Spatialisation et changements d'échelle

pierre.cantelaube@inrae.fr
INRAE, ODR

Zonages et données géographiques *; données auxiliaires permettant de changer d'échelle une variable statistique. Des possibilités et des précautions!*

Atelier modélisation défis de modélisation et de données face aux changements d'échelle : applications à l'agriculture, l'alimentation et l'environnement en sciences sociales
Demi-Journée d'étude Département EcoSocio, INRAE. 17 Décembre 2020

Zonages

Zonage = division d'un espace en aires « homogènes », un zonage est pertinent pour un sujet donné si les aires sont pertinentes au regard de ce sujet.

Vidal, C., Gallego, F.J., Kayadjanian, M.,2001,Geographical use of statistical data, methodological overview. in "Towards agri-environmental indicators", EEA Topic Report 6/2001, p 11-24.

Zonage = partition d'un espace en sous-espaces, en zones constituées par un ensemble de lieux contigus et ayant des caractères similaires, pour former des aires statistiquement homogènes

Hilal M. et Desbois D., 1996, « Définition de formes régionales particulières : les zonages agricoles », Etudes des phénomènes spatiaux en agriculture, pp. 135-142, Inra Editions, Paris.

1. Zonages, données géographiques
2. Des méthodes d'agrégation/désagrégation
3. Problèmes induits par les changements d'échelles

3 grands types de zonages

Zonages

Normatifs

administratifs

Réalités législatives
Reconnus par les 'autorités statistiques' nationales pour collecter et analyser l'information
disponibilité des données
Généralement connus également par un public large
Stabilité temporelle (~…)
Zonages hiérarchisés

Analytiques

thématiques

« ultra – adaptés » aux problématiques : constituent la ***meilleure approche territoriale***
mais … « ultra-spécifiques »

Grilles

Réguliers, maillages

L'usage de grille réduit les problèmes d'hypothèses sur la distribution spatiale de l'information !

Zonages

Normatifs

administratifs

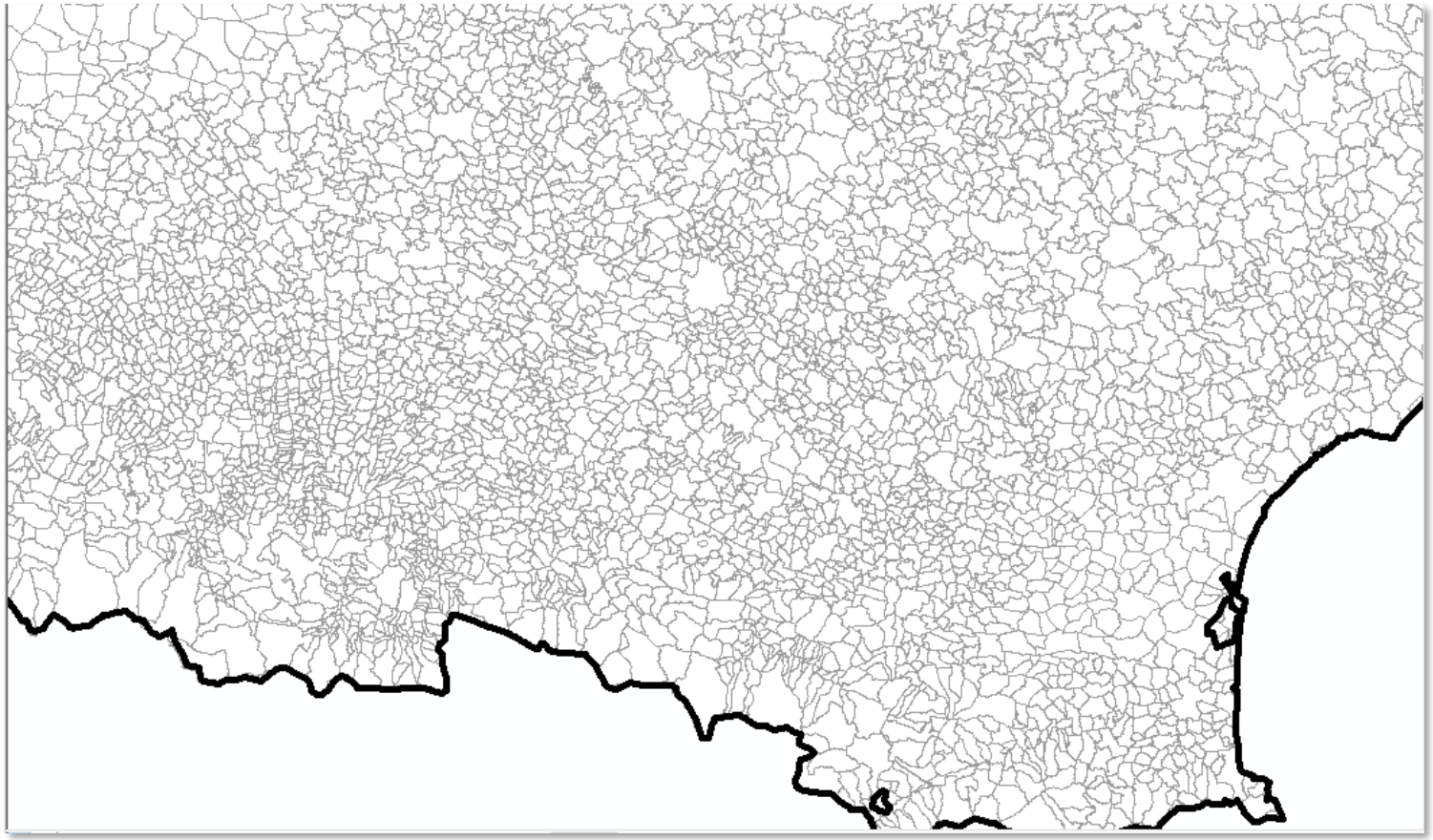
Limites définies selon des tâches assignés aux autorités locales, les volumes de « populations » correspondants permettent la mise en place avec succès de ces tâches

Zones administratives emboitées

Zonages

Normatifs

administratifs



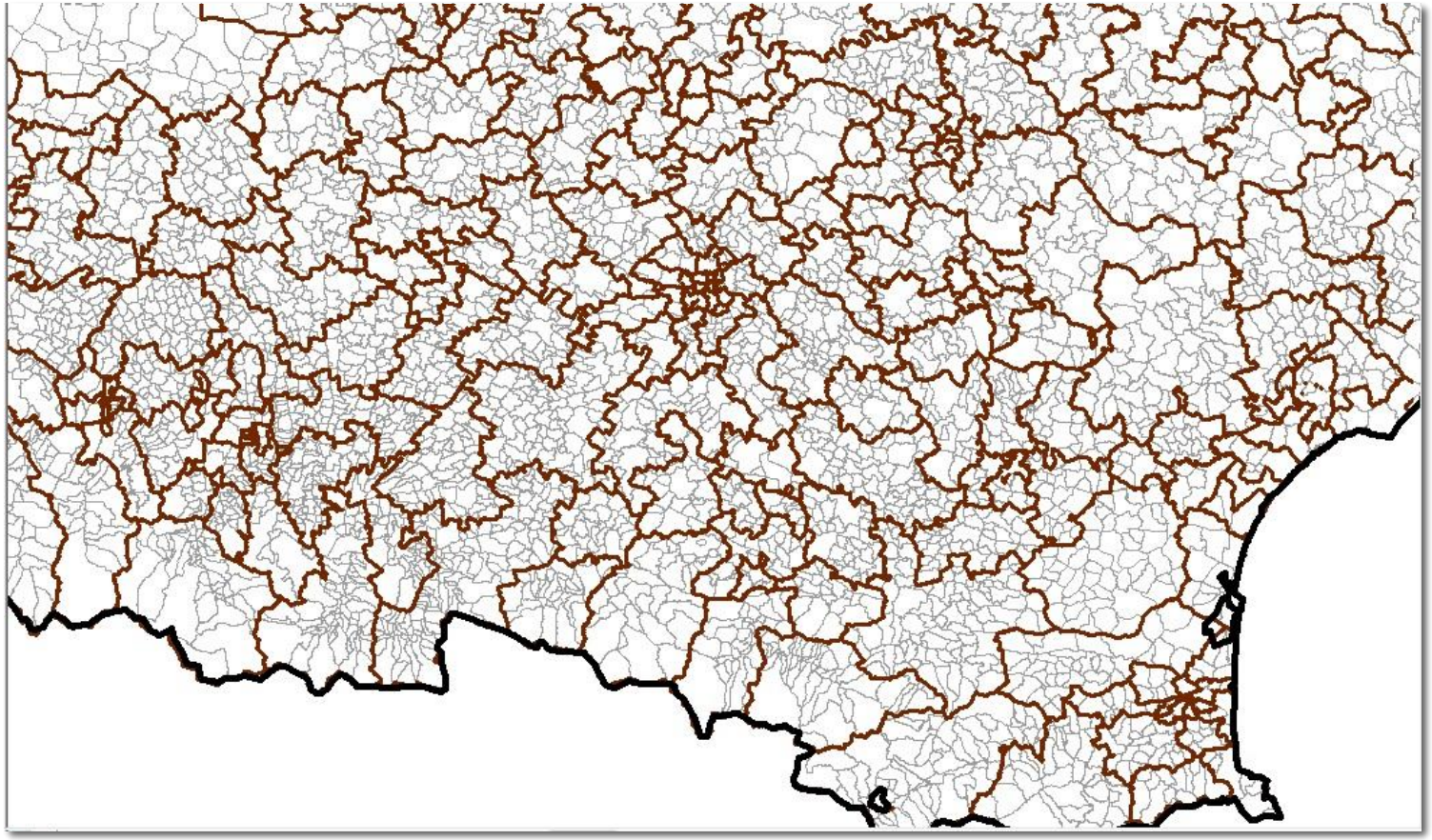
Zones administratives emboitées

Communes (LAU2) → Cantons (LAU1) → Départements (NUTS3) → Régions (NUTS2) → France (NUTS0)

