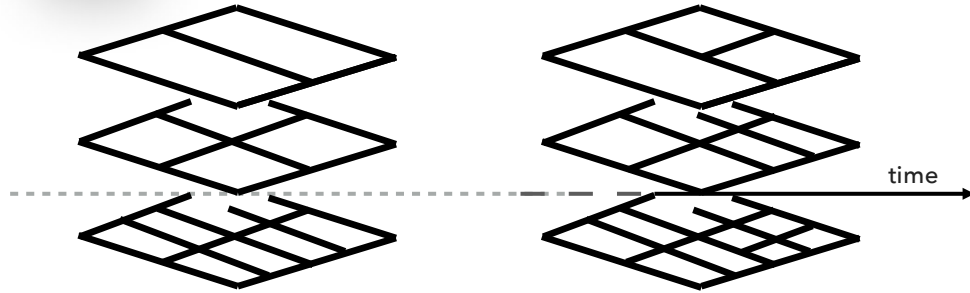
**2** <http://purl.org/net/tsnchange#>



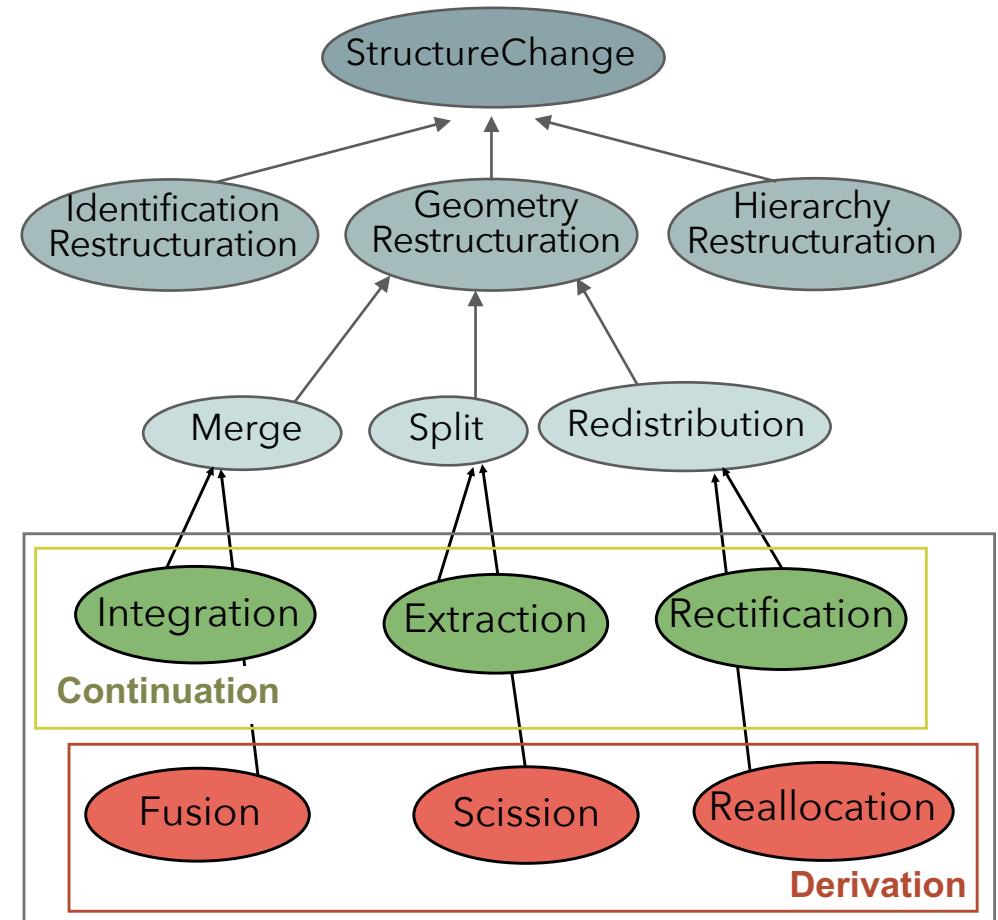
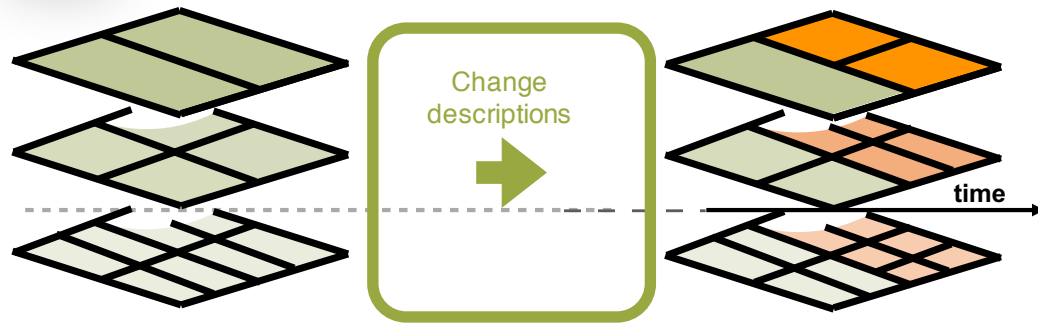
Camille Bernard, Marlène Villanova-Oliver, Jérôme Gensel, Hy Dao: Modeling changes in territorial partitions overtime: ontologies TSN and TSN-change. [SAC 2018](#): 866-875

# Proposition – TSN & TSN-Change Ontologies

**1** <http://purl.org/net/tsn#>



**2** <http://purl.org/net/tsnchange#>

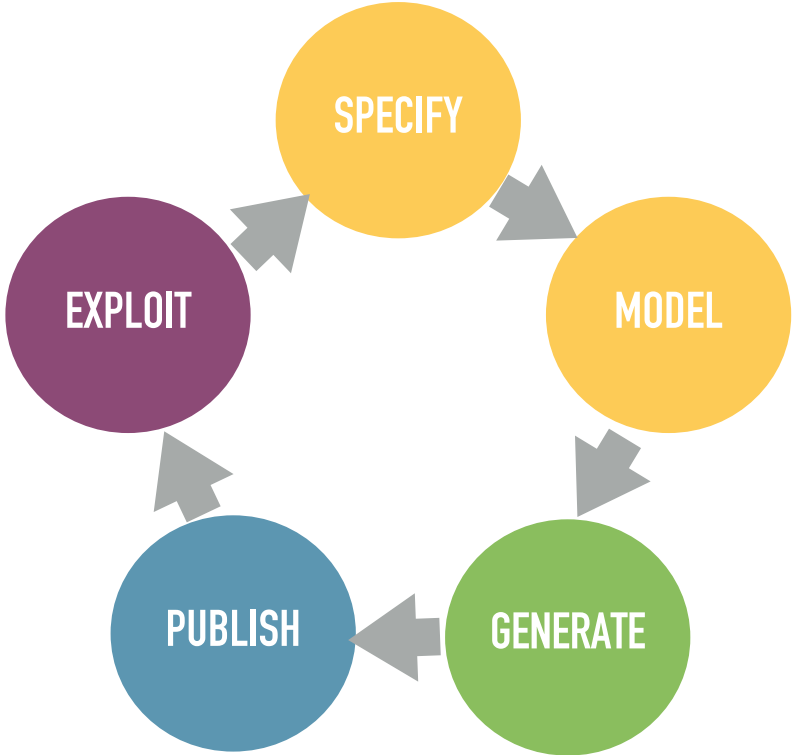


Typologie des processus spatio-temporels [Claramunt & Thériault, 1995] ; Thèse [Plumejeaud-Perreau, 2011]

