

# Un modèle sémantique spatiotemporel pour capturer la dynamique des environnements

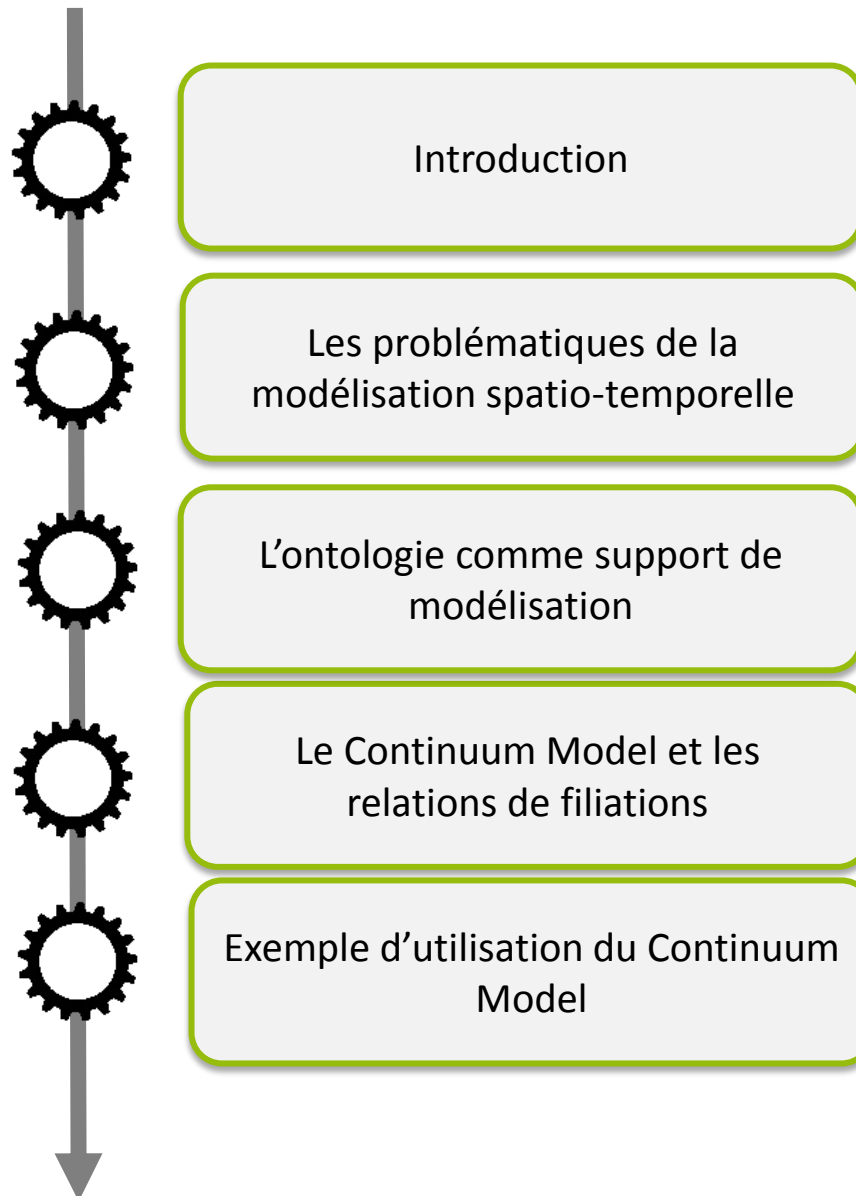


**CHECKSEM**  
SEMANTIC INTELLIGENCE RESEARCH



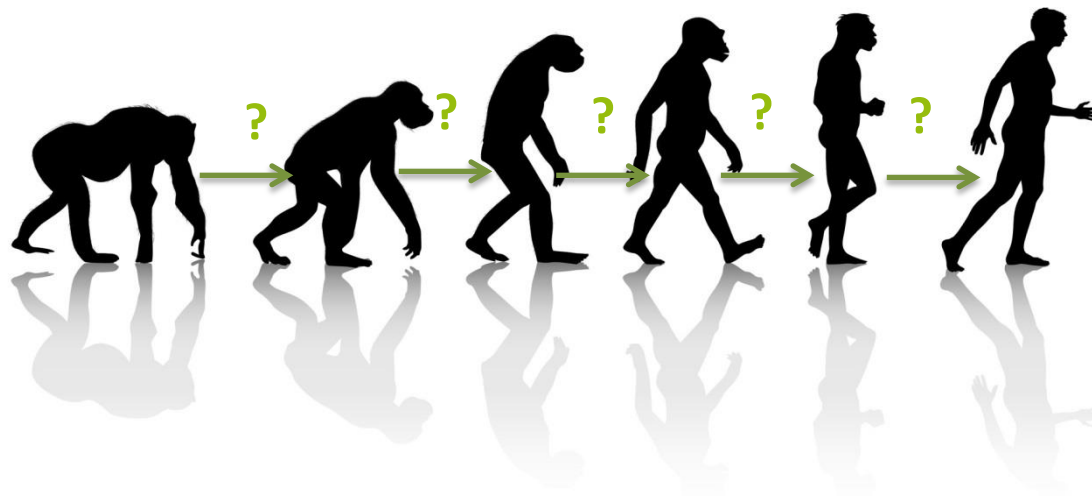
Benjamin Harbelot, Helbert Arenas, Christophe Cruz

Laboratoire LE2I – UMR CNRS 6306 – Université de Bourgogne



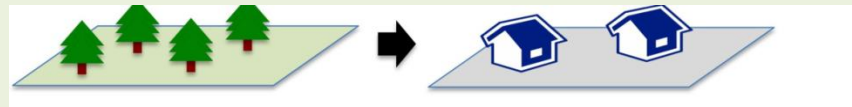
## Modélisation spatio-temporelle:

Un modèle de données spatio-temporel est un modèle de données représentant l'évolution temporelle des objets géographiques au fil du temps