Zonages

Normatifs

administratifs

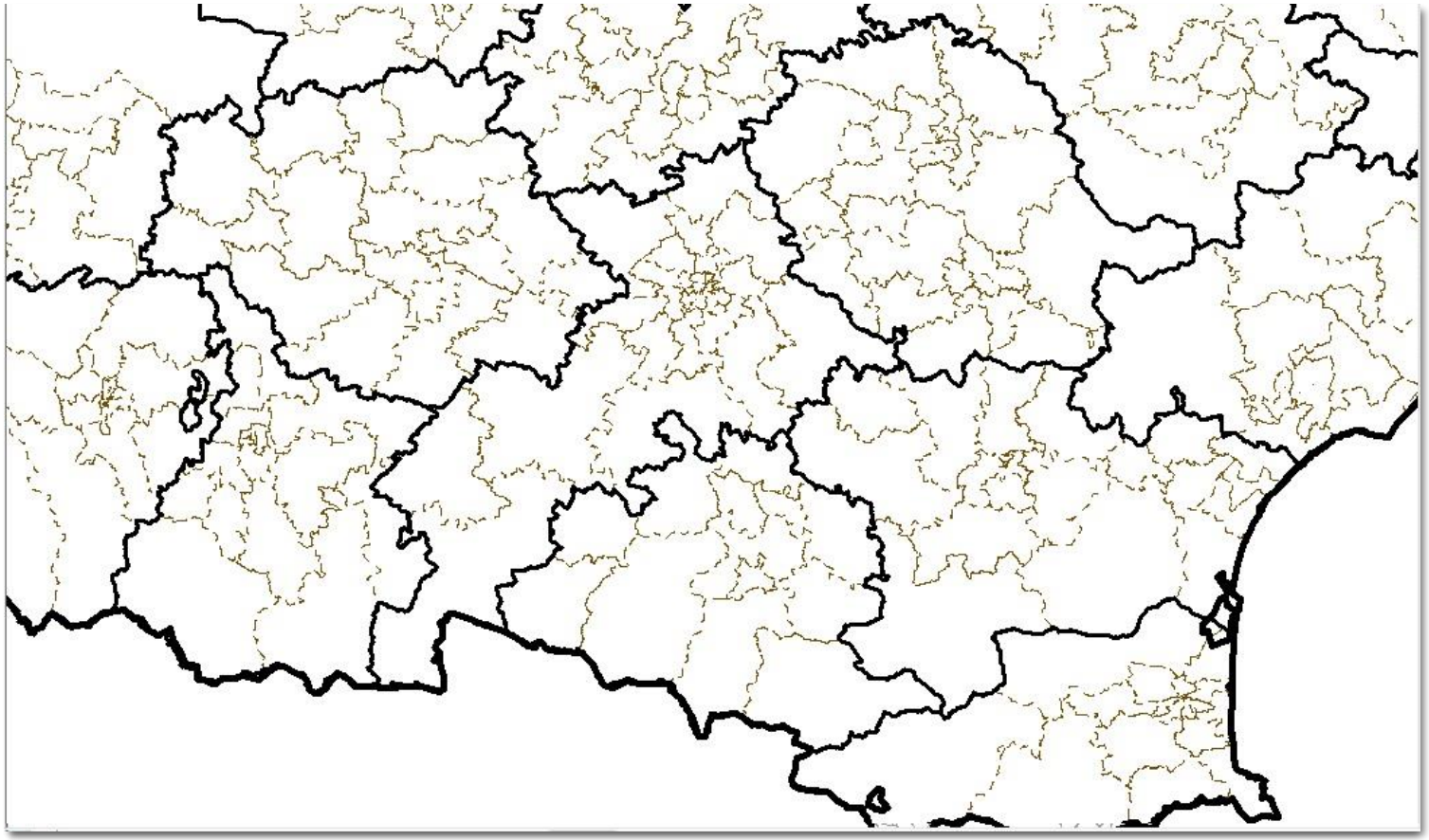


Zones administratives emboitées

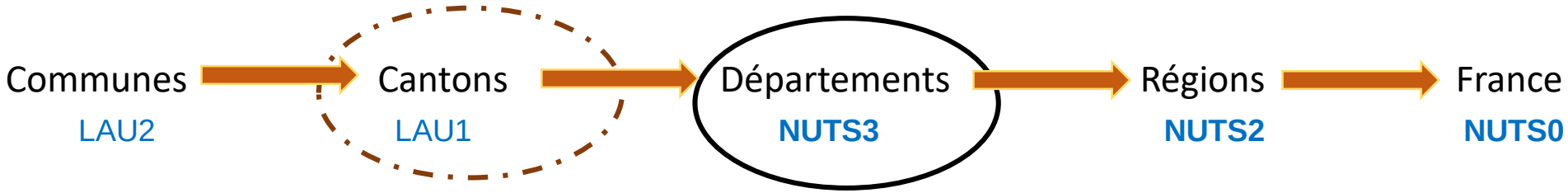
Zonages

Normatifs

administratifs



Zones administratives emboitées



Zonages

Analytiques

thématiques

Pour des thématiques particulières/sujets précis
Limites définies par des éléments
géographiques (nature des sols, pédologie, BDGSF),
topographie (bassins versants),
de biodiversité (Natura2000),
d'activité agricole (PRA, zones défavorisées, Régions fourragères),
de paysages, …

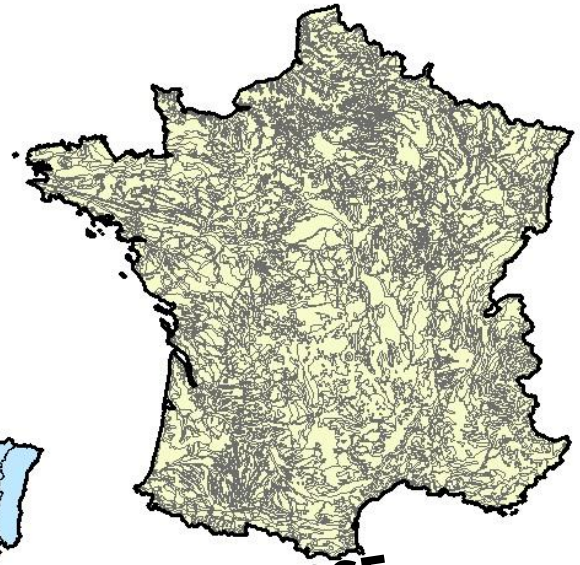
Zonages

PRA

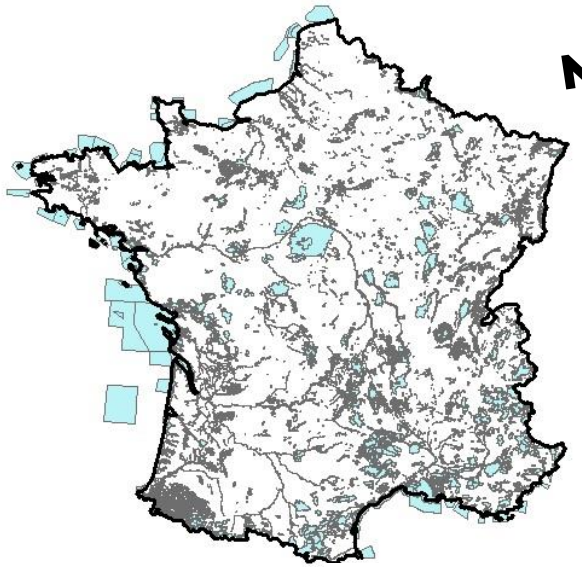
Sous Bassins DCE

Analytiques

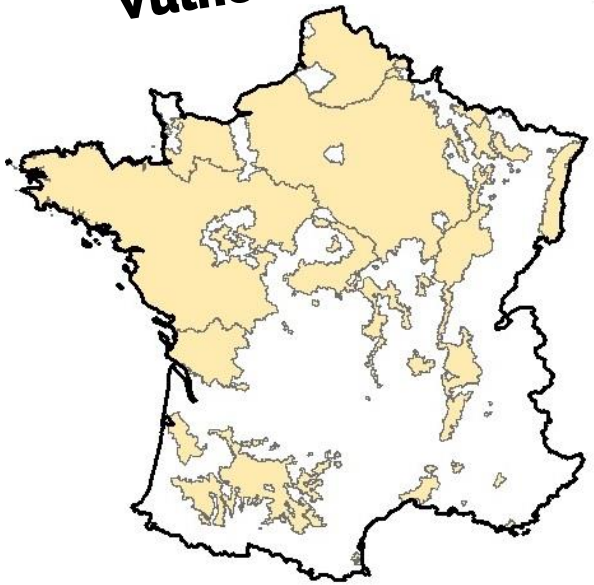
thématiques



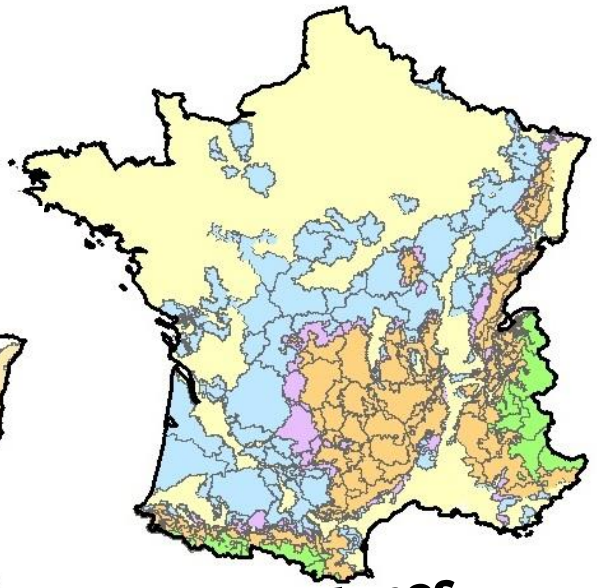
BDGSF sols



Natura 2000



Zones Vulnérables



Zones Défavorisées

Zonages

PRA

BDGSF
sols

Sous
Bassins
DCE

Analytiques

thématiques

Partition ?