# Méthodologie



Best Practices for Publishing Linked Data

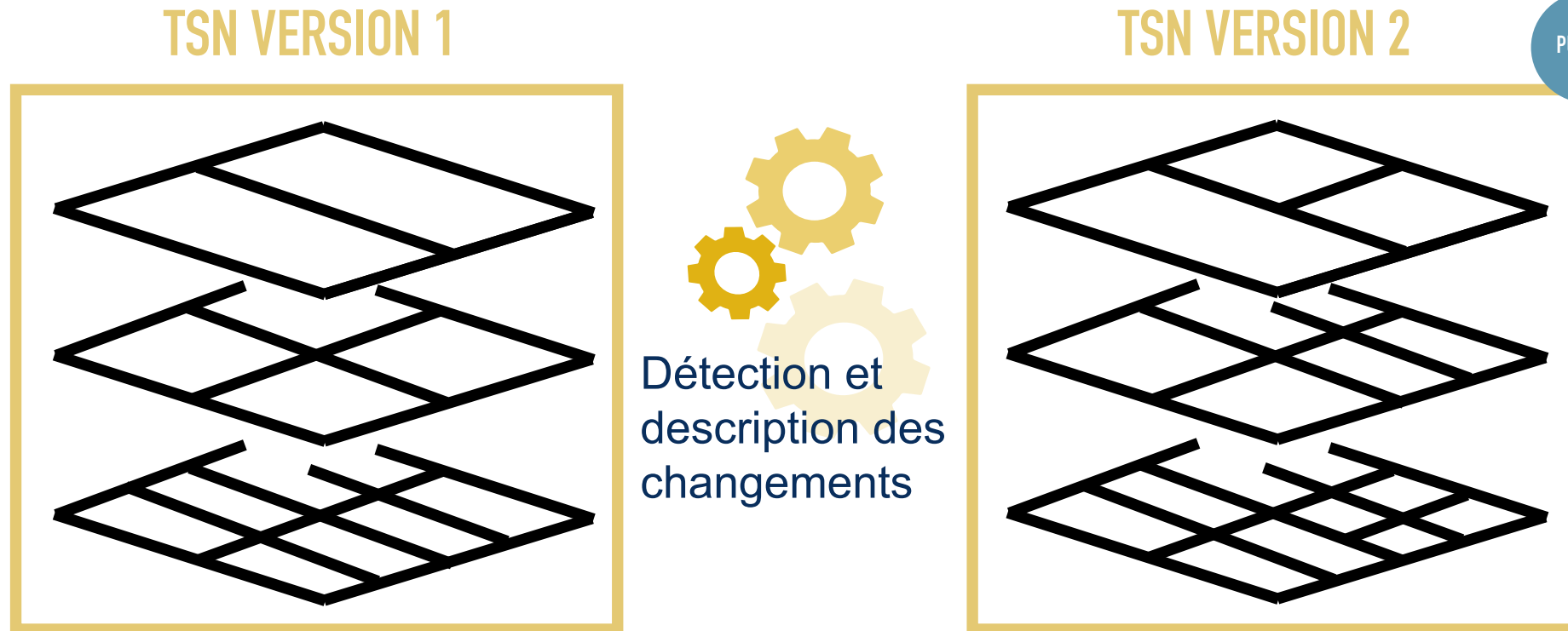


Methodological guidelines for generating, publishing and exploiting Linked Government Data. [Villazón-Terrazas et al., 2011].

## Vocabulaires mobilisés

Prefix	Name	URI
dcterms	Dublin Core Metadata Initiative	<a href="http://purl.org/dc/terms/">http://purl.org/dc/terms/</a>
pav	Provenance, Authoring and Versioning	<a href="http://purl.org/pav/">http://purl.org/pav/</a>
bfo	Basic Formal Ontology	<a href="http://www.ifomis.org/bfo/1.1#">http://www.ifomis.org/bfo/1.1#</a>
time	W3C Time Ontology in OWL	<a href="http://www.w3.org/2006/time#">http://www.w3.org/2006/time#</a>
geo	OGC GeoSPARQL – A Geographic Query Language for RDF Data	<a href="http://www.opengis.net/ont/geosparq#">http://www.opengis.net/ont/geosparq#</a>

# Algorithme *TSN Semantic Matching*



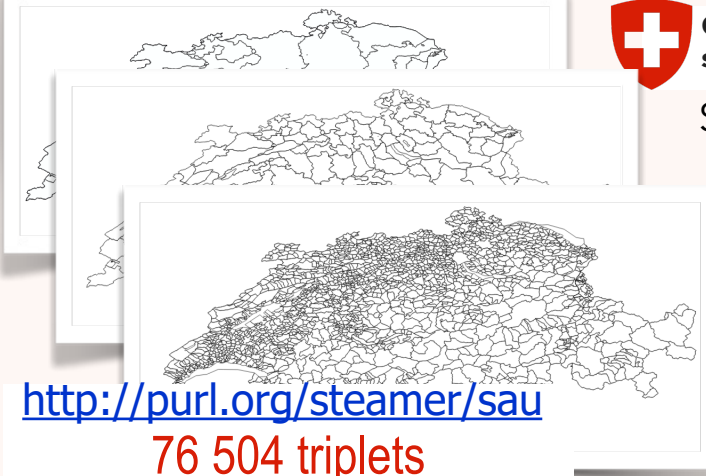
Bernard, C., Plumejeaud-Perreau, *et al.* (2018) **An ontology-based algorithm for managing the evolution of multi-level territorial partitions.** ACM SIGSPATIAL'18