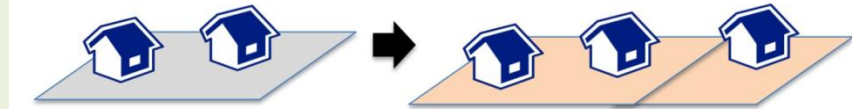


## Identité

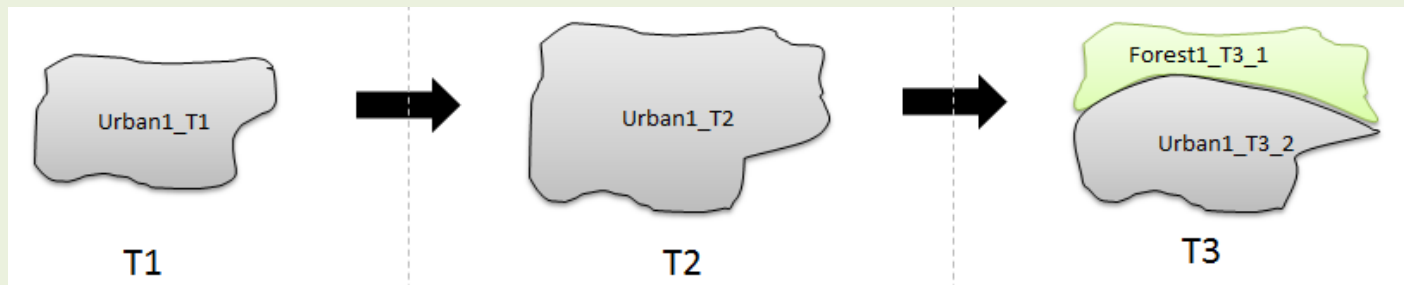
Dérivation

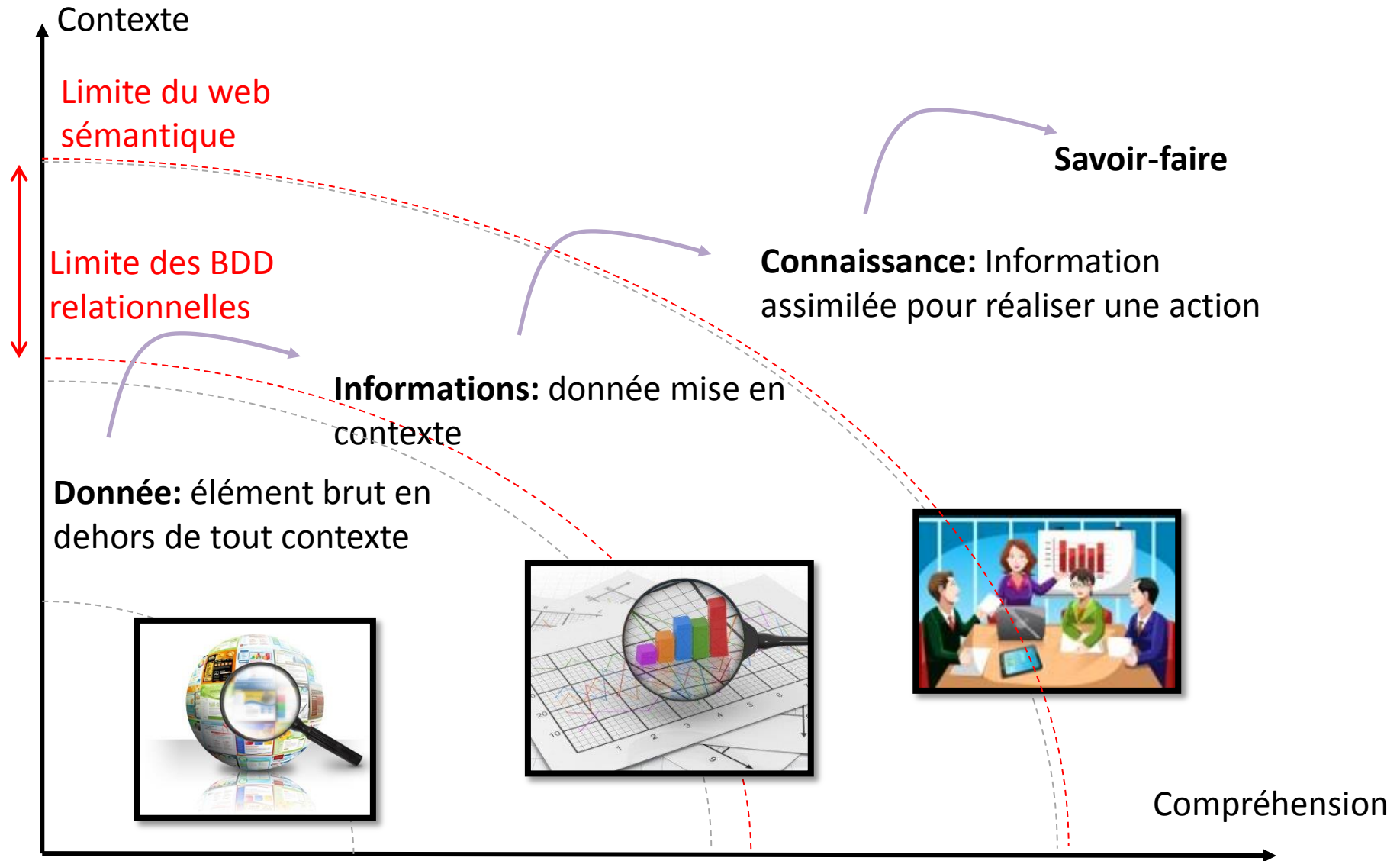


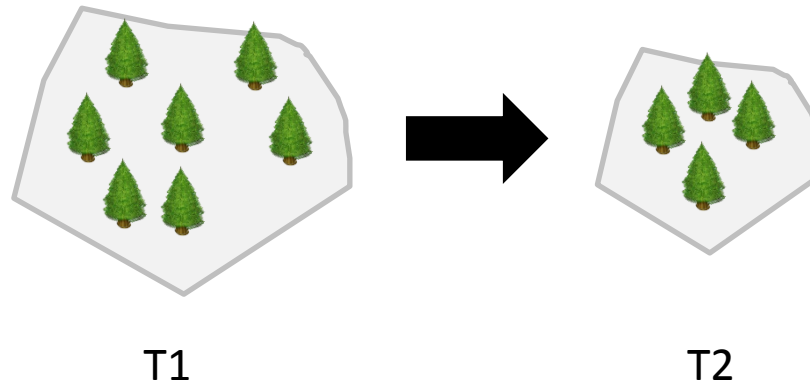
Continuation



## Retrouver la filiation des entités







## Donnée:

- un polygone de type « Forêt » à l'instant T1
- un polygone de type « Forêt » à l'instant T2
- La géométrie de T2 est plus petite que la géométrie de T1

## Information:

- La taille de la forêt s'est réduite entre T1 et T2

## Connaissance:

- On observe un phénomène de déforestation entre T1 et T2

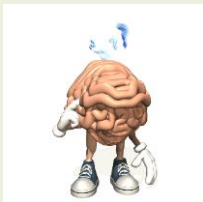


## Représenter la connaissance



- ✓ **Classification des entités**
  - Classes
  - Relation de subsomption au sein d'une hiérarchie
- ✓ **Renforcement des relations entre entités**
  - Arcs nommés au sein du graphe
  - Possibilité d'établir une hiérarchie de relation

## Inférer de la connaissance



- ✓ **Fournit des outils pour le raisonnement**
  - Vérification de la consistance
  - Inférence (émergence de nouvelles connaissances en s'appuyant sur celles déjà présentes)



## Temps

- ☐ Définir des instants et intervalles de temps



## Espace

- ☐ Stocker des géométries
- ☐ Fournir une analyse spatiale



## Identité

- ☐ Suivre les objets dans le temps
- ☐ Autoriser un objet à changer sa nature



## Attributs descriptifs

- ☐ Représenter les propriétés et relations
- ☐ Leurs permettre d'évoluer dans le temps





GeoSPARQL

- ✓ Une ontologie spatiale
- ✓ Fonctions d'analyses spatiales

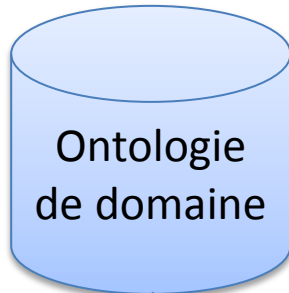


**Ontologie de fluent**

- ✓ Les entités sont représentées à différents instants de temps
- ✓ Par conséquent, les propriétés et relations évoluent dans le temps



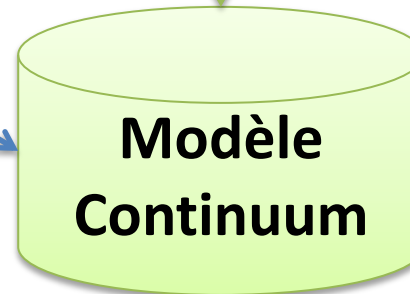
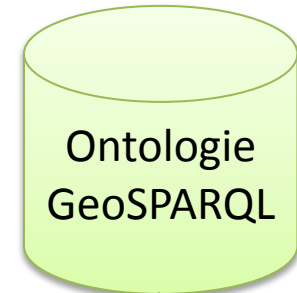
**Connaissance  
du  
domaine**



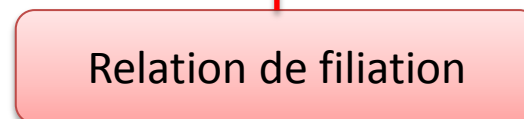
**Temps  
+  
gestion de l'évolution**



**Représentation  
spatiale**



**Suivi dans le temps  
+  
Identité**





1<sup>st</sup> layer

2<sup>nd</sup> layer

3<sup>rd</sup> layer

4<sup>th</sup> layer

**FILIATION**

**IDENTITY**

**IDENTITY + SPATIAL**

**CONTEXT-DEPENDENT**

hasFiliation

hasContinuation

hasDerivation

hasGrowth  
hasReduction  
hasEquality  
hasAnnexation  
hasSeparation

hasSplits  
hasFusion  
partOfAnnexation  
partOfSeparation  
Conversion

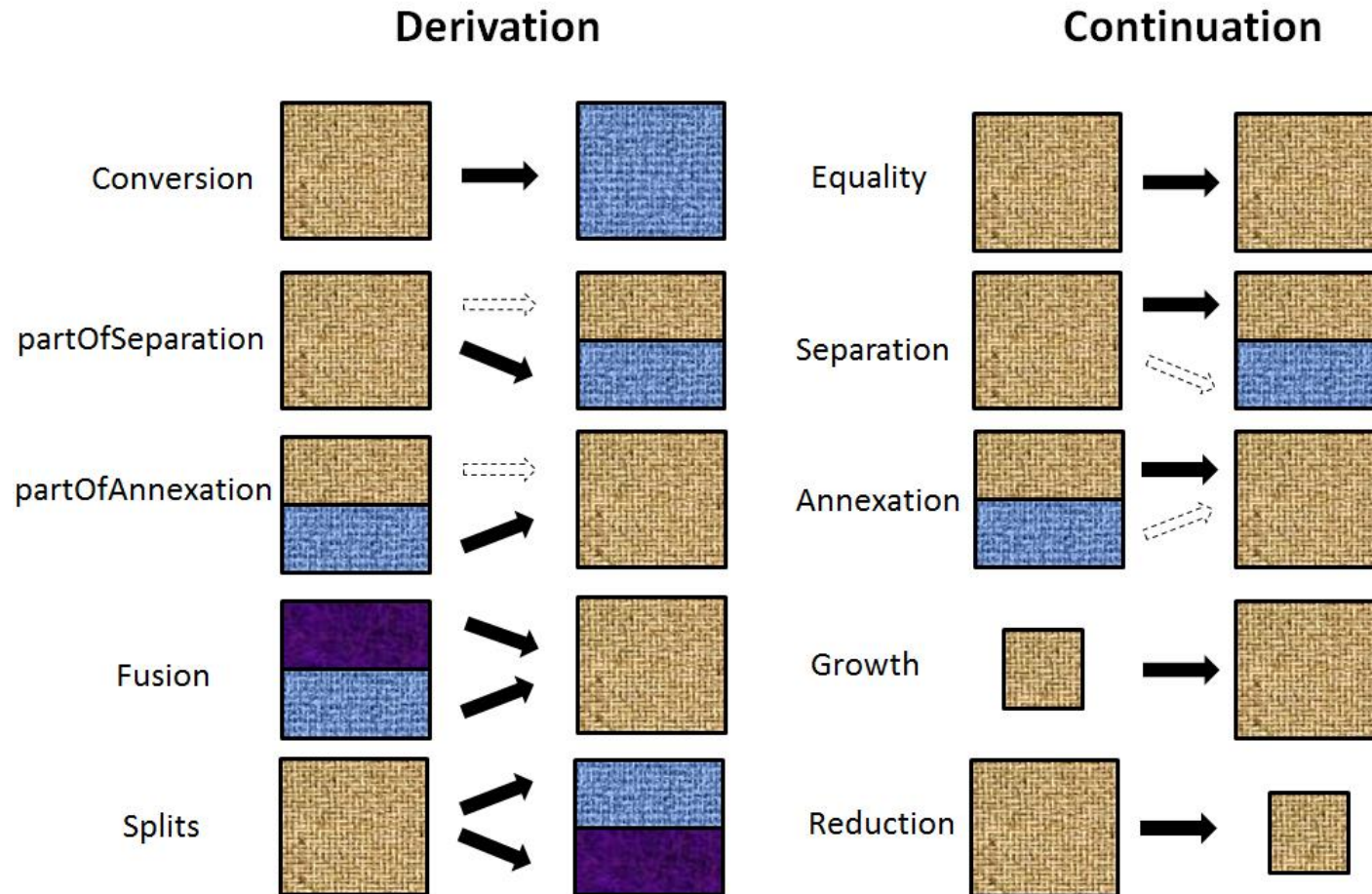


General

← - - subPropertyOf

Specific

Knowledge about evolution



Motifs d'évolutions<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Del Mondo, G., M. Rodríguez, C. Claramunt, L. Bravo, et R. Thibaud (2013). Modeling consistency of spatio-temporal graphs. *Data & Knowledge Engineering* 84, 59–80.