Oui !

Non !

Zonages

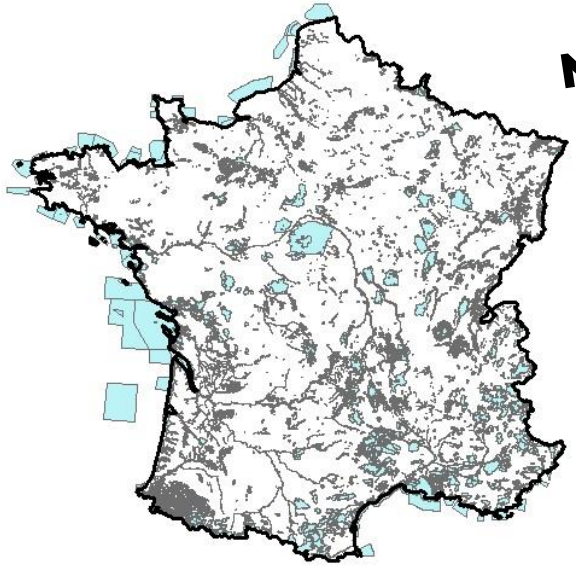
Analytiques

thématiques

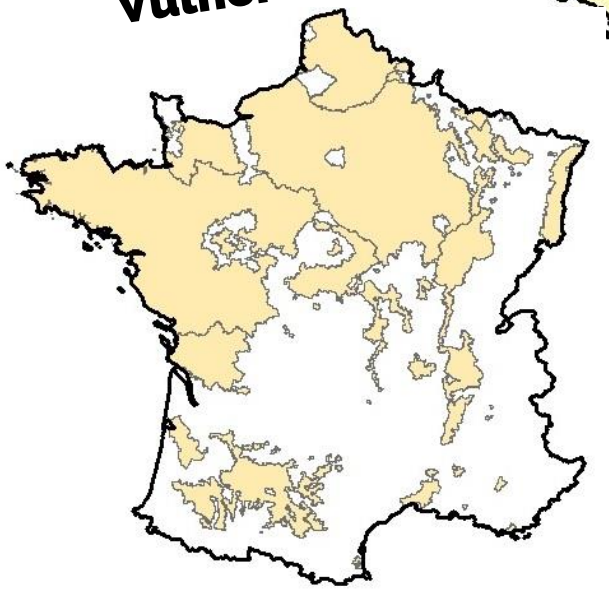
Partition ?

Oui !

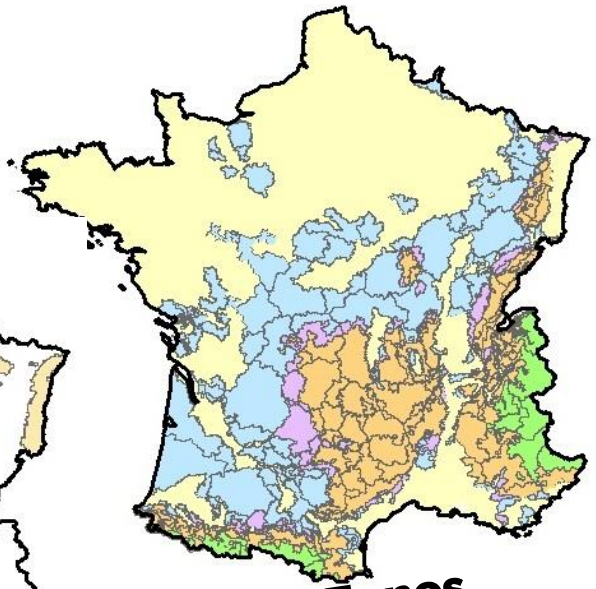
Non !



Natura 2000



Zones Vulnérables



Zones Défavorisées

Zonages

PRA

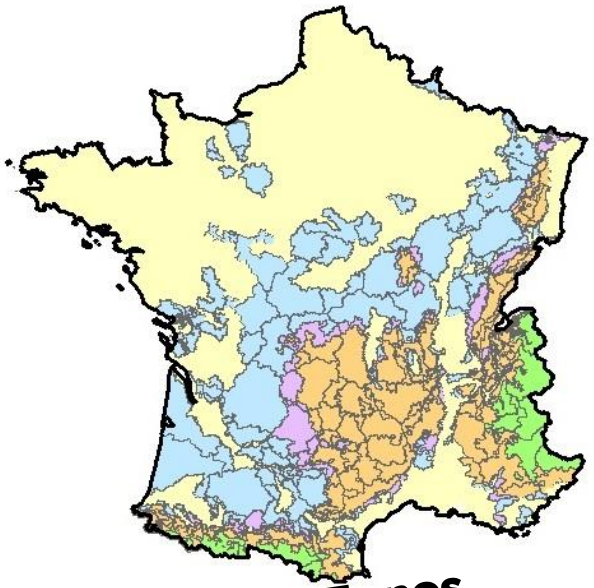
Sous Bassins DCE

Analytiques

thématiques

Construction dérivant de zones administratives ?

Oui !



Zones Défavorisées

Zonages

Normatifs

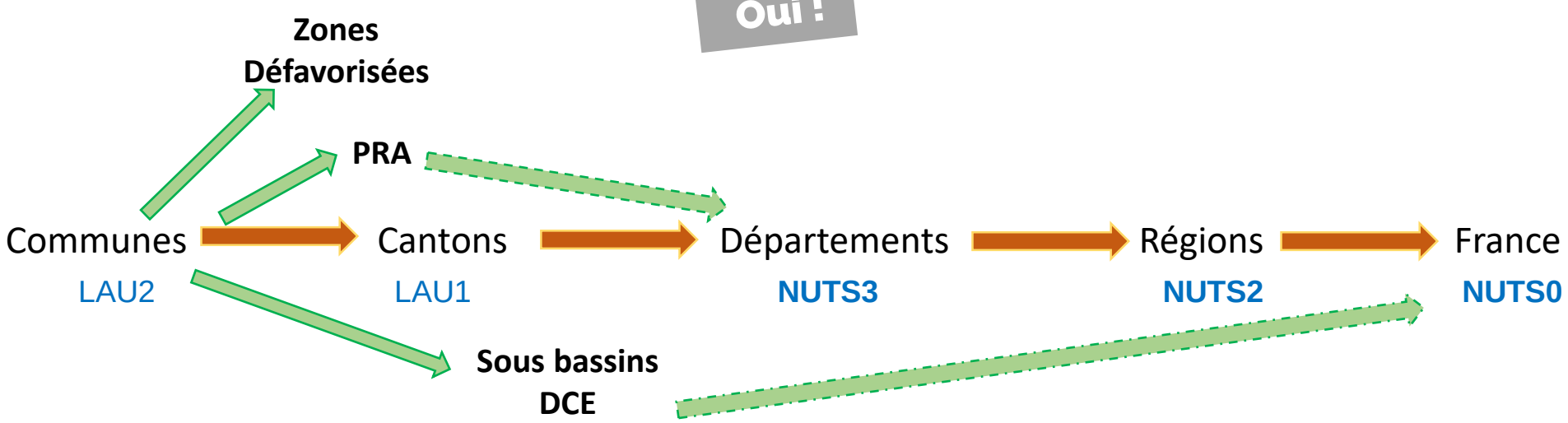
administratifs

Analytiques

thématiques

Construction dérivant de zones administratives ?

Oui !