2



Office fédéral de la statistique Suisse

SAU versions 2017, 2018



<http://purl.org/steamer/sau>  
76 504 triplets

3



ASGS versions 2011, 2016



<http://purl.org/steamer/asgs>  
89 974 triplets

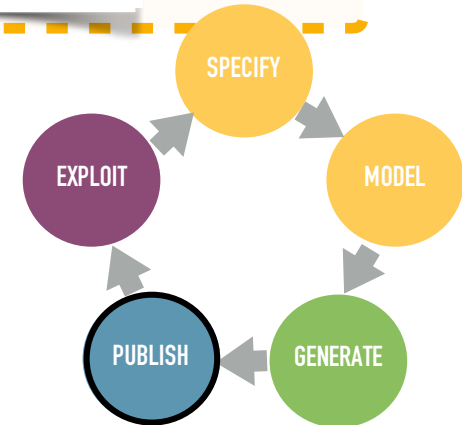
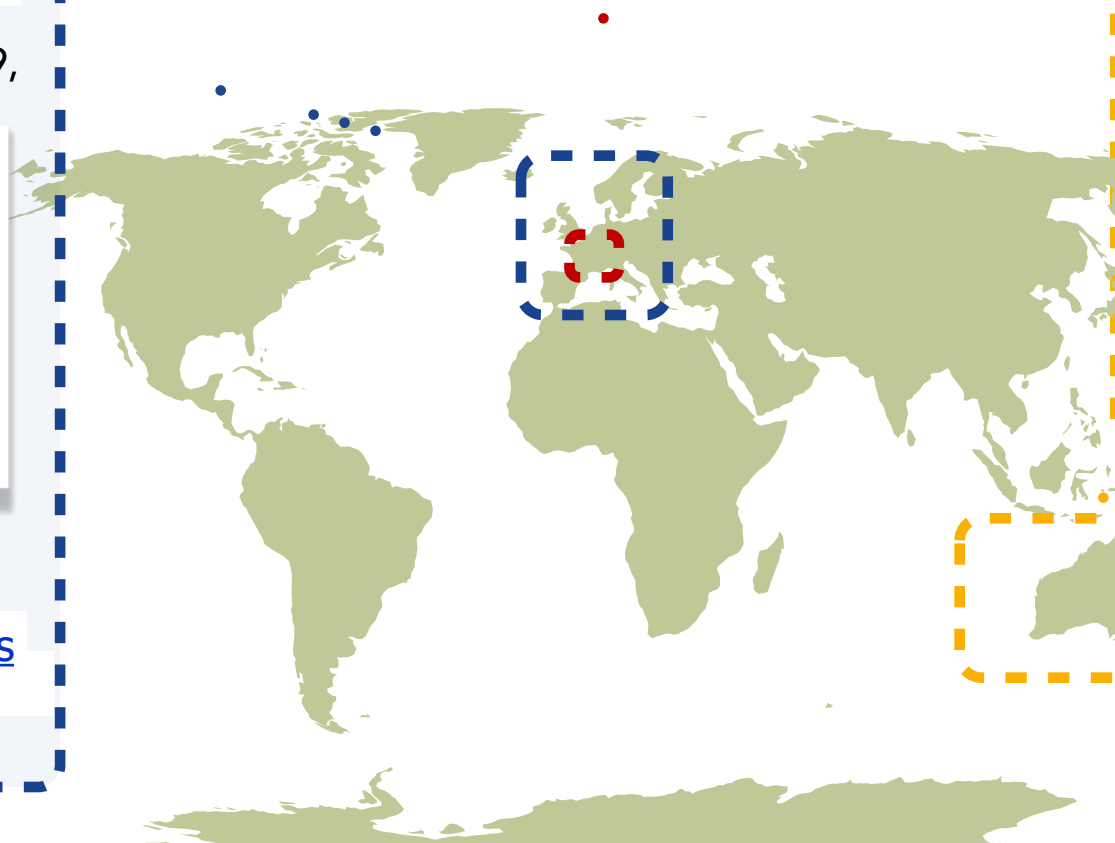
1

eurostat 

NUTS versions 1999, 2003, 2006, 2010



<http://purl.org/steamer/nuts>  
156 162 triplets





# Graphe de connaissances *GeoChange*



GEO ■ ■ ■ ■  
CHANGE

<http://steamerlod.imag.fr/repositories/geochange>



**4** divisions territoriales

**10** versions

**3,258,456** triples

# Application Web *GeoChangeViz*

*Développée par Matthieu Viry, Chercheur CNRS UAR RIATE*

Une application Web qui permet de :

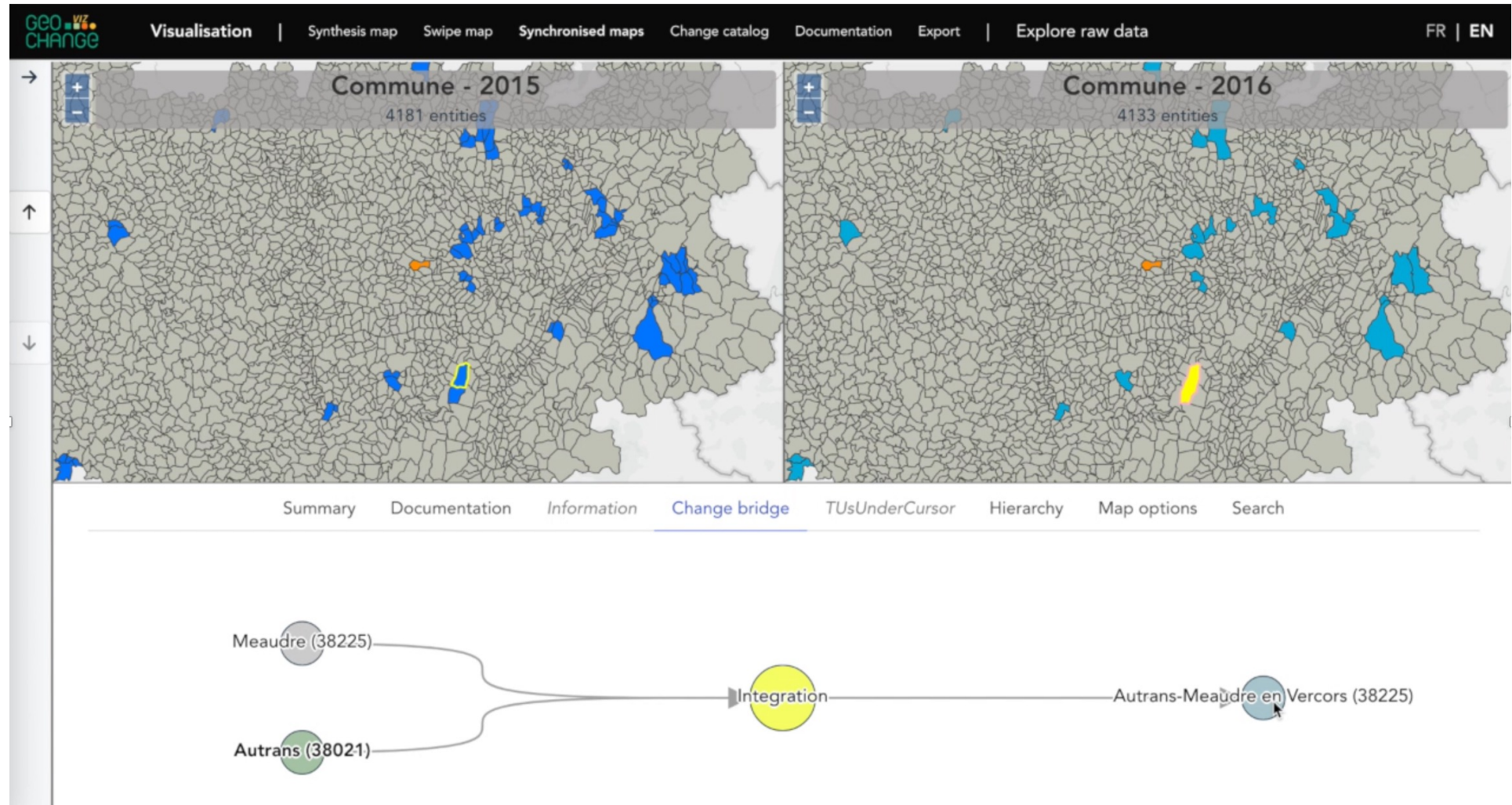
- explorer et géovisualiser le KG GeoChange (changements géographiques) ;
- obtenir des statistiques sur les changements (nombre de changements par type) ;
- découvrir les raisons de ces changements grâce à des connexions avec d'autres données dans le Web des données.