## 1 Territoires artificialisés

### 11 Zones urbanisées

- 111 Tissu urbain continu
- 112 Tissu urbain discontinu

### 12 Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 Zones industrielles et commerciales
- 122 Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 Zones portuaires
- 124 Aéroports

### 13 Mines, décharges et chantiers

- 131 Extraction de matériaux
- 132 Décharges
- 133 Chantiers

### 14 Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 Espaces verts urbains
- 142 Equipements sportifs et de loisirs

## 2 Territoires agricoles

### 21 Terres arables

- 211 Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 Périmètres irrigués en permanence
- 213 Rizières

### 22 Cultures permanentes

- 221 Vignobles
- 222 Vergers et petits fruits
- 223 Oliveraies

### 23 Prairies

- 231 Prairies

### 24 Zones agricoles hétérogènes

- 241 Cultures annuelles associées aux cultures permanentes
- 242 Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- 244 Territoires agro-forestiers

## 3 Forêts et milieux semi-

Transparence :

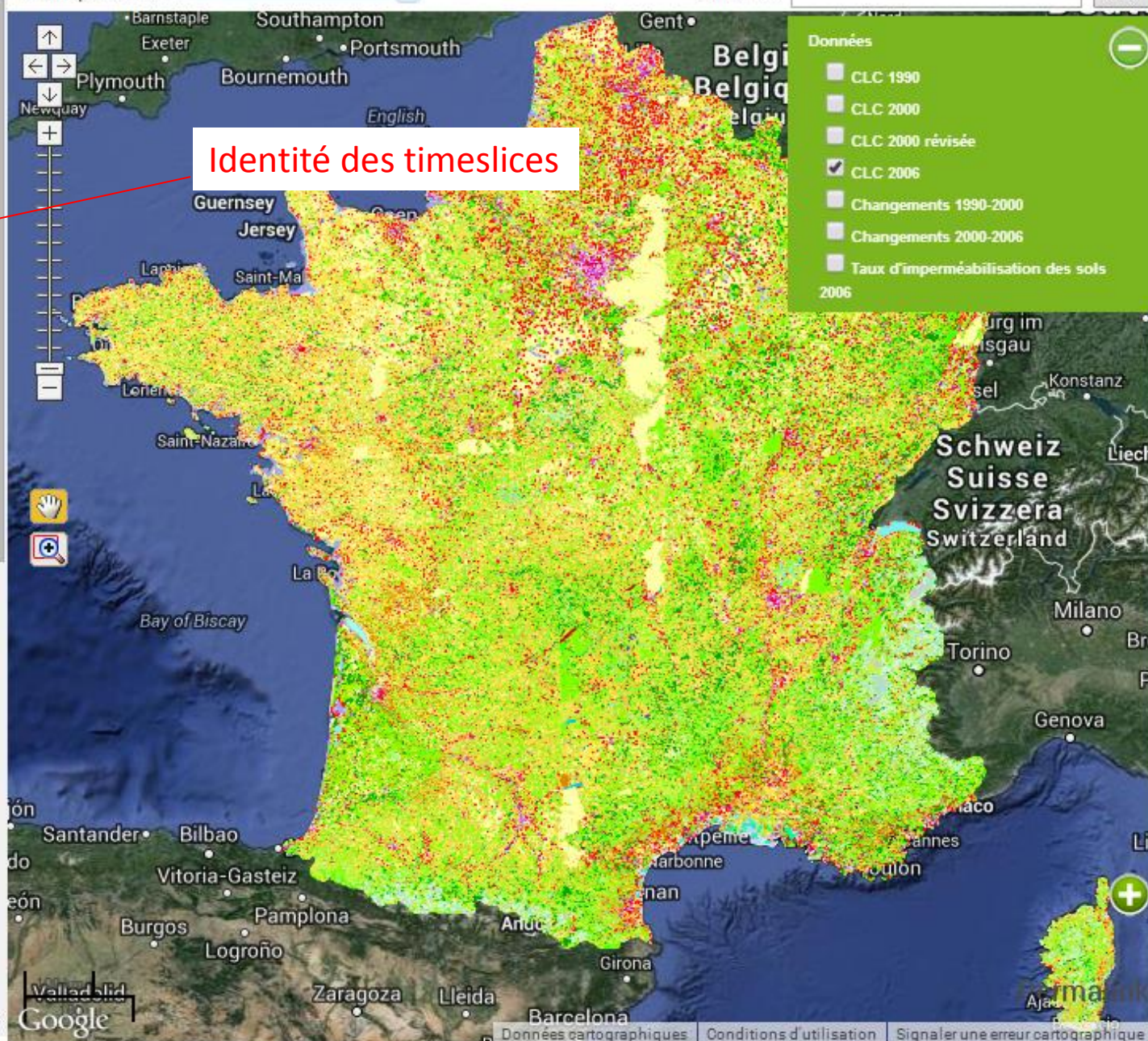
Aller à :