Zonages

Grilles

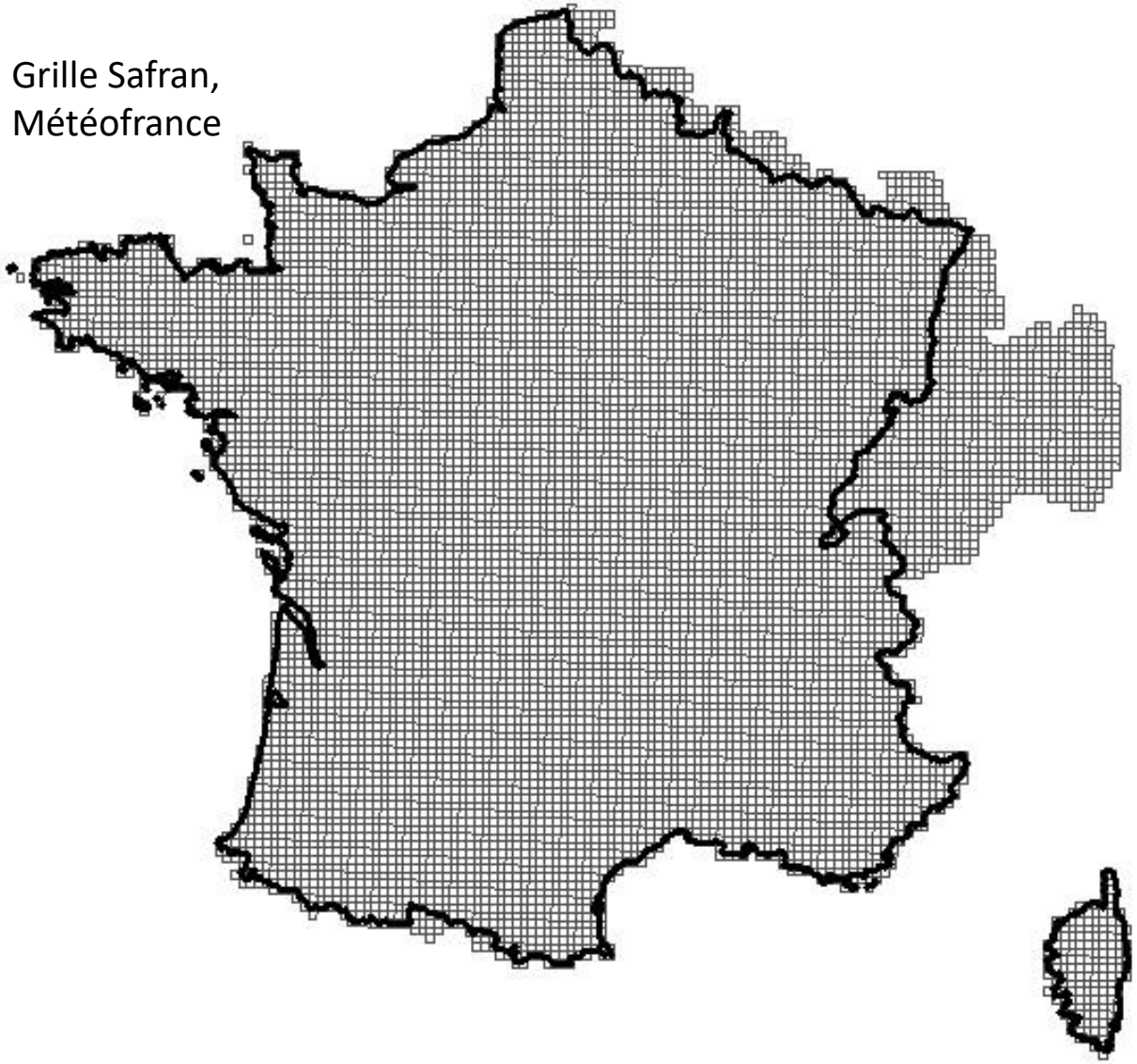
Réguliers, maillages

Le territoire est divisé en *cellules* de formes et de tailles égales

-Grilles Météo
-Modèles Numériques de Terrain (Altitude)
-Données issues de la télédétection
-Entrées/sorties de modèle
….

Zonages

Grille Safran, Météofrance



Grilles

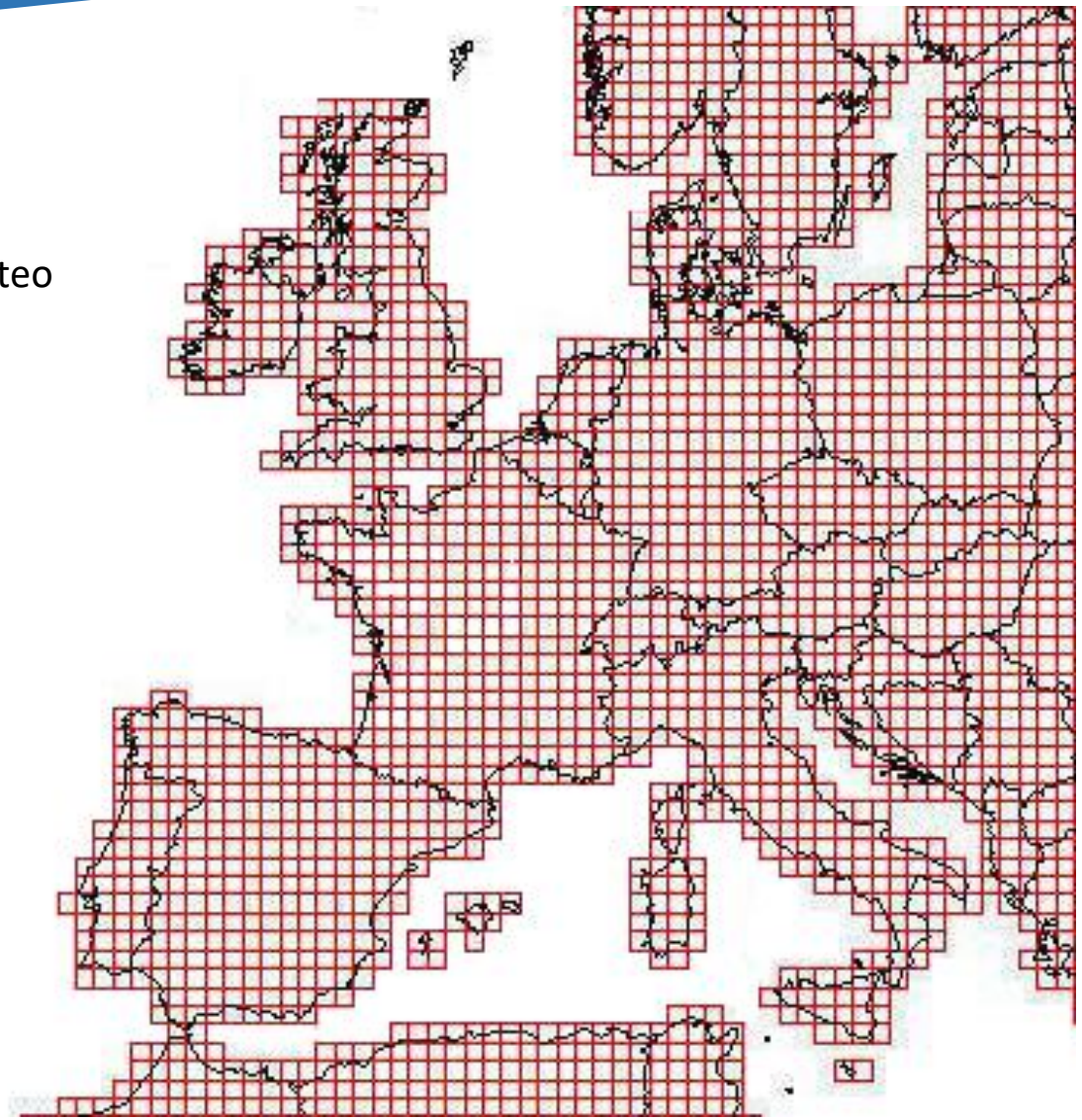
Réguliers, maillages

territoire est divisé en *cellules* de formes et de tailles égales

-**Grilles Météo**
-Modèles Numériques de Terrain (Altitude)
-Données issues de la télédétection
-Entrées/sorties de modèle
….

Zonages

Grille Meteo
Mars/JRC



http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/AGRI4CAST/Data-distribution