Camille Bernard, Matthieu Viry, Marlene Villanova and Jerome Gensel. **GeoChangeViz: visualizing Knowledge Graphs about changes in geographical divisions, ISWC 2023.**

# Application Web *GeoChangeViz*

*Développée par Matthieu Viry, Chercheur CNRS UAR RIATE*



# Application Web *GeoChangeViz*

*Développée par Matthieu Viry, Chercheur CNRS UAR RIATE*

The screenshot displays the GeoChangeViz web application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'GEO CHANGE' and several menu items: 'Visualisation', 'Synthesis map', 'Swipe map', 'Synchronised maps', 'Change catalog', 'Documentation', 'Export', and 'Explore raw data'. The language is set to 'FR | EN'. Below the navigation bar, two maps are shown side-by-side, labeled 'Commune - 2015' (4181 entities) and 'Commune - 2016' (4133 entities). The maps show a grid of commune boundaries with some areas highlighted in blue and orange. Below the maps, there is a navigation bar with tabs: 'Summary', 'Documentation', 'Information', 'Change bridge', 'TUsUnderCursor', 'Hierarchy', 'Map options', and 'Search'. The 'Information' tab is selected, and a detailed information panel is displayed on the right. The panel shows the URL 'http://purl.org/steamer/geoflaura/V2016\_L2\_38225' and a table of metadata for the commune 'Autrans-Meaudre en Vercors' (Identifier: 38225).

Click on an entity on the left-hand map to display detailed information.

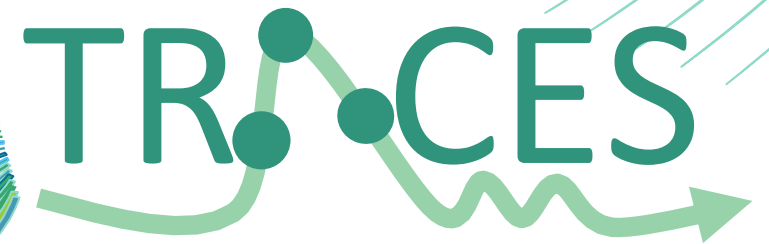
Name	Autrans-Meaudre en Vercors
Identifiant	38225
Previous version	geoflaura:V2015_L2_38225, geoflaura:V2015_L2_38021
Output changes	Geometry change, Integration, Name change
Parent feature	geoflaura:V2016_L1_38
Geonames	Autrans-Meaudre en Vercors (6433237) <a href="#">i</a>
Wikipedia	wikipedia:Autrans-Méaudre-en-Vercors <a href="#">i</a>
Wikidata	wikidata:Q21979664 <a href="#">i</a>
Creation order	"Répertoire national des élus: les maires" <a href="#">i</a>

## 2. Trajectoires environnementales de territoires

ANR-FNS TRACES international bilatéral Franco-Suisse  
2022-25

Porteur : **Jérôme GENSEL** (Professeur LIG)

Doctorante : **Daniela Fernanda Milón Flores**

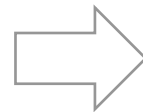
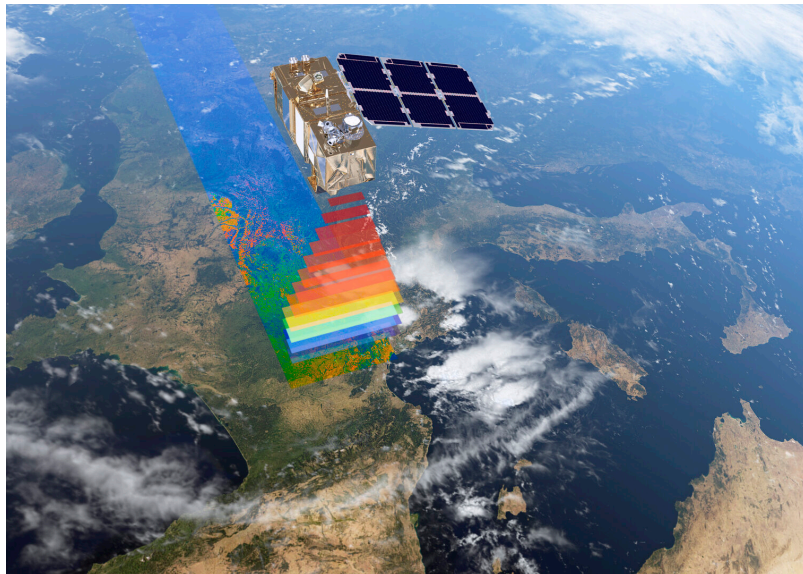
The logo for TRACES features the word 'TRACES' in a bold, green, sans-serif font. The letter 'A' is replaced by a stylized green line graph with three data points. A green arrow points to the right from the end of the line graph.