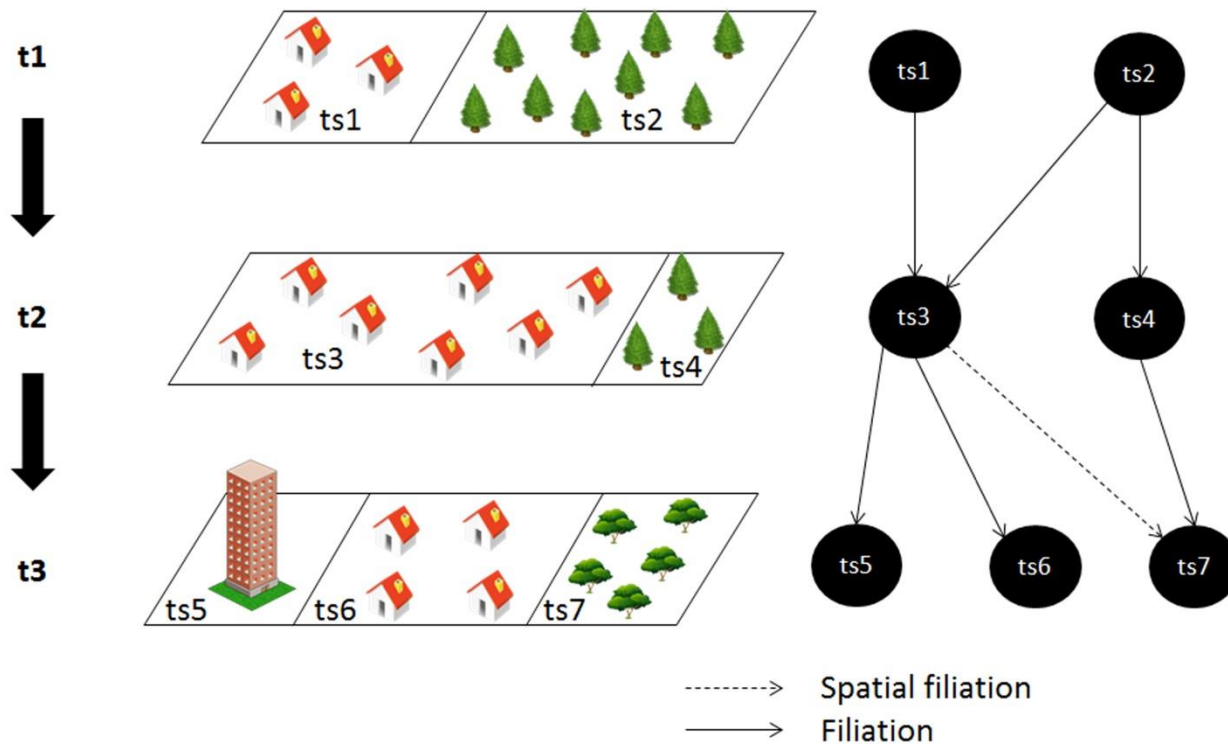
GO

Identité des timeslices

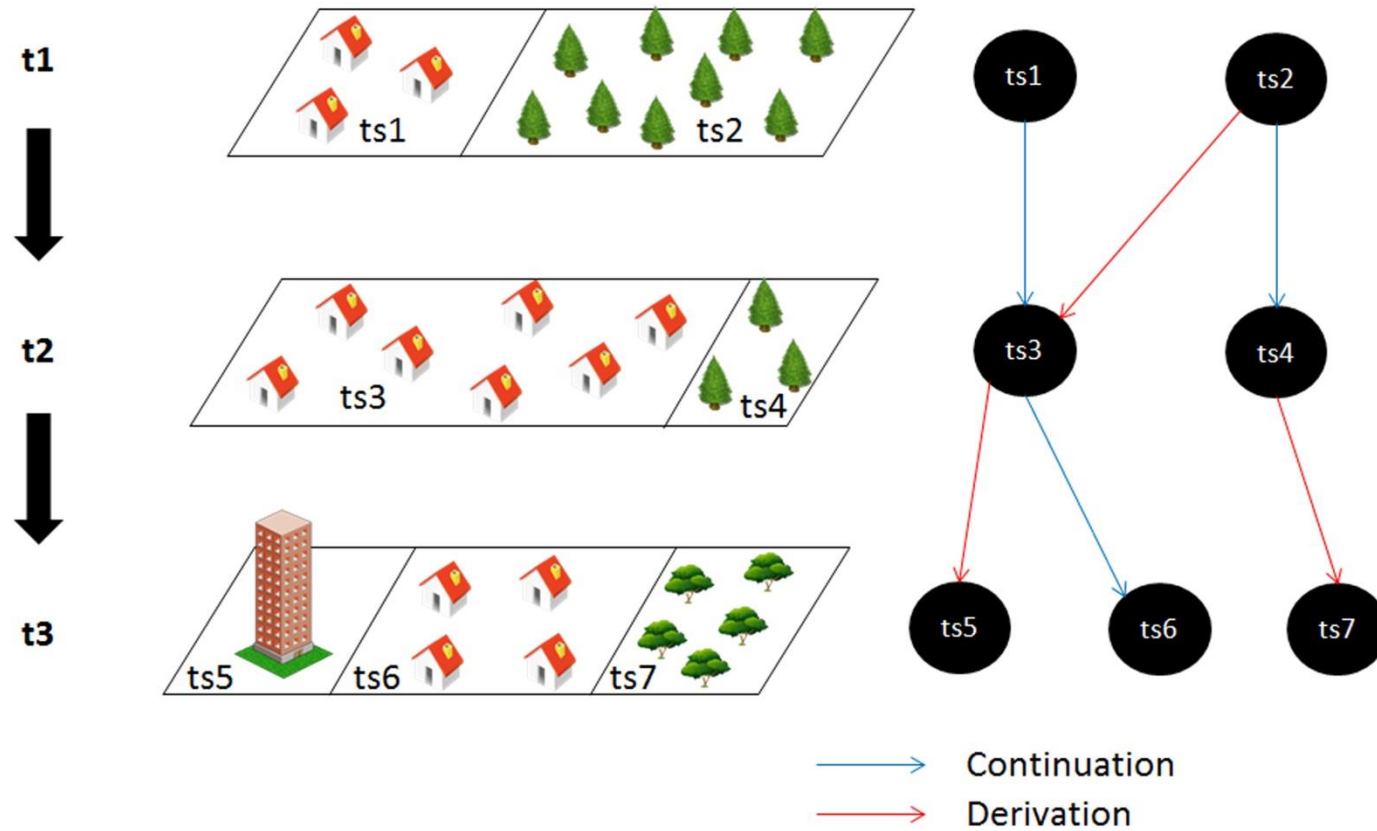
Données

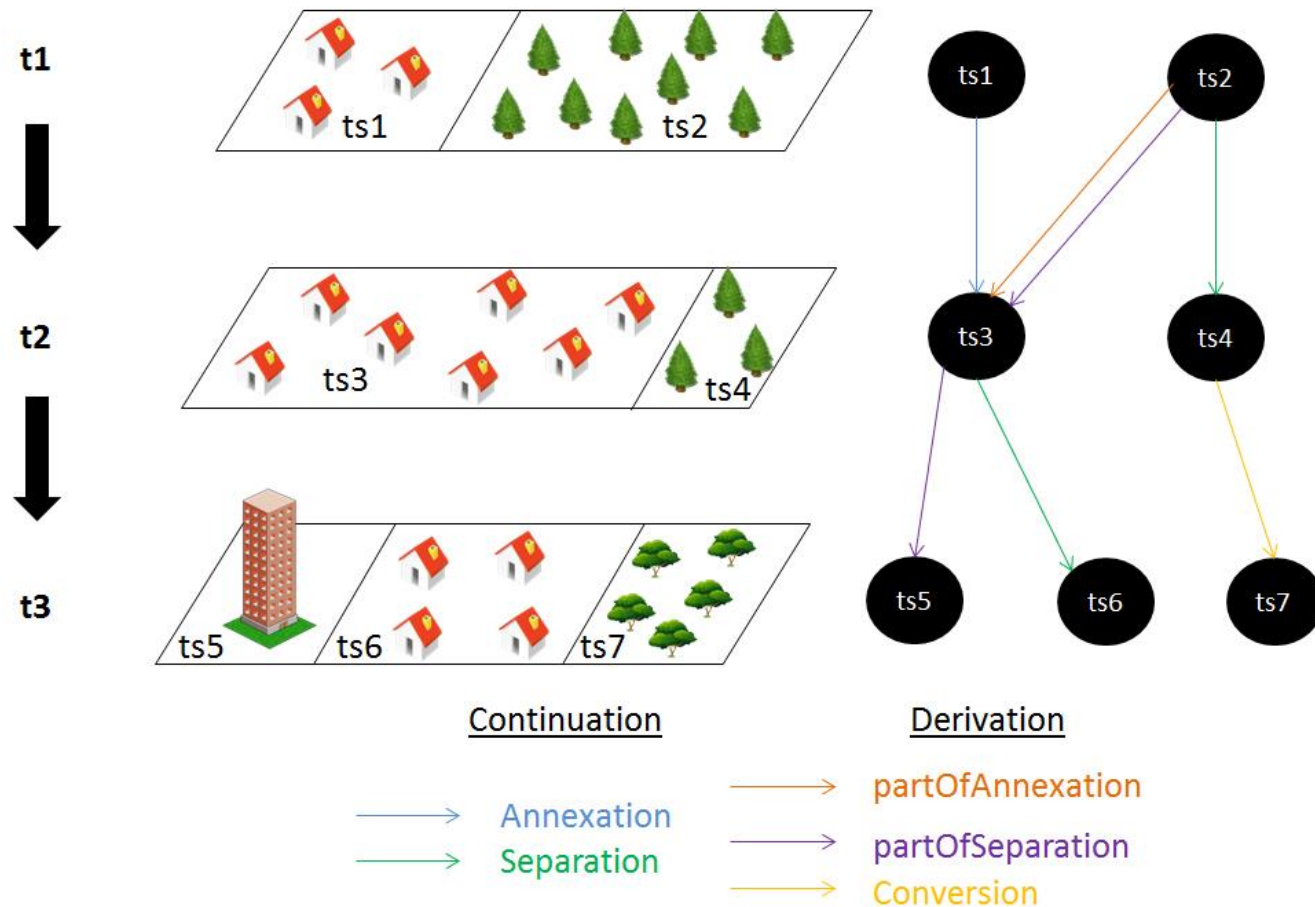
- ☐ CLC 1990
- ☐ CLC 2000
- ☐ CLC 2000 révisée
- ☒ CLC 2006
- ☐ Changements 1990-2000
- ☐ Changements 2000-2006
- ☐ Taux d'imperméabilisation des sols 2006