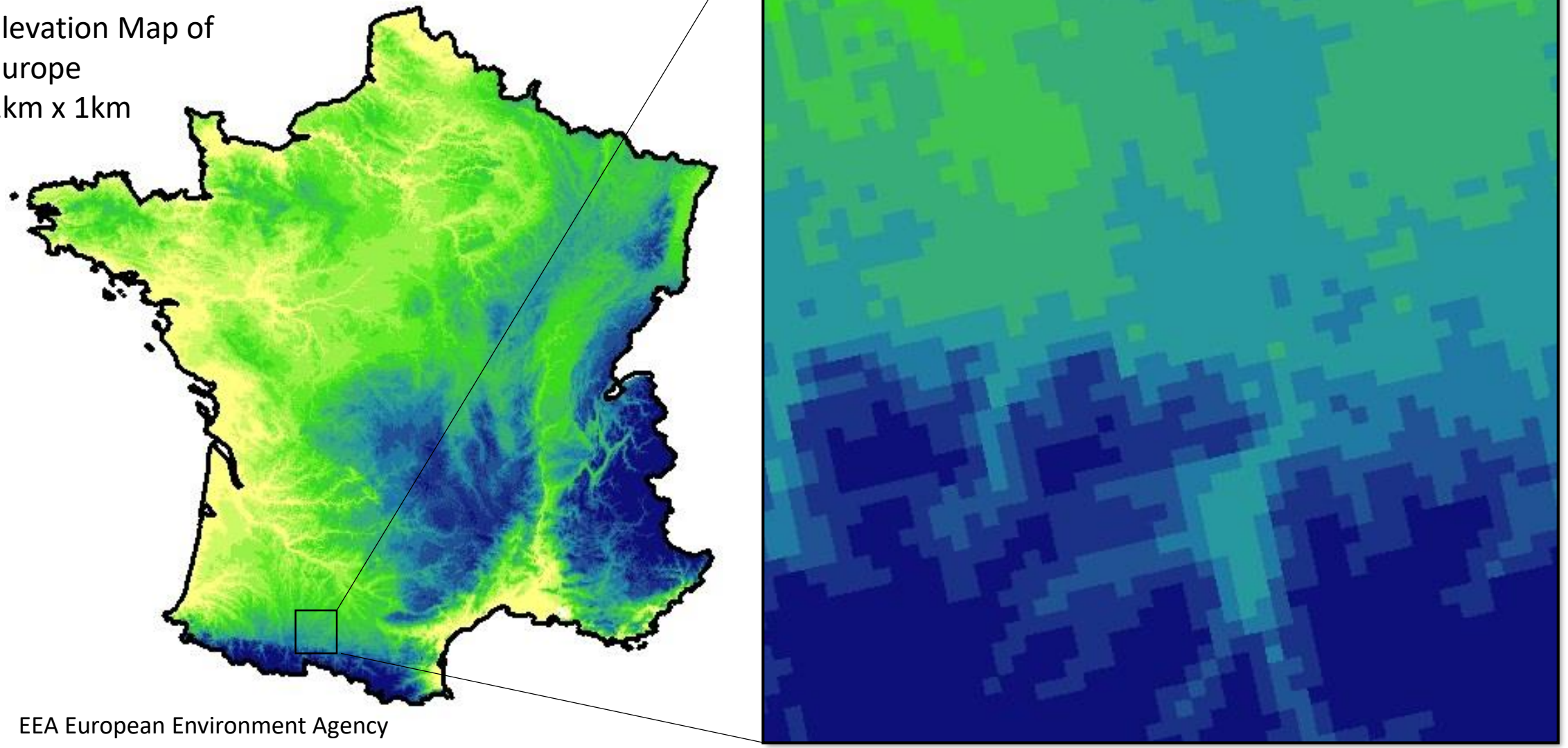
Grilles

Réguliers, maillages

-**Grilles Météo**
-Modèles Numériques de Terrain (Altitude)
-Données issues de la télédétection
-Entrées/sorties de modèle
….

Zonages

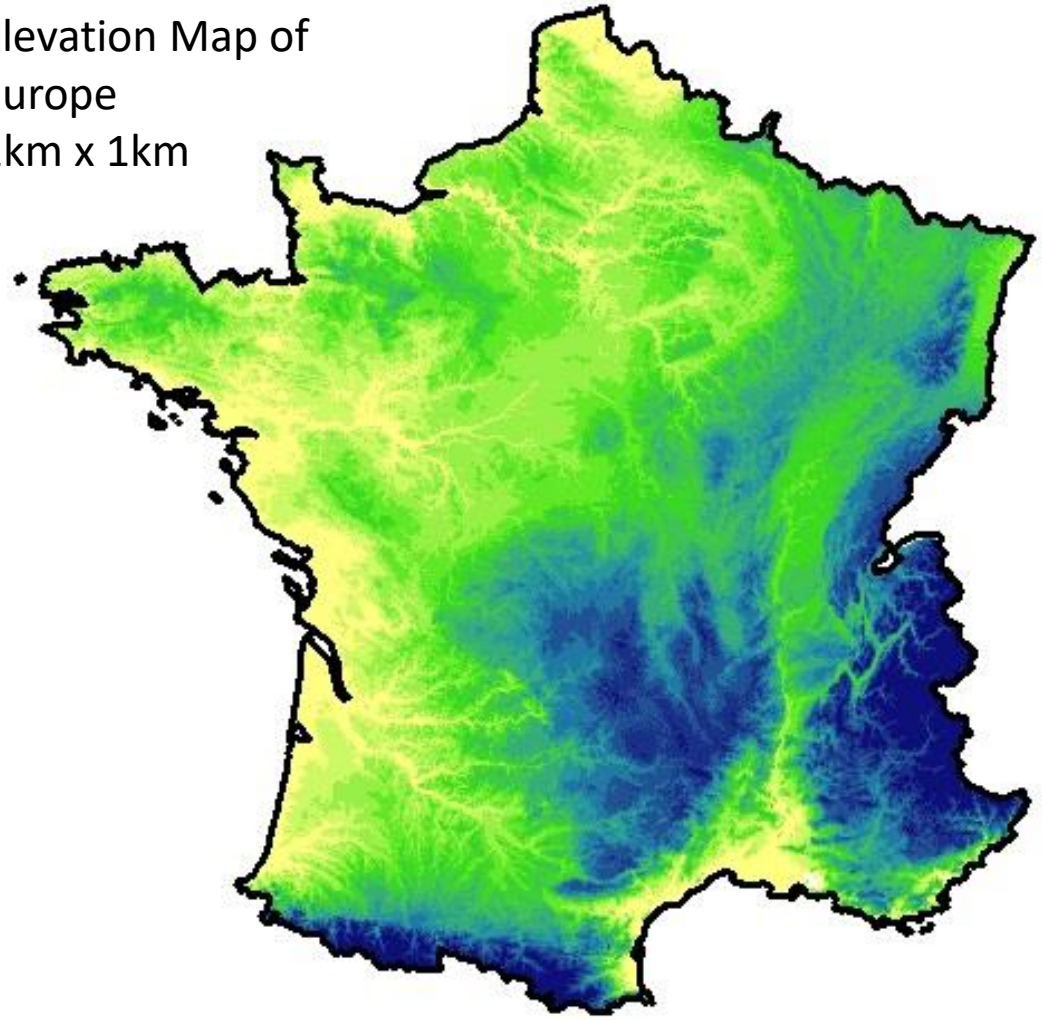
Elevation Map of Europe
1km x 1km



EEA European Environment Agency

Zonages

Elevation Map of
Europe
1km x 1km



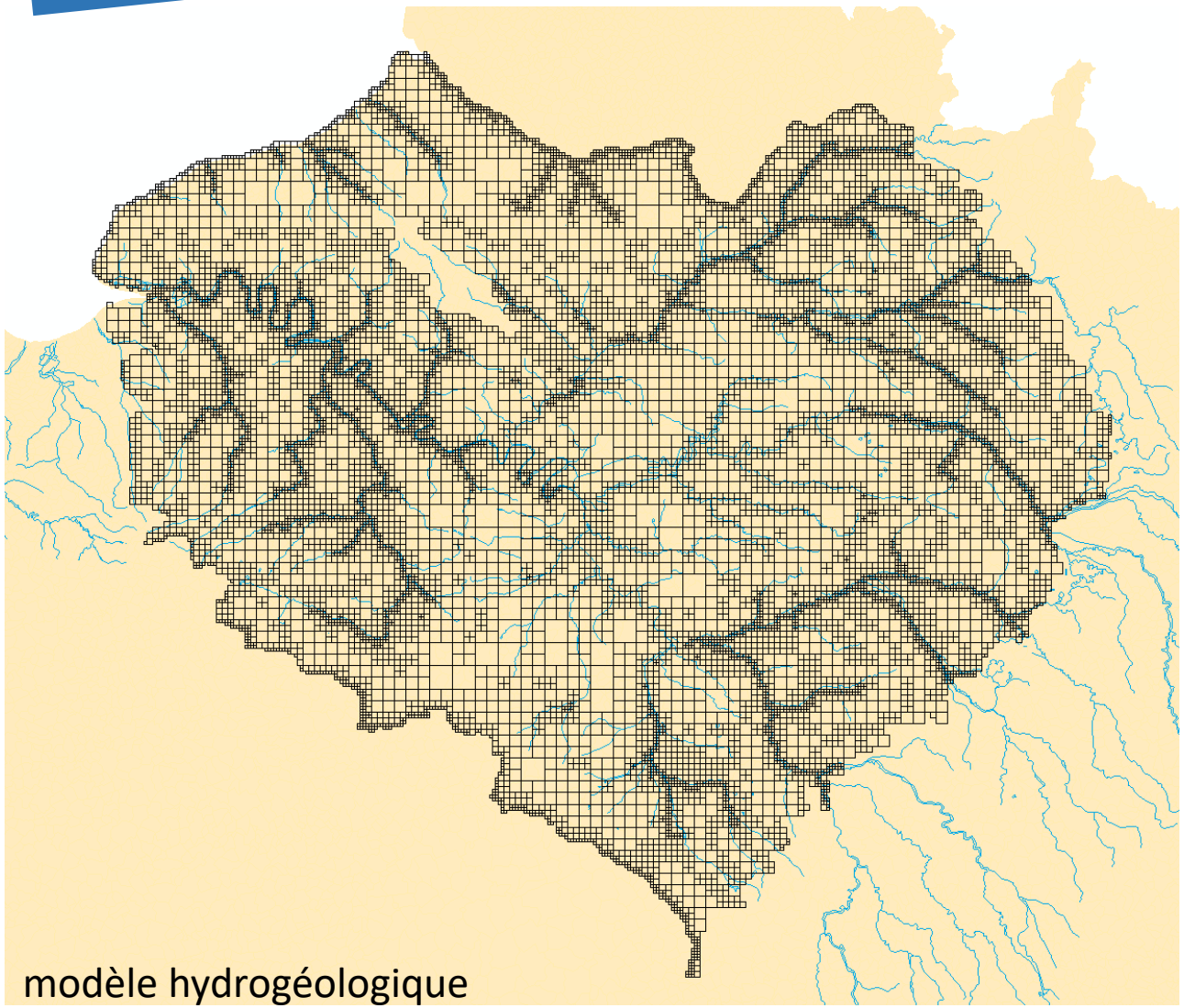
EEA European Environment Agency

Grilles

Réguliers, maillages

-Grilles Météo
-**Modèles Numériques de Terrain** (Altitude)
-Données issues de la télédétection
-Entrées/sorties de modèle
….

Zonages



modèle hydrogéologique

MODCOU (Géosciences de Mines-ParisTech)

Simulation du bilan hydrique et des débits des grands bassins versants français

Grilles

Réguliers, maillages

-Grilles Météo
-Modèles Numériques de Terrain (Altitude)
-Données issues de la télédétection
-**Entrées/sorties de modèle**
….