TRACES

<https://traces-anr-fns.imag.fr/>

# Contexte

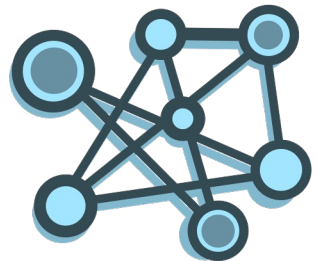
- **Objectif** : modélisation et analyse de trajectoires environnementales de territoires, en s'appuyant sur trois domaines de l'intelligence artificielle (KG, ML, systèmes Multi-Agents) ;
- **Données** : images satellites raster (du programme Landsat et du programme européen Copernicus) transformées en plusieurs indices satellites (NDVI, NDWI, NDBI, ...) dont les valeurs sont agrégées par communes ;
- **Etudes de cas** : 3 territoires en Suisse et France (Grand Genève, Fribourg, Evian) ;
- **Public cible** : décideurs et professionnels en charge de la gestion des territoires, mais aussi citoyens ;



Domain	Indice	Name	B	G	R	N	S1	S2	T1
Snow	NBSIMS	Non-Binary Snow Index for Multi-Component Surfaces.	x	x	x	x	x	x	
Snow	NDGlaI	Normalized Difference Glacier Index.		x	x				
Snow	NDSI	Normalized Difference Snow Index.		x			x		
Snow	SWI	Snow Water Index.		x		x	x		
Urban	EBBI	Enhanced Built-Up and Bareness Index.				x	x		x
Urban	MBI	Modified Bare Soil Index.				x	x	x	
Urban	NDBI	Normalized Difference Built-Up Index.				x	x		
Urban	NDISlb	Normalized Difference Impervious Surface Index Blue.	x			x	x		x
Vegetation	ARVI	Atmospherically Resistant Vegetation Index.	x		x	x			
Vegetation	MSAVI	Modified Soil-Adjusted Vegetation Index.			x	x			
Vegetation	NDVI	Normalized Difference Vegetation Index.			x	x			
Vegetation	VARI	Visible Atmospherically Resistant Index.	x	x	x				
Water	AWEIsh	Automated Water Extraction Index with Shadows Elimination.	x	x		x	x	x	
Water	LSWI	Land Surface Water Index.				x	x		
Water	NDWI	Normalized Difference Water Index.		x		x			
Water	NWI	New Water Index.	x			x	x	x	
Water	WI2	Water Index 2.	x					x	
Water	WRI	Water Ratio Index.		x	x	x	x		
-	TCB	Tasseled Cap Brightness	x	x	x	x	x	x	
-	TCG	Tasseled Cap Greenness	x	x	x	x	x	x	
-	TCW	Tasseled Cap Wetness	x	x	x	x	x	x	

# Graphe de connaissances *TRACES*

## 1. Territories (TSN and TSN-Change Ontologies)



Graphe des communes suisses

+ Graphes des communes françaises :

<https://geo.ld.admin.ch/boundaries/municipality/2022>

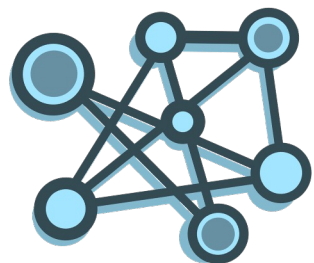
[http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019\\_L2](http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019_L2)

# Graphe de connaissances *TRACES*

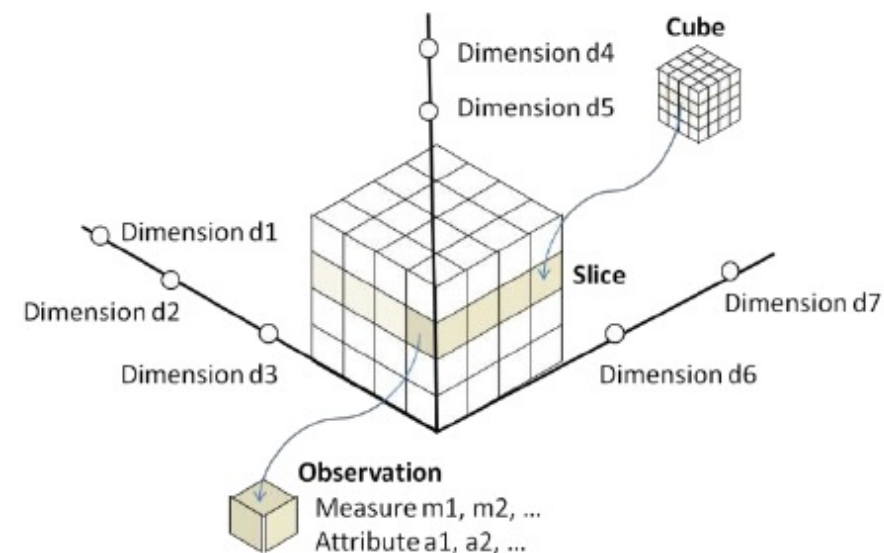
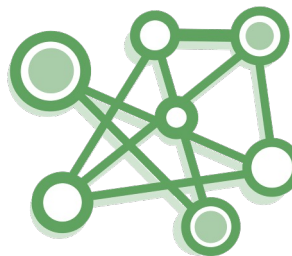
1. Territories (TSN and TSN-Change Ontologies)

2. Environmental indices (RDF Data Cube Ontology)

Spatial dimension of the indices



+



Graphe des communes suisses  
+ Graphes des communes françaises :

<https://geo.ld.admin.ch/boundaries/municipality/2022>

[http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019\\_L2](http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019_L2)

Graphe des indices  
environnementaux TRACES :

<http://purl.org/net/traces/dataset/qb/>

[dimensionArea](http://purl.org/net/traces/dataset/qb/dimensionArea)



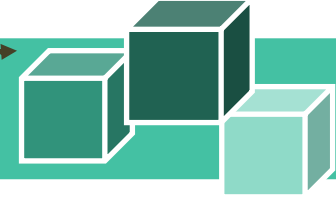
# Graphe de connaissances *TRACES*

1. Territories (TSN and TSN-Change Ontologies)

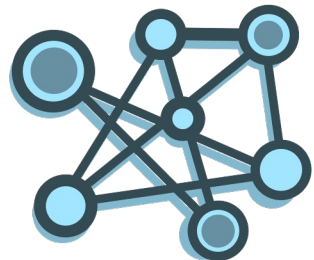


Spatial dimension of the indices

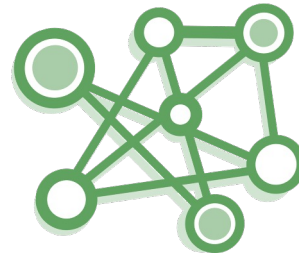
2. Environmental indices (RDF Data Cube Ontology)