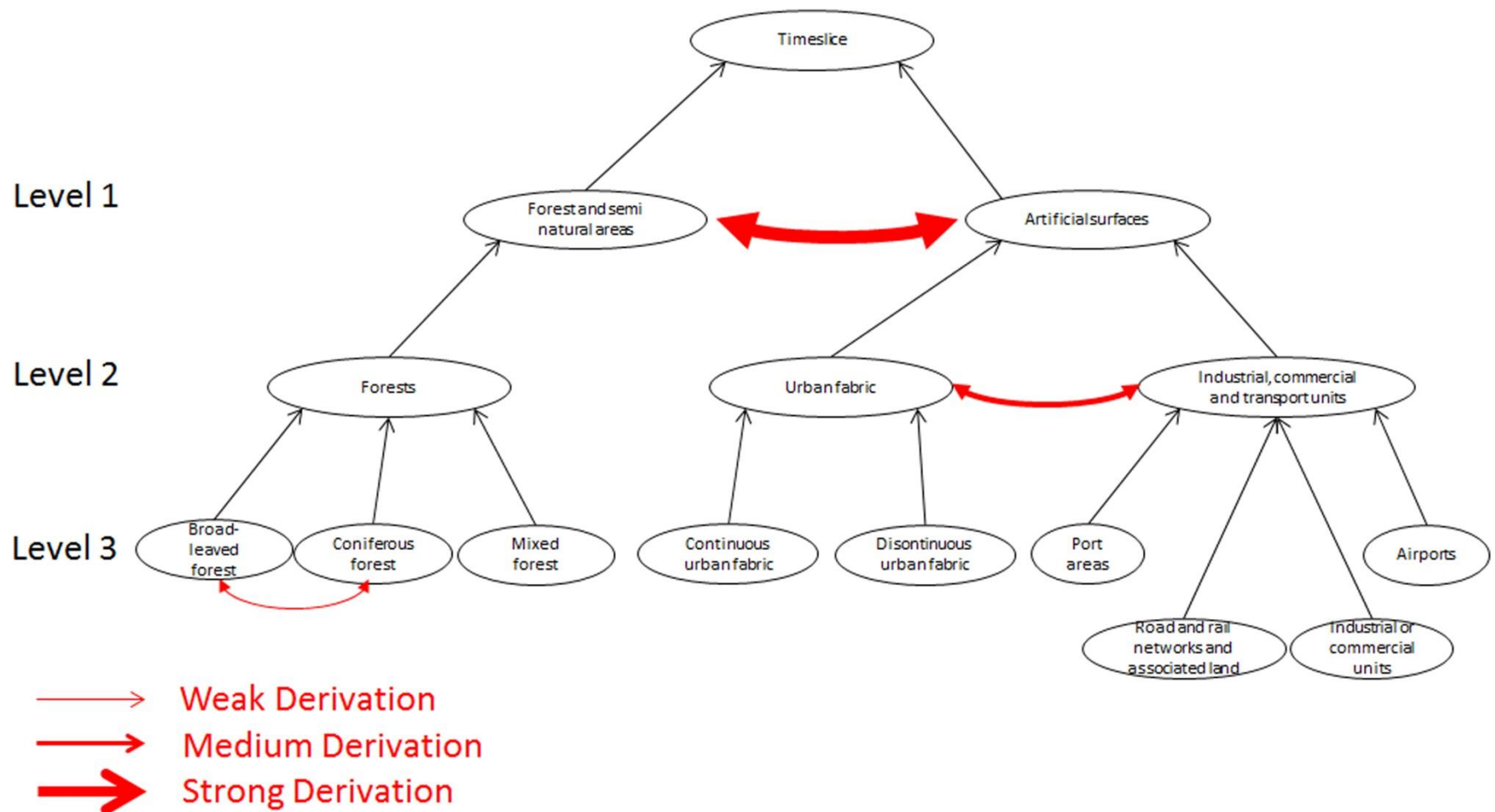


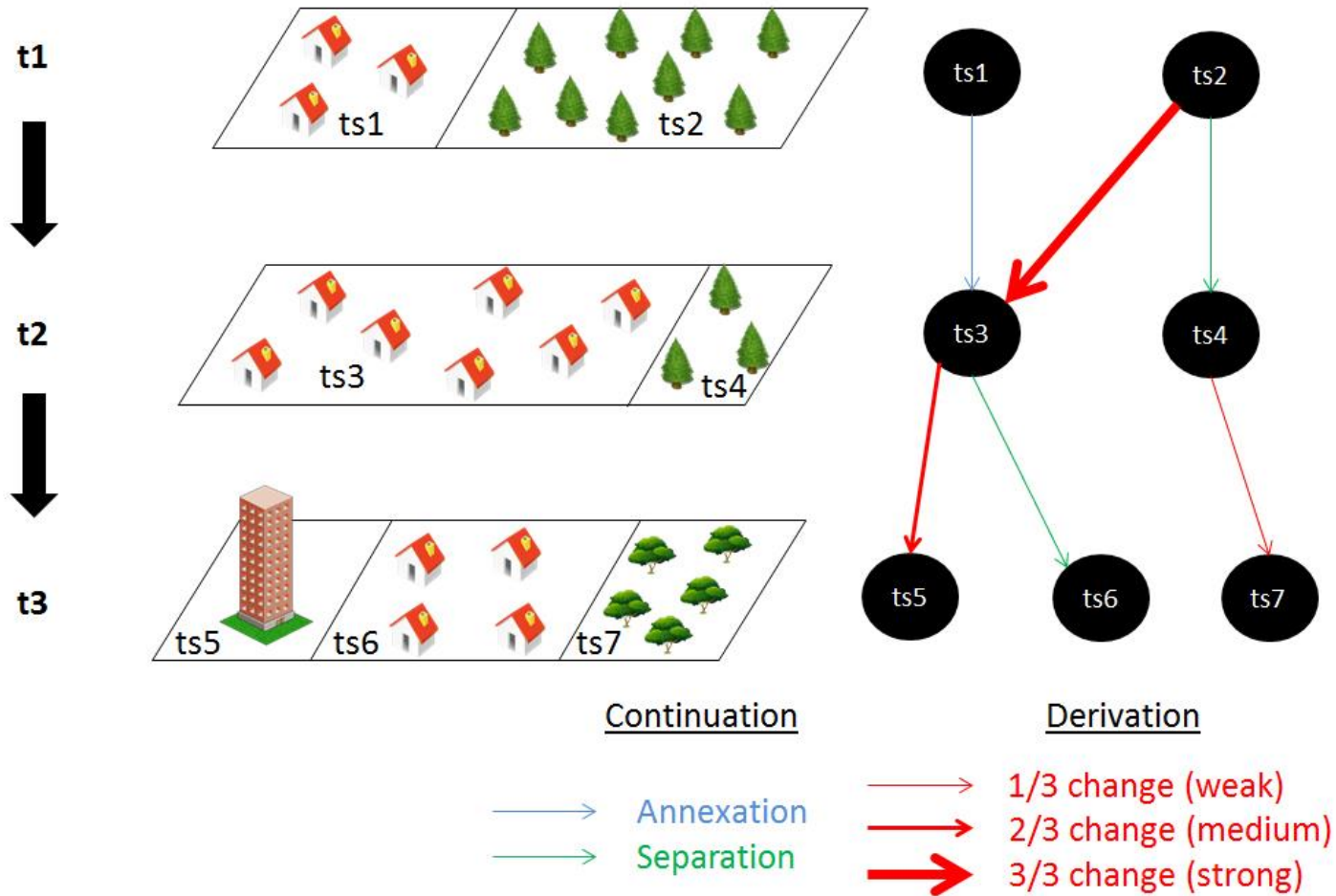


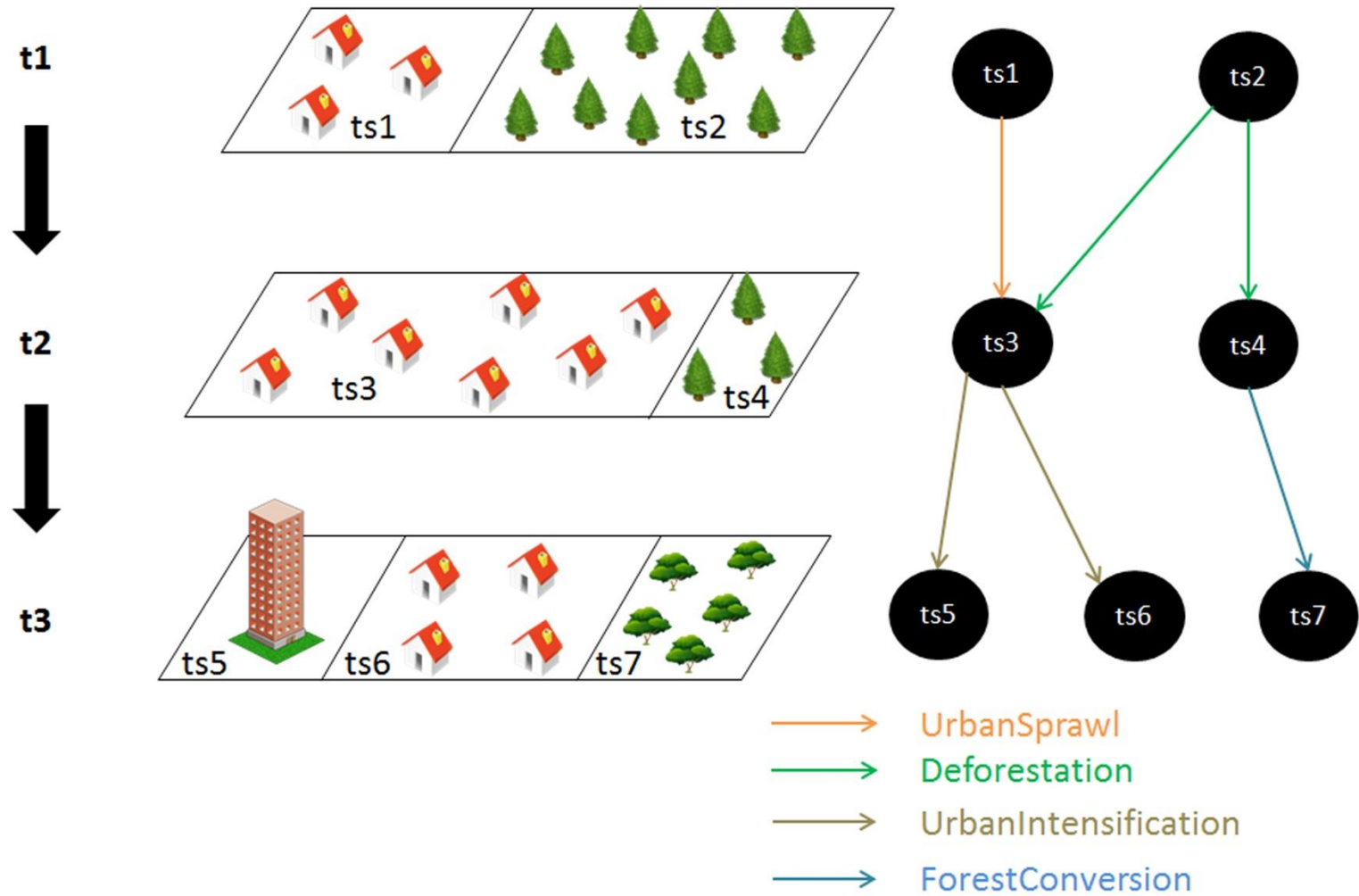


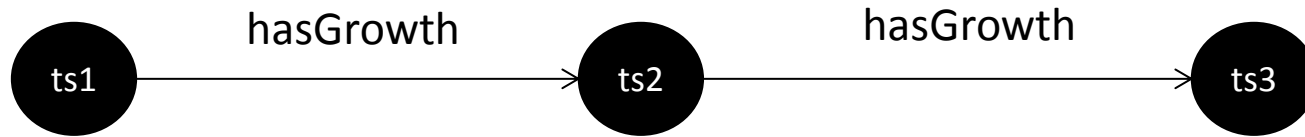




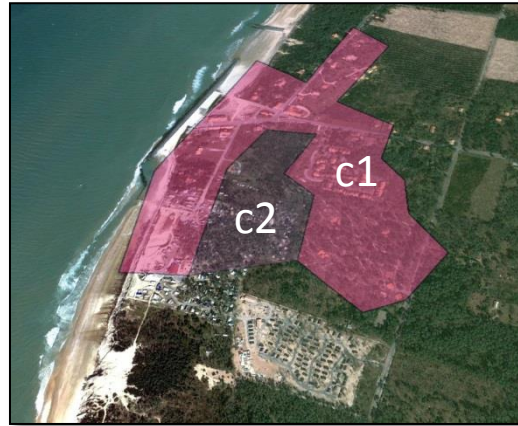




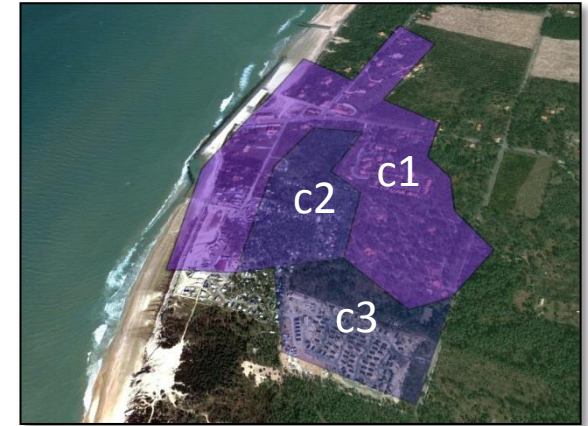




1990



2000



2006

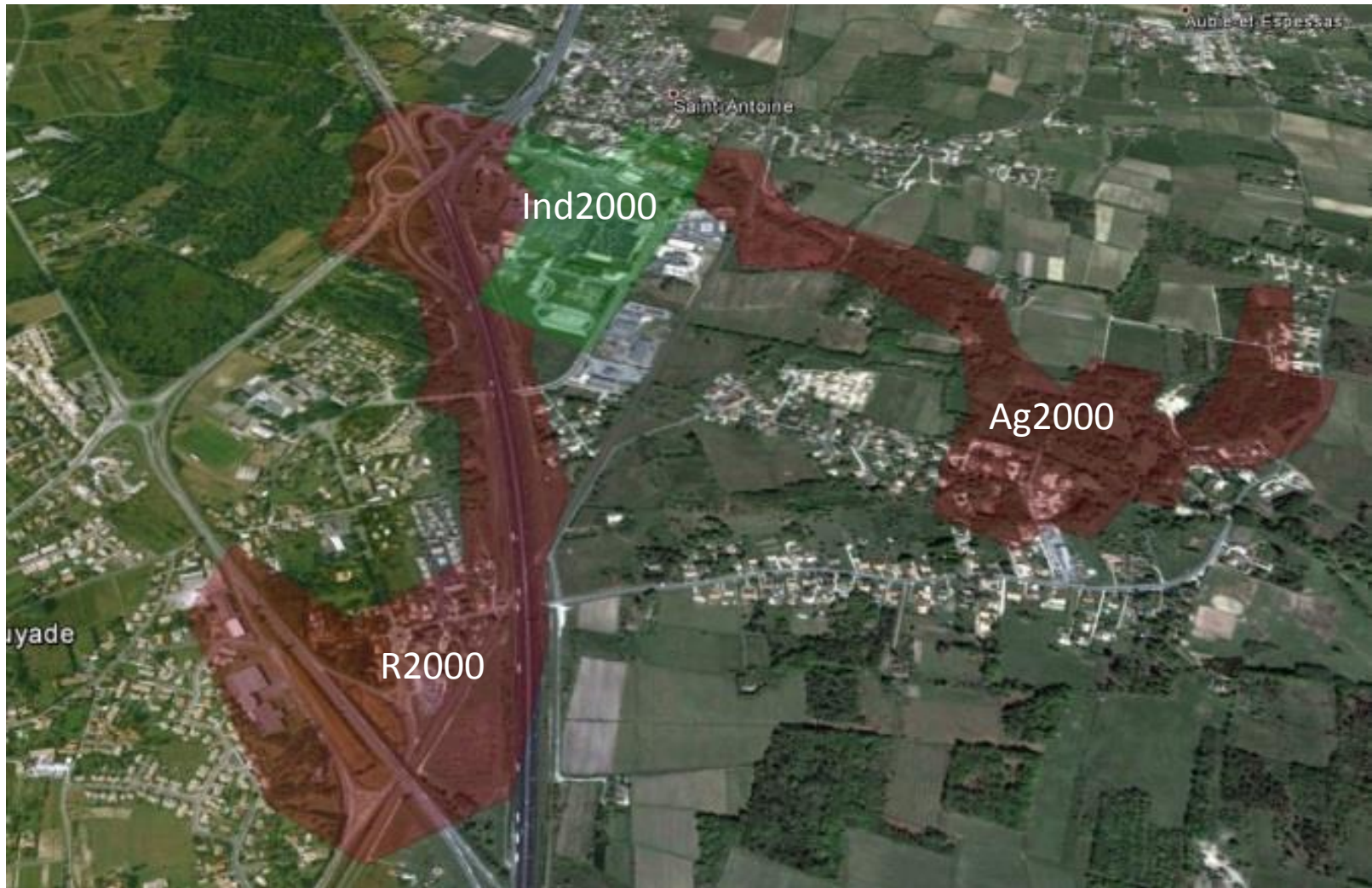
## Détecter des patterns de tendances

Property path: {  
select ?x  
where  
{  