Grille irrégulière
3 tailles de cellules
2 x 2 km
4 x 4 km
8 x 8 km

Zonages

D'un point de vue numérique, informatique ; ces zonages sont représentés par des objets :
des **données géographiques**

- **Vectoriel** : fichiers de formes (Shapefile) : contour des zones
  (succession de points associés à leurs coordonnées spatiales)

- **Raster** : grilles géoréférencées, images géoréférencées

Normatifs

Analytiques

Grilles

Normes !

Directive INSPIRE

établir en Europe une infrastructure de données géographiques pour assurer l'interopérabilité entre bases de données et faciliter la diffusion, la disponibilité, l'utilisation et la réutilisation de l'information géographique en Europe

Liens INSPIRE/IGN

▶ **Projections officielles**
Métadonnées, etc.

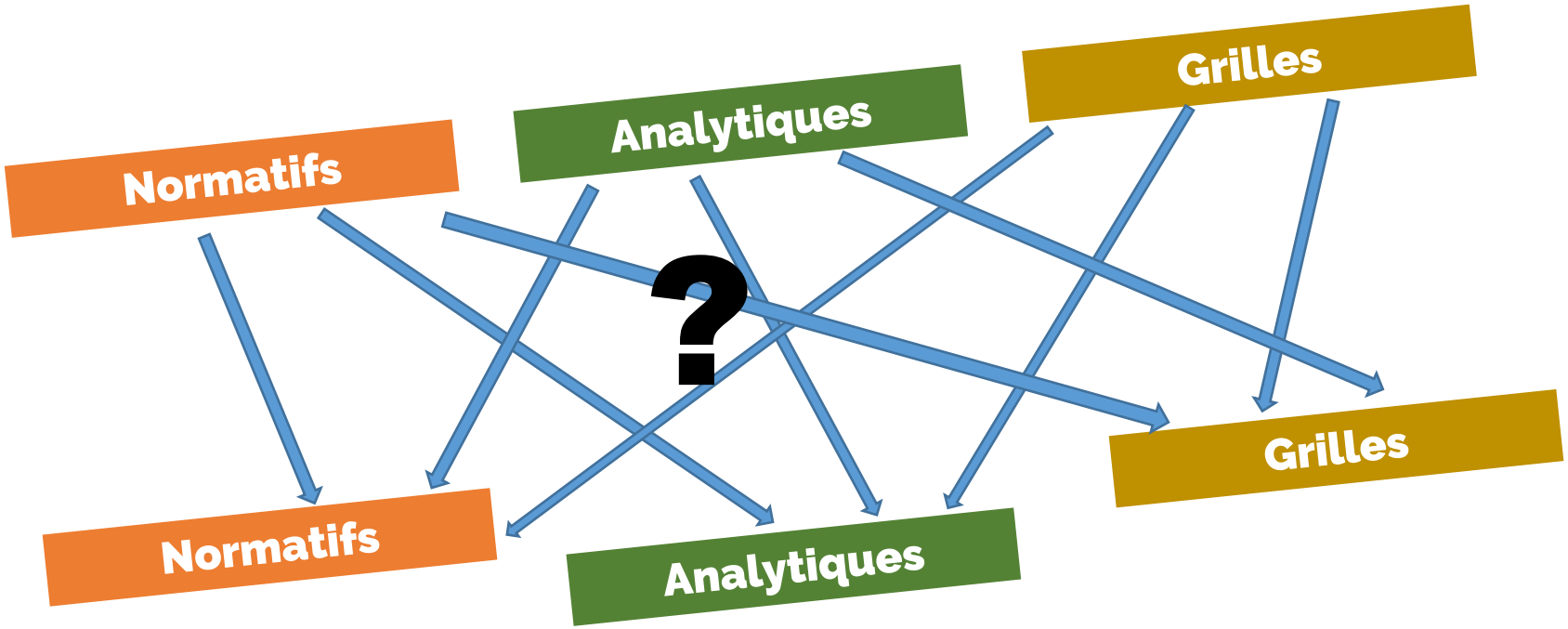
Outils de traitements de ces données :
les **Systèmes d'Information Géographiques** (SIG)

-Calculs de distances, **calcul d'aires**,..
-Superposition : entre *2 (ou +) couches de données géographiques : relations d'inclusion ;*
intersection, union, ..

Zonages

Agrégation

Désagrégation



Agrégation **Désagrégation**

2 étapes :

❶ Croisement des entités géographiques

Intersection des unités : relations entre une unité ***source*** et une unité ***cible***

relation d'inclusion, surfaces communes ou distinctes..

2 opérations SIG : intersection d'objets géographiques + calcul de la surface des entités créées par l'intersection

❷ Agrégation / Désagrégation

Opération qui consiste à transférer des données d'une unité ***source*** vers une unité ***cible***

Agrégation : des unités sources forment une subdivision *de l'unité cible*

Désagrégation : les unités cibles sont des subdivisions *de l'unité source*

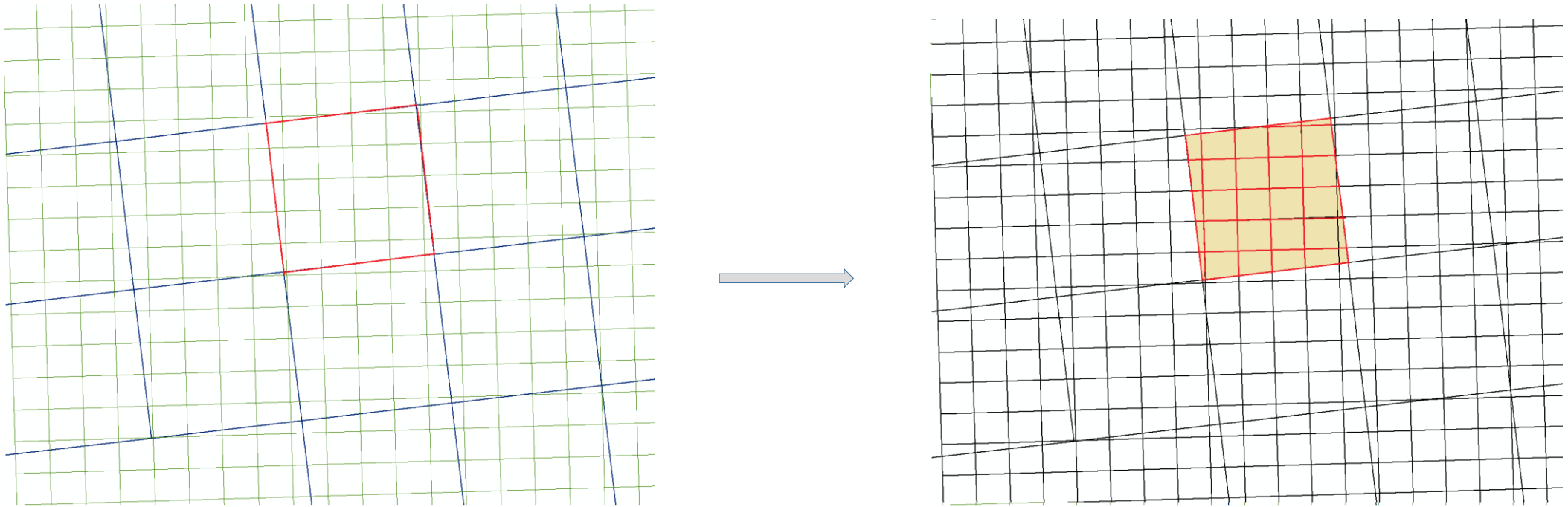
Tâches SIG

❶ Croisement des entités géographiques

Intersection des unités : relations entre une unité ***source*** et une unité ***cible***

relation d'inclusion, surfaces communes ou distinctes..

2 opérations SIG : intersection d'objets géographiques + calcul de la surface des entités créées par l'intersection