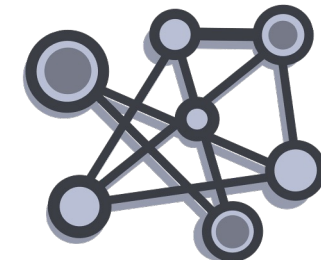
3. Semantic Environmental Trajectories of Territories (SETT Ontology)



+



+



Graphe des communes suisses  
+ Graphes des communes françaises :

<https://geo.ld.admin.ch/boundaries/municipality/2022>

[http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019\\_L2](http://purl.org/steamer/adminexpress/V2019_L2)

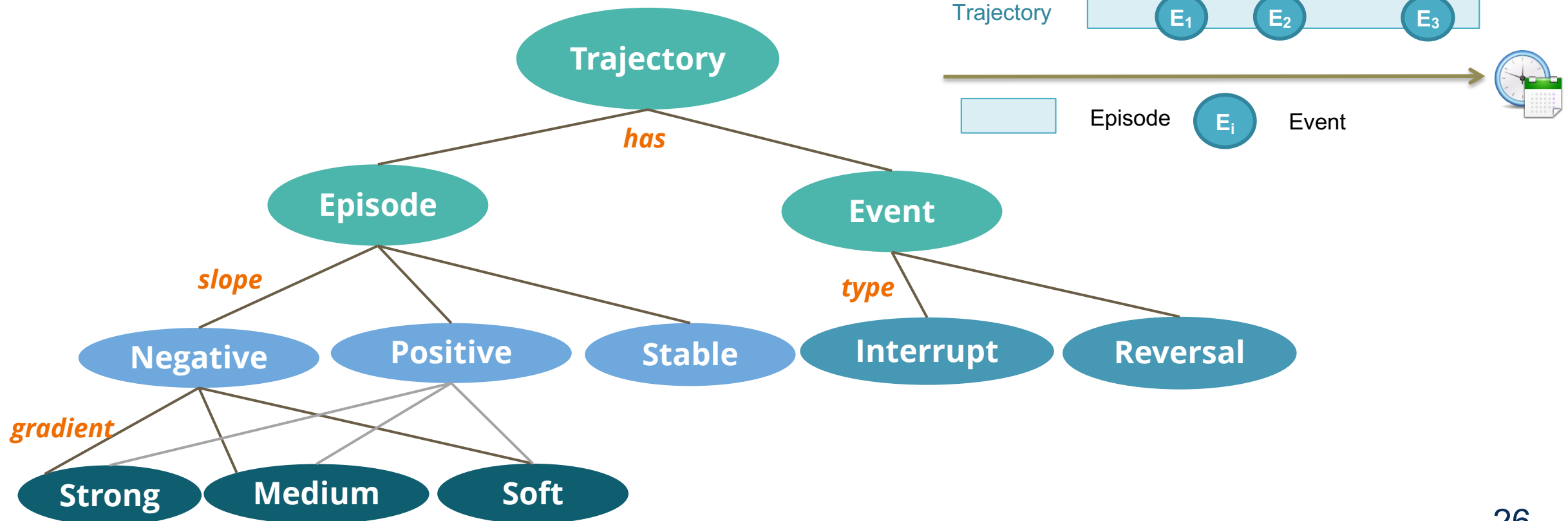
Graphe des indices  
environnementaux TRACES :

<http://purl.org/net/traces/dataset/Seasonality-LIS-dataset>

Graphe des changements et  
trajectoires

# Semantic Environmental Trajectories of Territories (SETT Ontology)

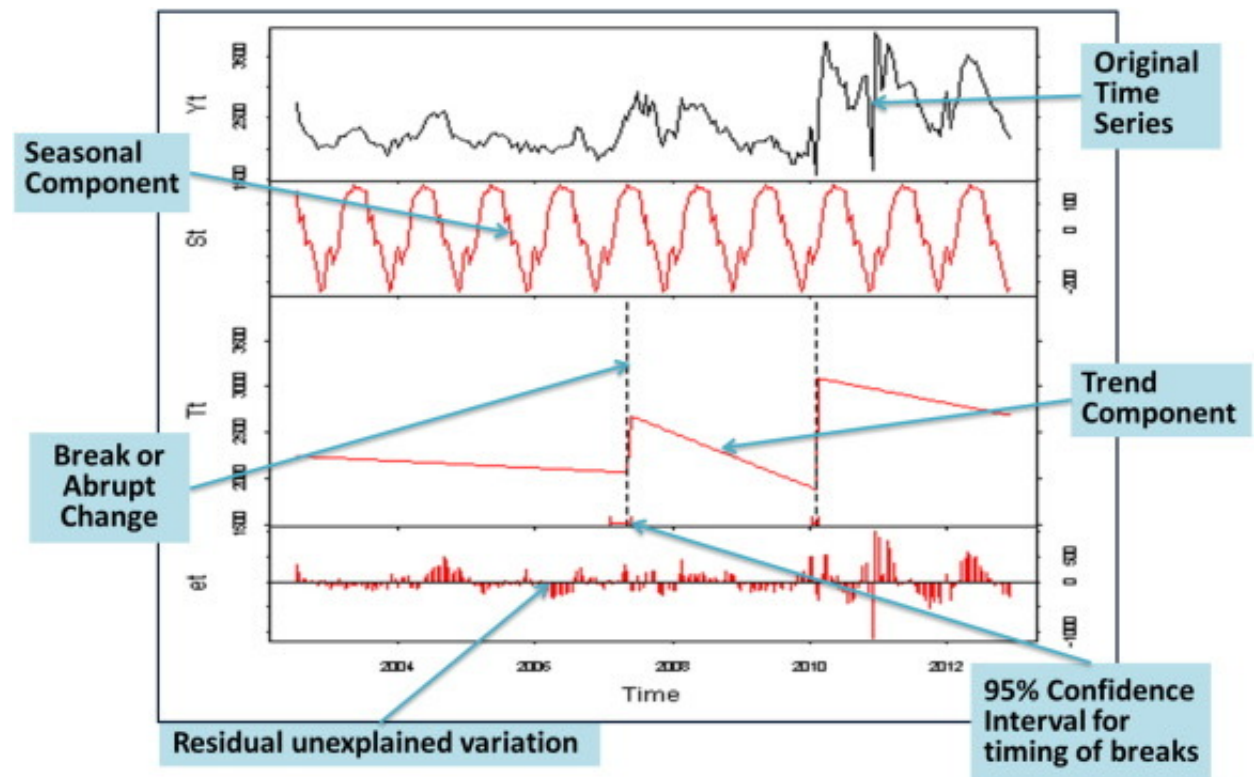
- Une trajectoire est une succession d'épisodes et d'événements.
- Un épisode : un segment monotone qui contient des sous-séries de mesures.
- Un événement : une mesure qui traduit un point de rupture dans la série.