    ?x checksem:hasGrowth/checksem:hasGrowth ?z .  
}  
group by ?x  
}





**1990**



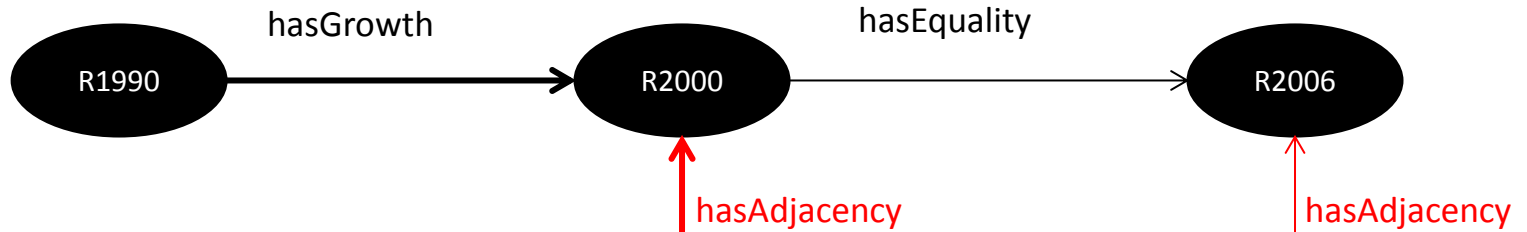
**2000**



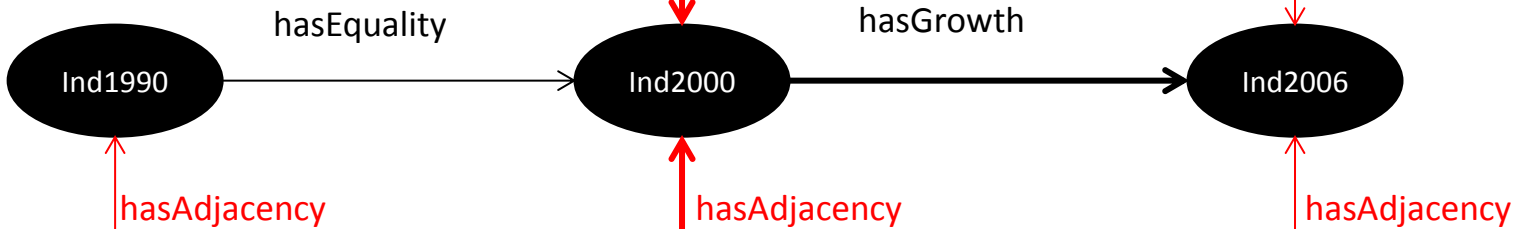


**2006**

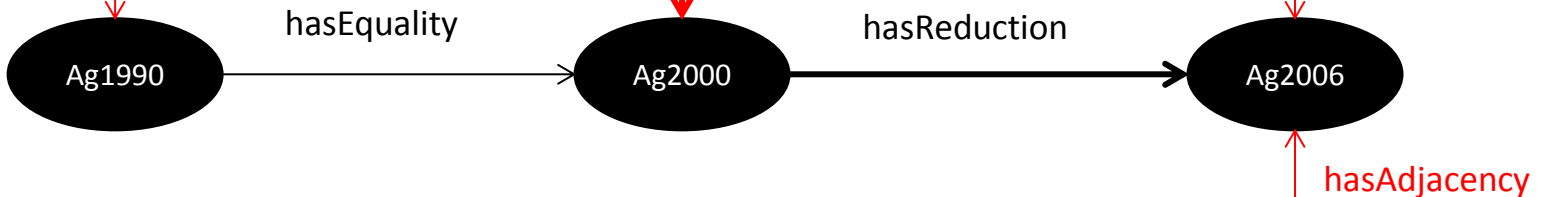
**Road Rails:**



**Industrial or commercial units:**



**Agricultural and natural vegetation:**

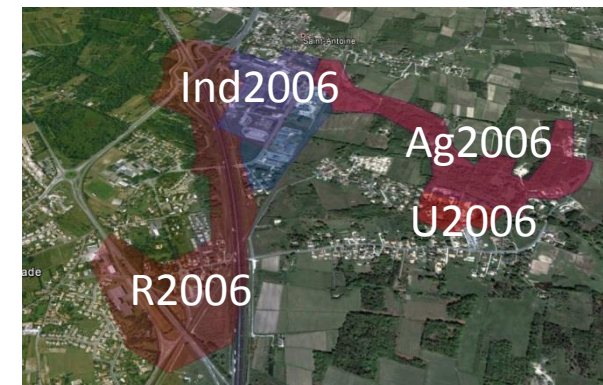
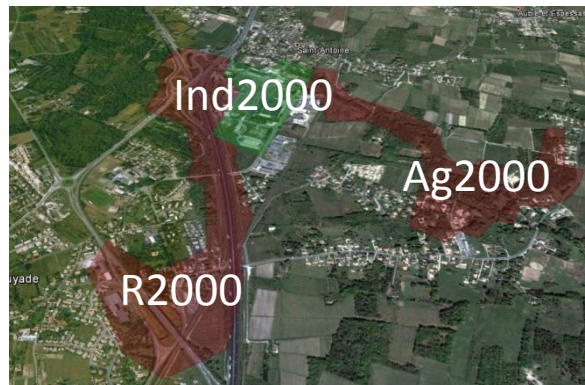
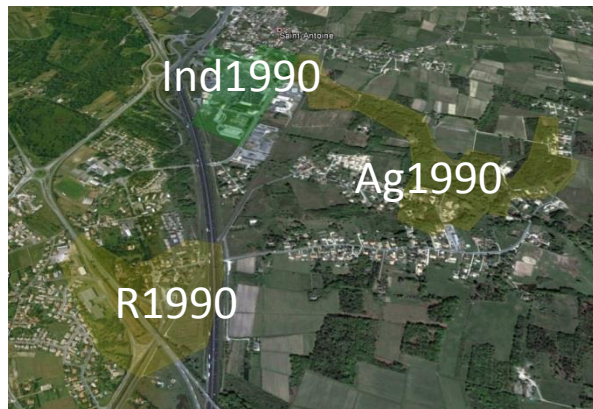