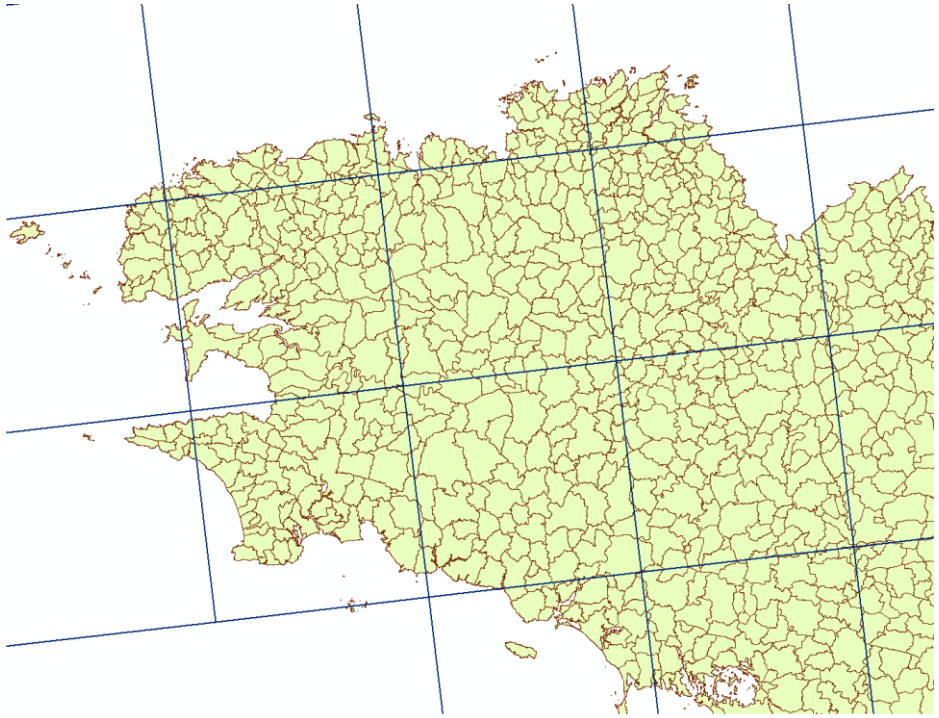
Tâches SIG

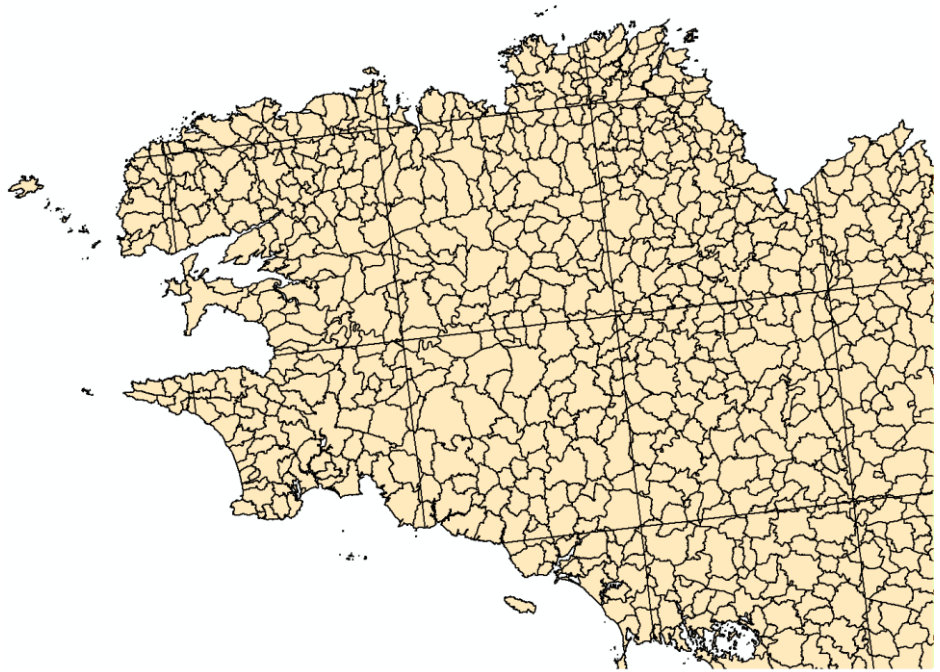
❶ Croisement des entités géographiques

Intersection des unités : relations entre une unité ***source*** et une unité ***cible***

relation d'inclusion, surfaces communes ou distinctes..

2 opérations SIG : intersection d'objets géographiques + calcul de la surface des entités créées par l'intersection





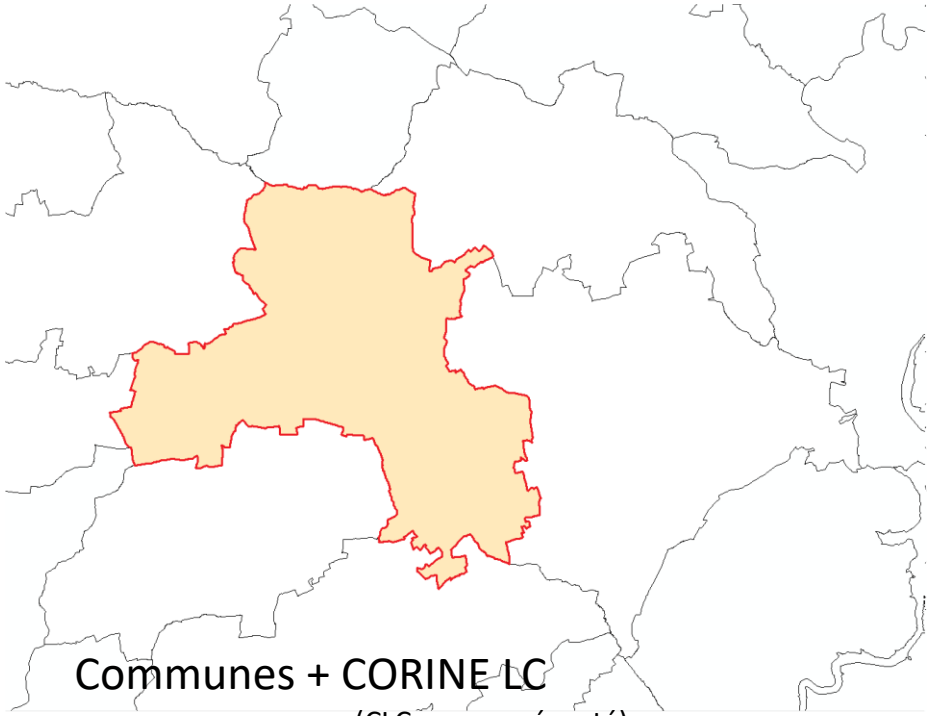
Tâches SIG

❶ Croisement des entités géographiques

Intersection des unités : relations entre une unité ***source*** et une unité ***cible***

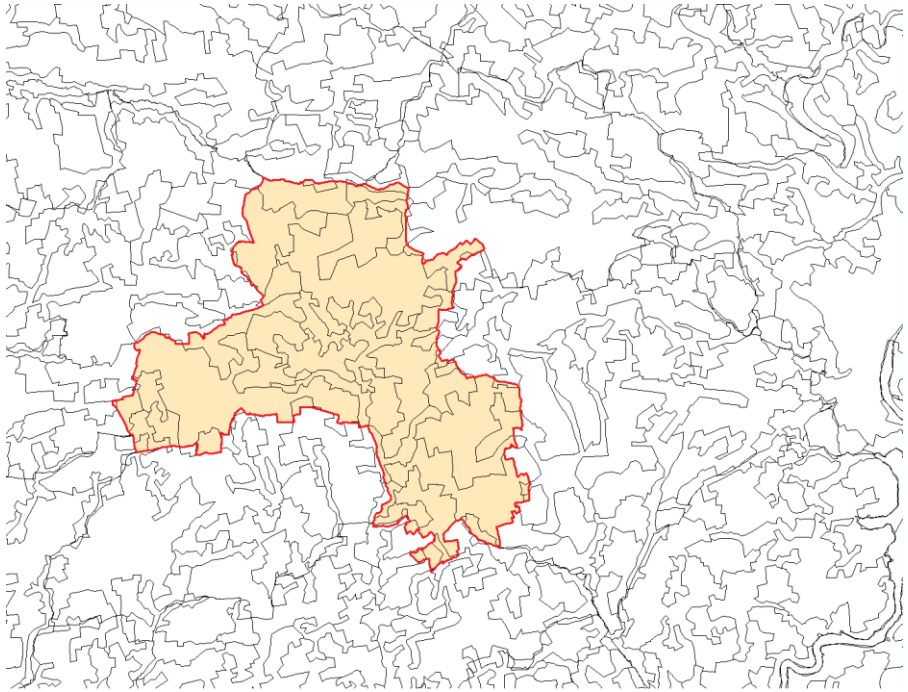
relation d'inclusion, surfaces communes ou distinctes..

2 opérations SIG : intersection d'objets géographiques + calcul de la surface des entités créées par l'intersection