# Détection des épisodes et événements

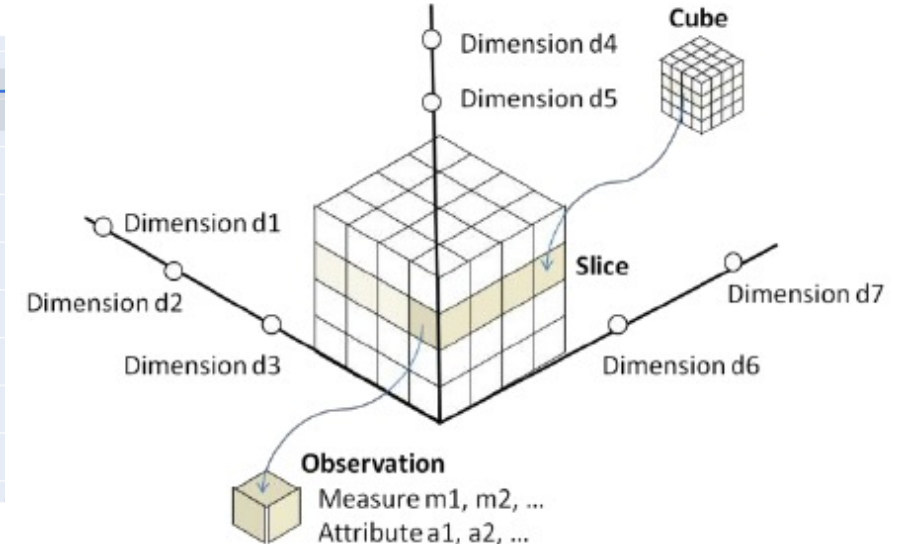
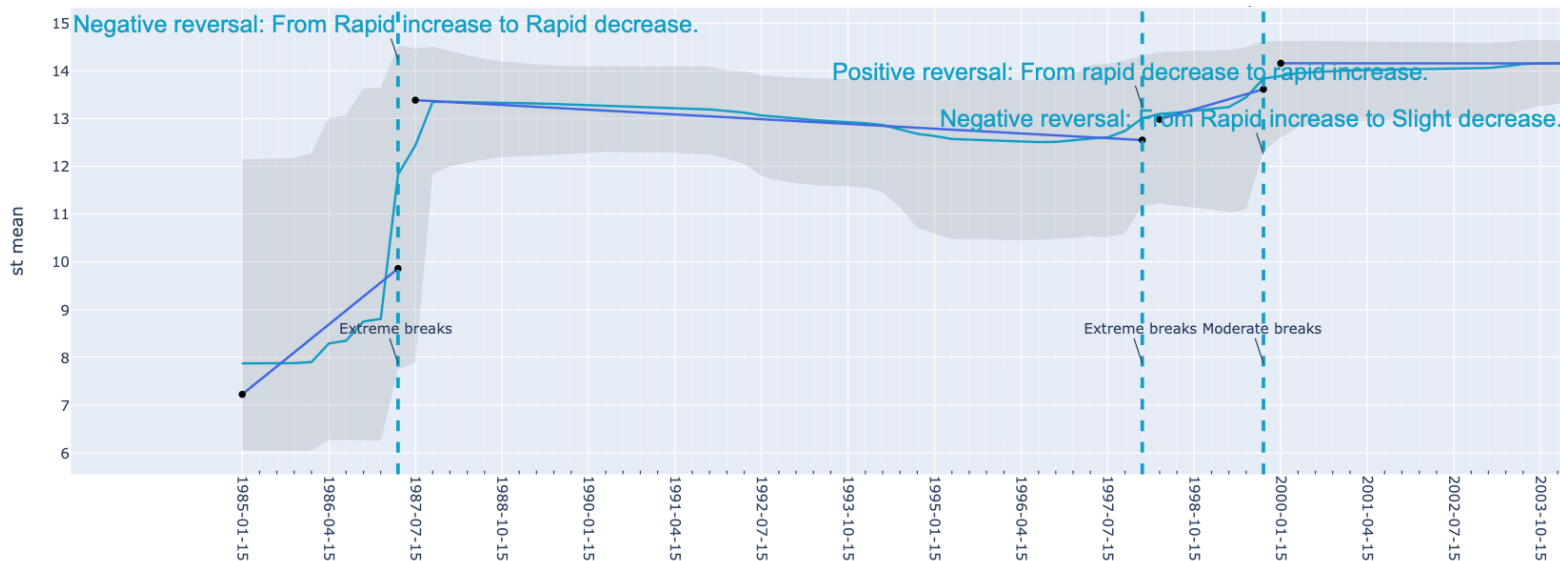
1. Rechercher des épisodes et des événements dans les séries temporelles des indices satellitaires (algorithme **BEAST**: *Bayesian Changepoint Detection & Time Series Decomposition*) ;
2. Contextualiser les épisodes et les événements à l'aide du Web des données.

Difficultés éventuelles : un nouvel épisode peut être dû, par exemple, à une politique publique antérieure à l'événement détecté (impact d'une politique publique mise en œuvre 10 ans auparavant).

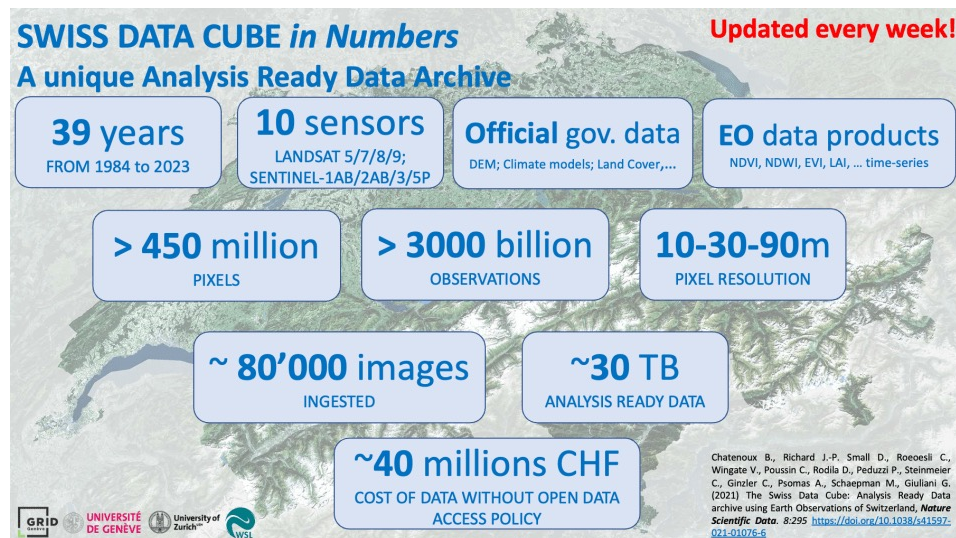
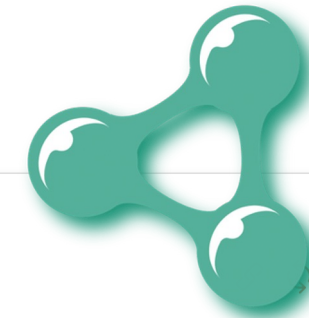