**Urban continuous:**

1990

2000

2006





## Continuum: Modèle sémantique spatio-temporel

- ✓ **Modélisation spatio-temporelle**
  - ✓ Gestion de la représentation spatiale
  - ✓ Gestion du temps et de l'évolution
  - ✓ Suivi dans le temps des entités
  - ✓ Gestion de l'identité des entités
- ✓ **Détection de phénomènes spatio-temporels**
  - ✓ Définition de motifs d'évolution
  - ✓ Prise en compte du contexte de l'information





- ✓ Utilisation de connaissances partagées
- ✓ Prise en compte du contexte de l'environnement géographique
- ✓ Amélioration des connaissances
  - Ex: Détection de phénomènes



### Continuum Model

Représenter et stocker l'évolution dans l'espace et dans le temps

---

- Permet de stocker de l'information
- Suivre des objets dans le temps
- Permet l'évolution des propriétés et relations des entités ainsi que de l'identité
- Utilise l'ontologie pour prendre en compte le contexte de l'environnement géospatial

### Vérification de la consistance

Applications spatio-temporelles sujettes à l'erreur

---

- De nombreuses données mise en jeu
- Mises à jour fréquentes des données

### Accroître la connaissance

A propos des relations de filiations

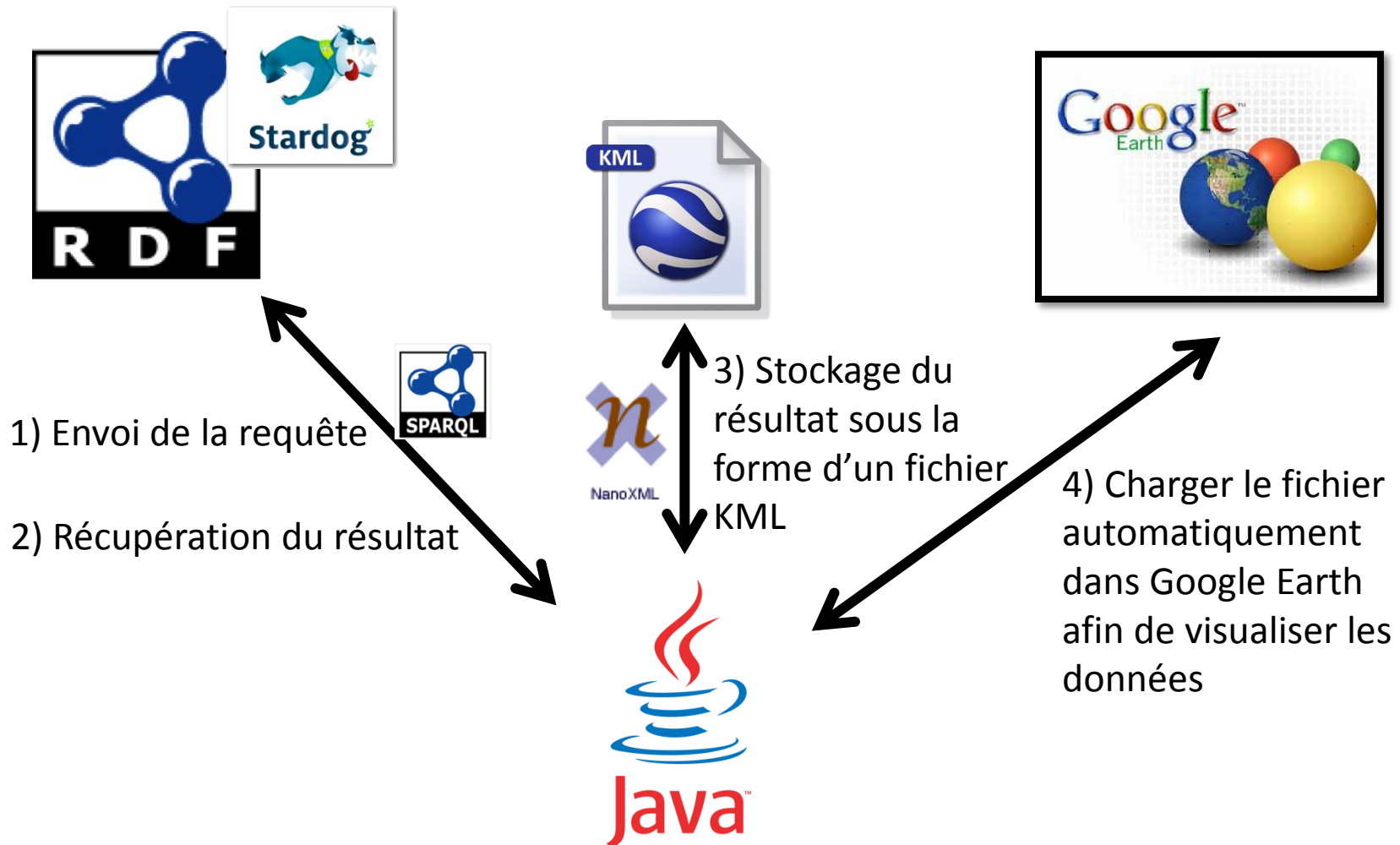
---

- Accroître automatiquement la connaissance sur les phénomènes
- En utilisant les informations spatiales, temporelles et sémantiques définies dans l'ontologie
- Définition d'une hiérarchie de relations de filiation



## Stockage des données

## Visualisation



## Traitement des données



✓ **Hypothèse du monde fermé**

- Concerne les domaines où l'information est complète
- **Idéal pour contraindre et valider des données**



✓ **Hypothèse du monde ouvert**

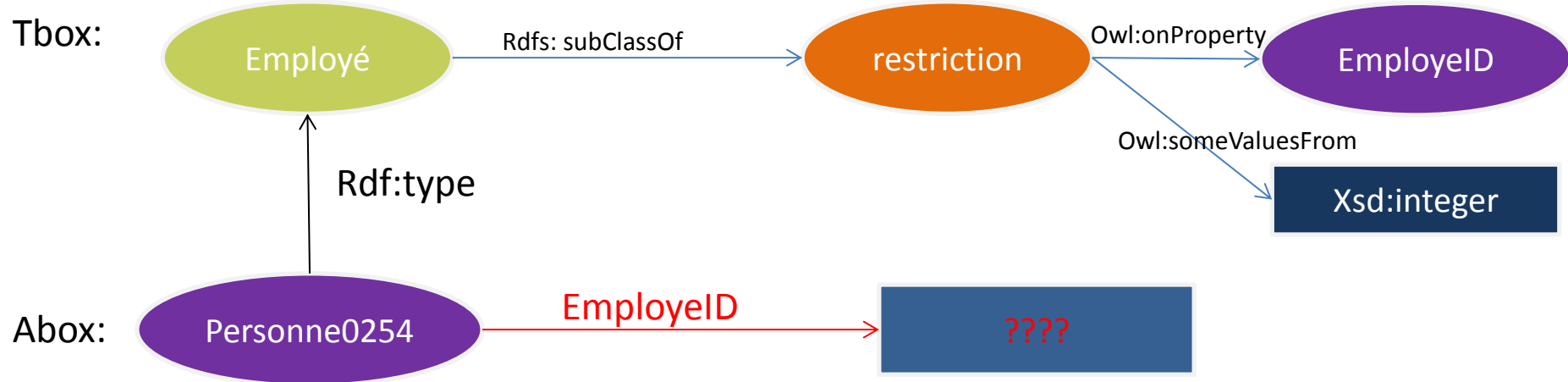
- Concerne les domaines où l'information est incomplète
- Permet la représentation d'entités abstraites, non-nommées
- Facile à réutiliser et à étendre
- **Idéal pour décrire de la connaissance qui vise à être étendue**  
→ idéal pour l'inférence

**Les deux hypothèses ont chacune leur place dans de nombreuses applications :**

- **Définition de contraintes**

## **Monde fermé vs monde ouvert**

## Contraintes de valeurs



- Déclaration
  - Employé **subClassOf** employeID **some** integer
  - Personne0254 **type** Employé
- Hypothèse du monde ouvert
  - Consistant : vrai
  - Raison : Personne0254 a un employeID mais on ne connaît pas la valeur exacte de cette propriété.
- Hypothèse du monde fermé
  - Consistant : faux
  - Raison : Personne0254 n'a pas d'employeID.

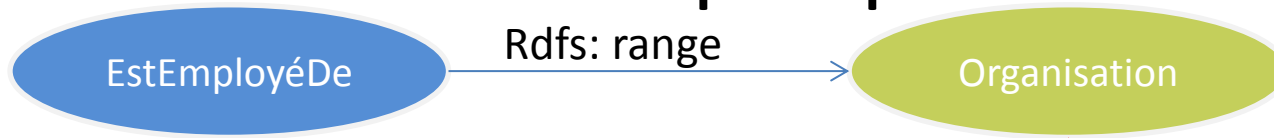


## Monde fermé vs monde ouvert

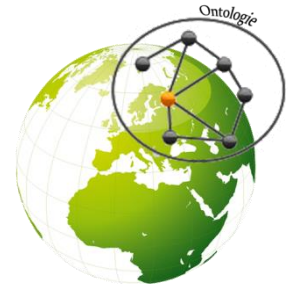
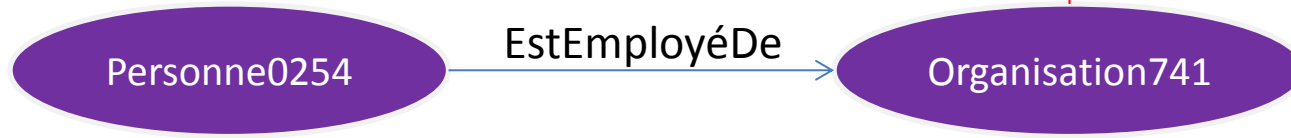


## Contraintes de participation

Tbox:



Abox:



- Déclaration
  - estEmployéDe **range** Organisation
  - Personne0254 estEmployéDe Organisation741



- Hypothèse du monde ouvert
  - Consistant : vrai
  - Inférence : Organisation741 **type** Organisation



- Hypothèse du monde fermé
  - Consistant : faux
  - Raison : Organisation741 **type** Organisation n'est pas explicitement définie.

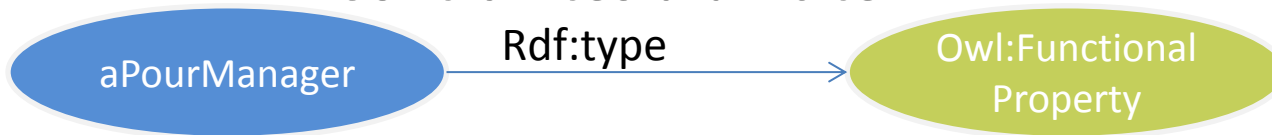
## Monde fermé vs monde ouvert



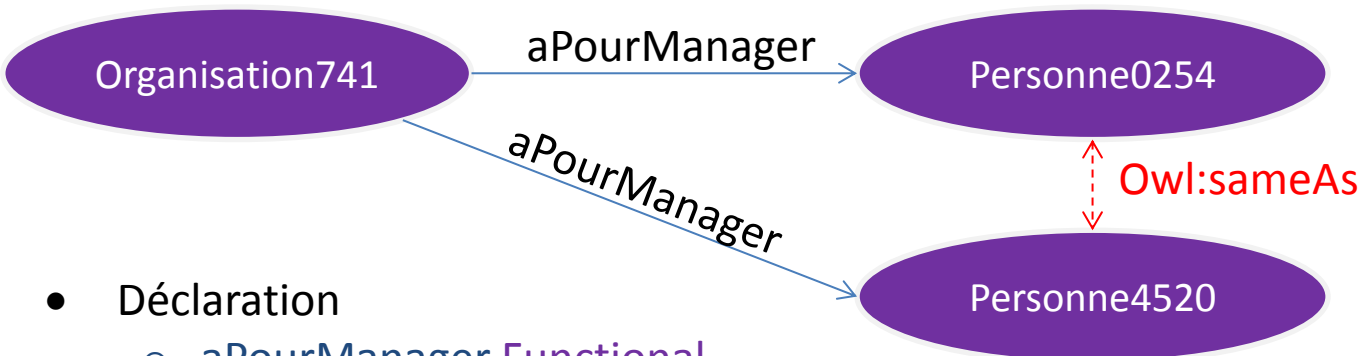


## Contraintes d'unicité

Tbox:



Abox:



- Déclaration
  - aPourManager **Functional**
  - Organisation741 aPourManager Personne 0254
  - Organisation741 aPourManager Personne 4520
- Hypothèse du monde ouvert
  - Consistant : vrai
  - Inférence : **Personne0254 sameAs Personne4520**
- Hypothèse du monde fermé
  - Consistant : faux
  - Raison : **Organisation741** a plus d'une valeur pour la propriété **aPourManager** ce qui est interdit car cette dernière est fonctionnelle.



## Monde fermé vs monde ouvert



✓ **Contraintes d'intégrités (monde fermé)**

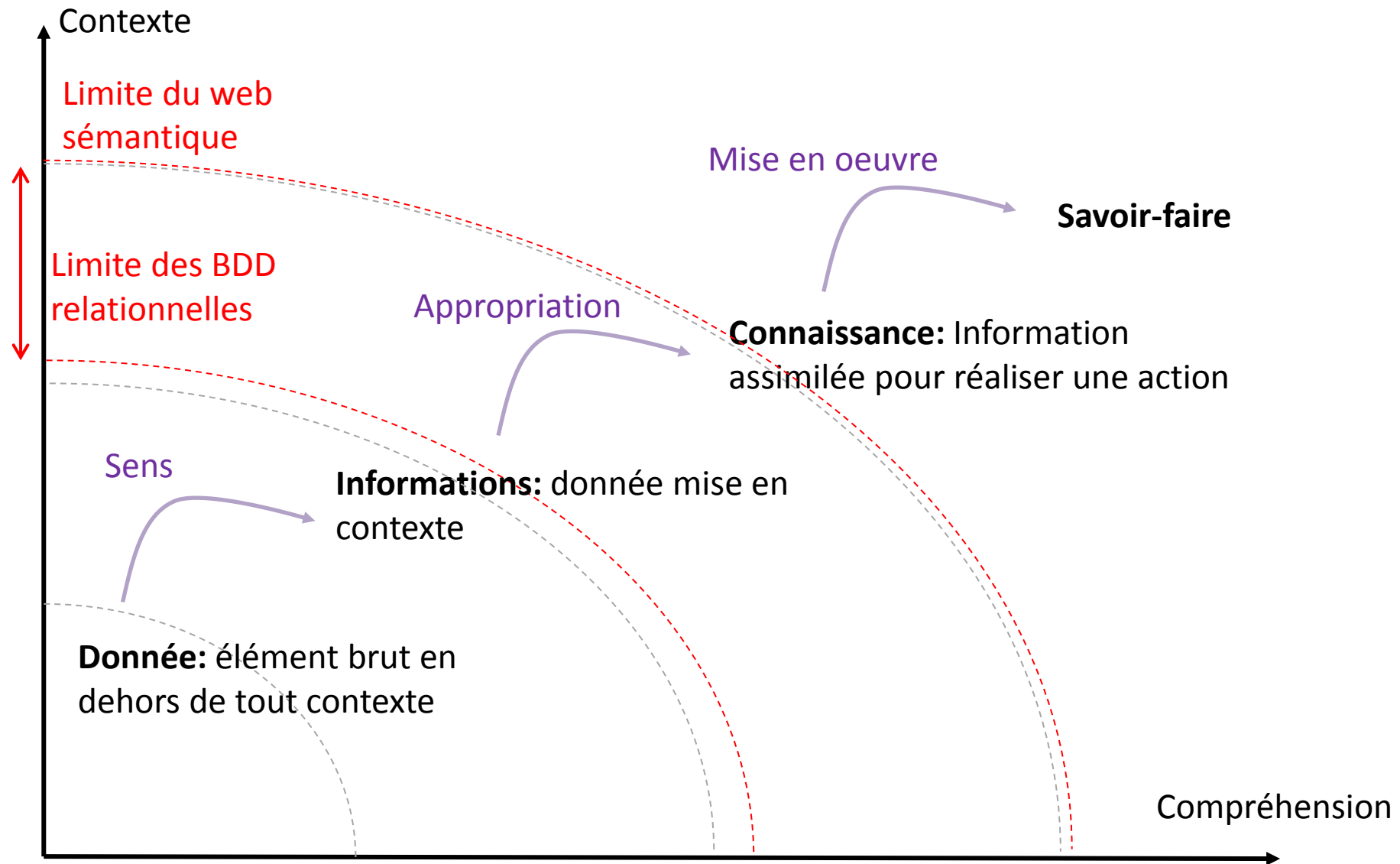
- Permet d'éviter l'insertion de données incorrectes dans le modèle
- Utilisé pour la validation, l'analyse et l'insertion de données
- **Un seul modèle qui contient seulement les faits insérés**

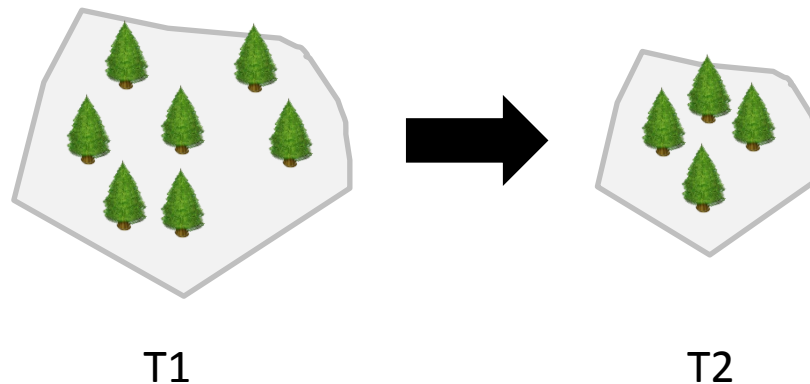


✓ **Axiomes logiques (monde ouvert)**

- Exemples: restrictions, domain/range
- Tout peut être vrai à moins de prouver le contraire
- **Plusieurs modèles possibles pour satisfaire les axiomes**
  - **Interprétation: peut causer des résultats d'inférences peu intuitifs**

## Contraintes



**Donnée:**

- un polygone de type « Forêt » à l'instant T1
- un polygone de type « Forêt » à l'instant T2
- La géométrie de T2 est plus petite que la géométrie de T1

**Information:**

- La taille de la forêt s'est réduite entre T1 et T2

**Connaissance:**

- On observe un phénomène de déforestation entre T1 et T2