# Annotation des épisodes et événements dans les RDF Data Cube


- Création de *Slices* dans les Cubes RDF regroupant plusieurs mesures d'un indice satellitaire, constituant un épisode ;
- 1 *Slice* (RDF Data Cube) = 1 épisode (SETT ontology) = 1 ensemble de mesures ;
- Caractérisation sémantique des *Slices/Episode* et *Event* grâce à l'ontologie SETT ;
- Contribution : annotation sémantique des résultats en sortie de l'algorithme BEAST.



# Projet TRACES – Premiers résultats



Local

 **TRACES**

total statements **12,126,693**

- 9,692,445 explicit
- 2,434,248 inferred
- 1.25 expansion ratio

Import RDF data

Import tabular data with OntoRefine

Export RDF data

<http://steamerlod.imag.fr/>

-  **12,126,693** RDF triples (11,213,228 explicit RDF triples)
- 3** case studies Grand Genève, Fribourg, Evian - **373** municipalities
- 3** RDF Data Cubes
- 38** years (from 1985 to 2022)
- 73** indices: LIS (**20** indices), LST (**1** indice) and CLC (**52** indices)



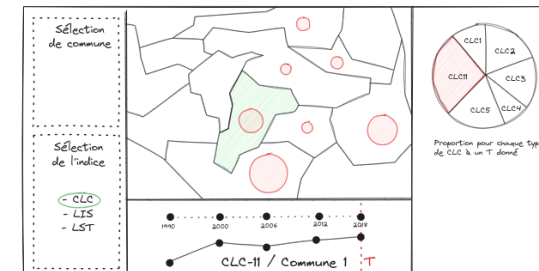
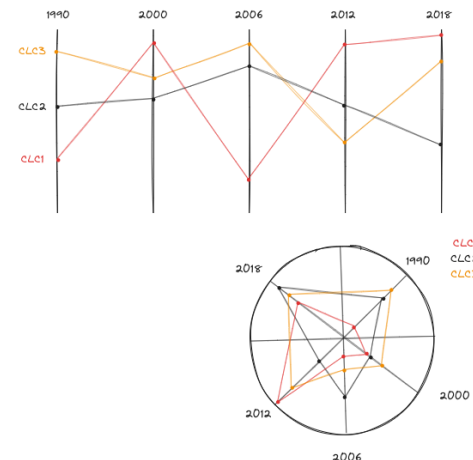
Daniela F. Milon-Flores, Camille Bernard, Jérôme Gensel, Gregory Giuliani.

**Detection and semantic description of changes in Earth Observation Time Series data.**

*Workshop MACLEAN 2023 on Machine Learning for Earth Observation, Sep 2023, Torino, Italy.*

# Projet TRACES – Travaux en cours

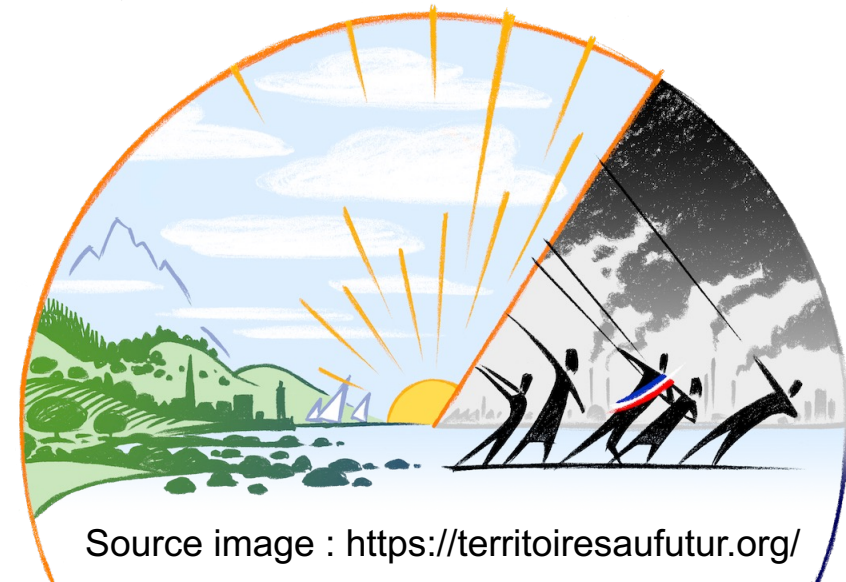
- **Enrichissement des trajectoires environnementales satellitaires** par des données de population, pollution de l'air, eau, etc. + par des textes de politiques publiques, PLU, etc. expliquant les changements subis par les territoires (partenaire Univ. de Bourgogne, LIB).
- **Développement d'un portail Web** pour l'exploration et la géo-visualisation des trajectoires environnementales (stage Arthur LOUIS, mai 2024).
- **Clustering des trajectoires environnementales** afin d'identifier des profils similaires d'évolution de territoires (partenaire Université de Genève – Centre Universitaire d'Informatique).



Comment comparer les différentes communes ? Quelles interactions ?  
- Avoir une option rayon pour faire un buffer/rayon d'action ?  
Par rapport à quoi le buffer ? Centroïde ? Bordure ?  
- Interaction clic / sélection ?

# Conclusion

- Description des **changements territoriaux** grâce aux ontologies TSN et TSN-Change + Des extensions prévues pour décrire les changements géographiques de tous types (points, lignes, polygones).
- Description des changements dans les **séries temporelles attributaires**, associées aux données géographiques supports → Recherche en cours.
- Les descriptions des changements dans les séries temporelles permettront de trouver des profils de communes similaires, d'estimer les trajectoires futures du fait de *patterns* d'évolution observés → trouver de potentiels modèles à suivre.



Source image : <https://territoiresaufutur.org/>



**AfIA**

Association française  
pour l'Intelligence Artificielle

**Journée commune**

Journée **Humanités Numériques & IA 2024**

Paris, BNF – Vendredi 3 mai 2024

**MERCI !**

**Graphes de connaissances pour la représentation et  
la compréhension des évolutions des territoires**

[Camille.bernard@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:Camille.bernard@univ-grenoble-alpes.fr)