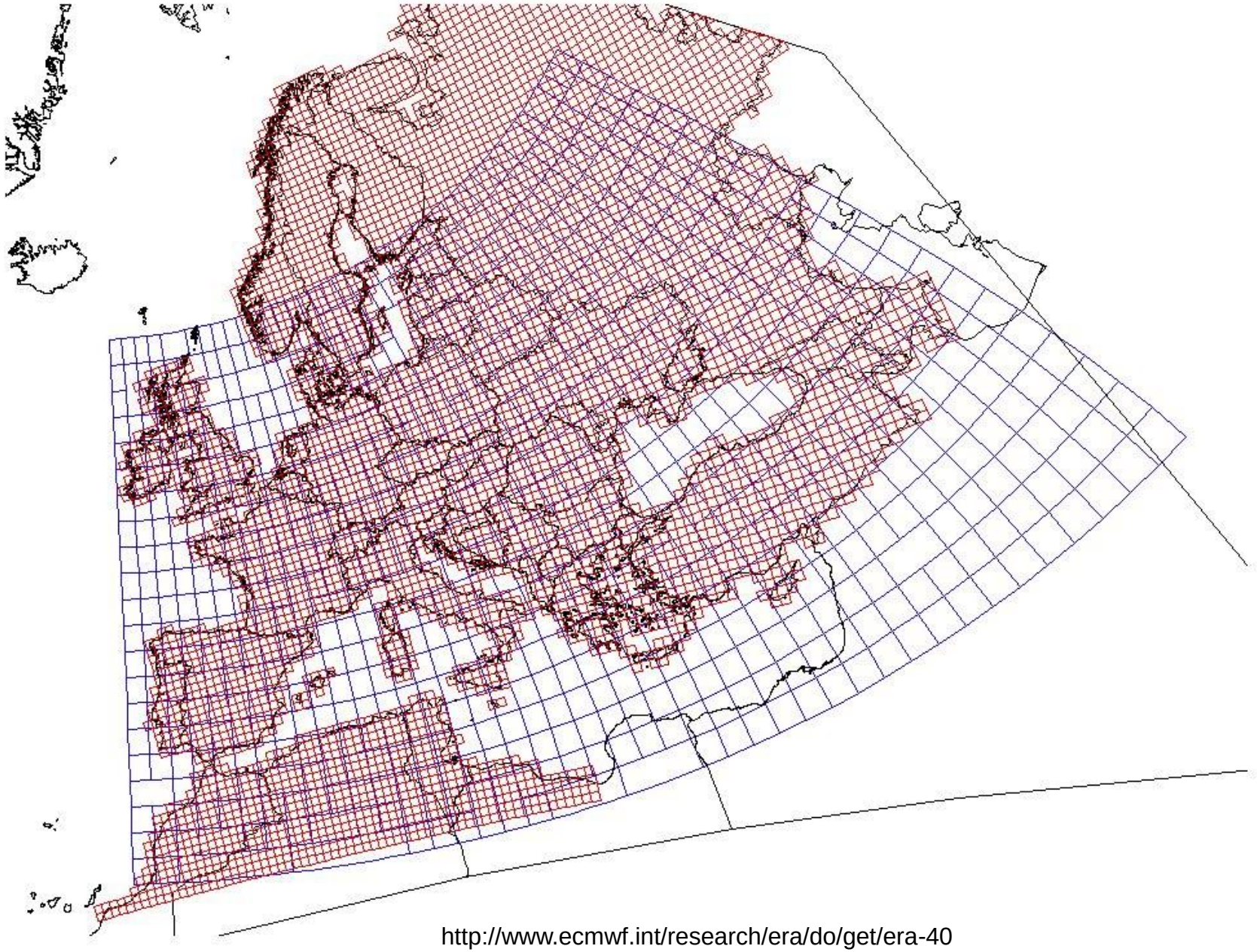


Communes + CORINE LC

(CLC non représenté)



Tâches SIG



Grille CGMS-MARS (EU- JRC)
MARS project
Institute for Environment and Sustainability
25x25 km

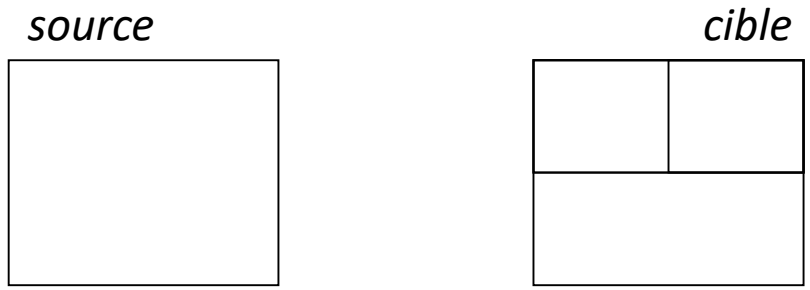
Grille ECMWF
ERA 40 (Re-Analysis)
1.5 x 1.5 °

http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-40

Désagrégation

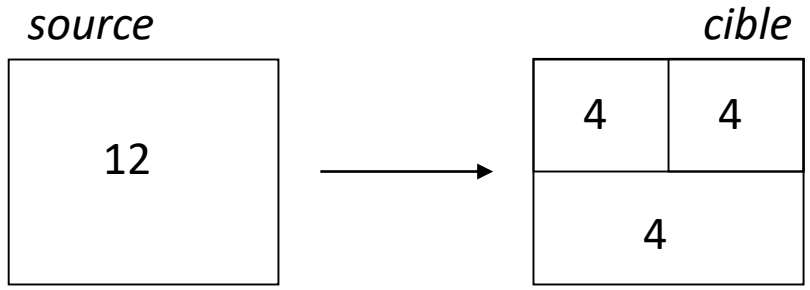
❶ **Croisement des entités géographiques**

schématiquement :



❷ **Désagrégation**

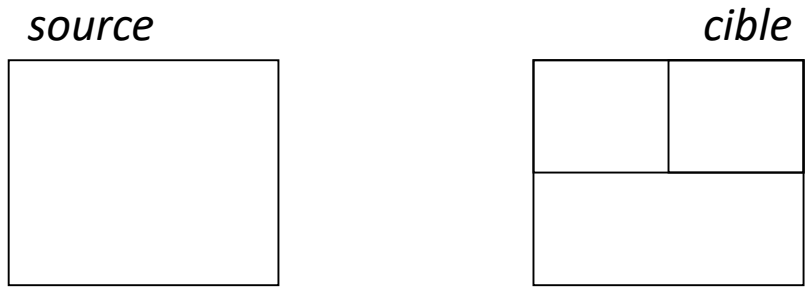
Désagrégation par ***égalité*** (« naïve »)



Désagrégation

❶ Croisement des entités géographiques

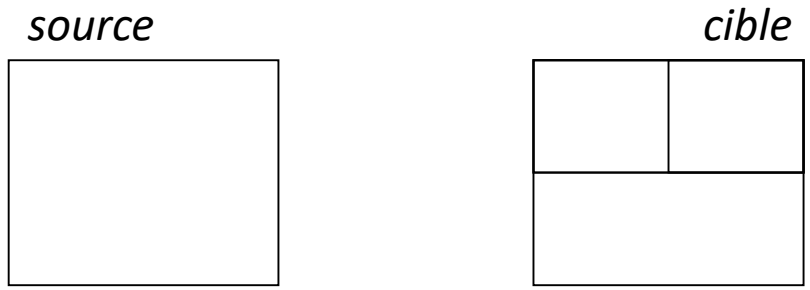
schématiquement :



Désagrégation

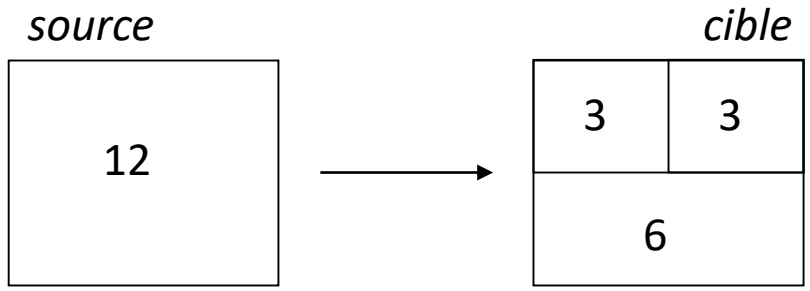
❶ **Croisement des entités géographiques**

schématiquement :



❷ **Désagrégation**

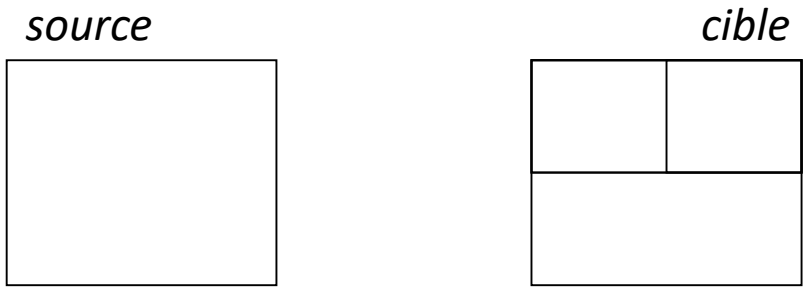
Désagrégation par ***pondération par les surfaces*** *(Proportionnel à l'aire)*



Désagrégation

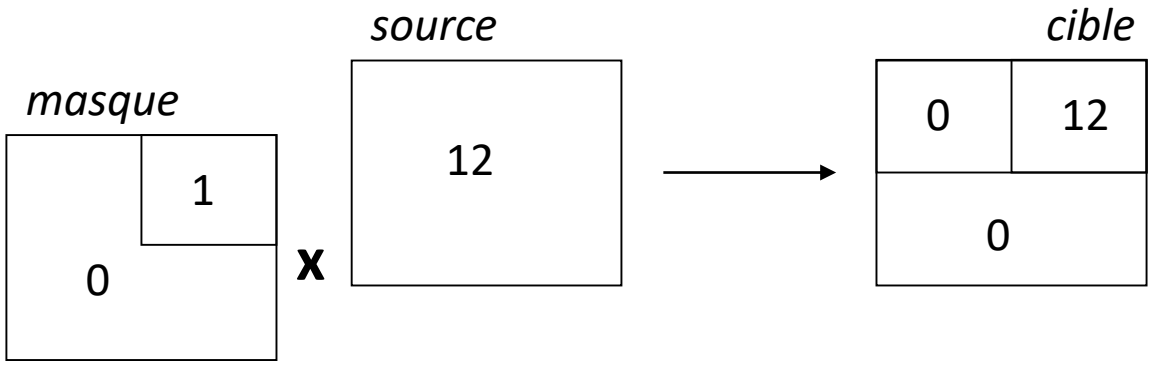
❶ **Croisement des entités géographiques**

schématiquement :



❷ **Désagrégation**

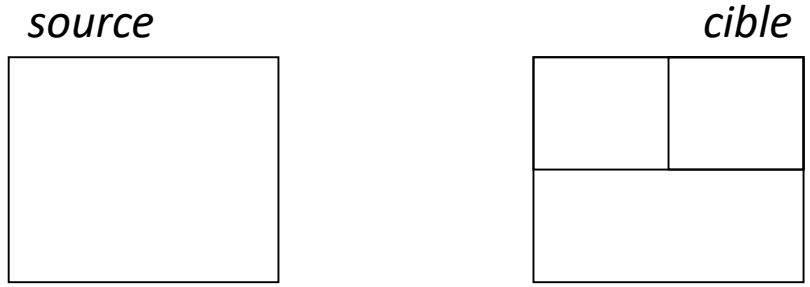
Désagrégation par *exclusion*
en utilisant un ***masque***



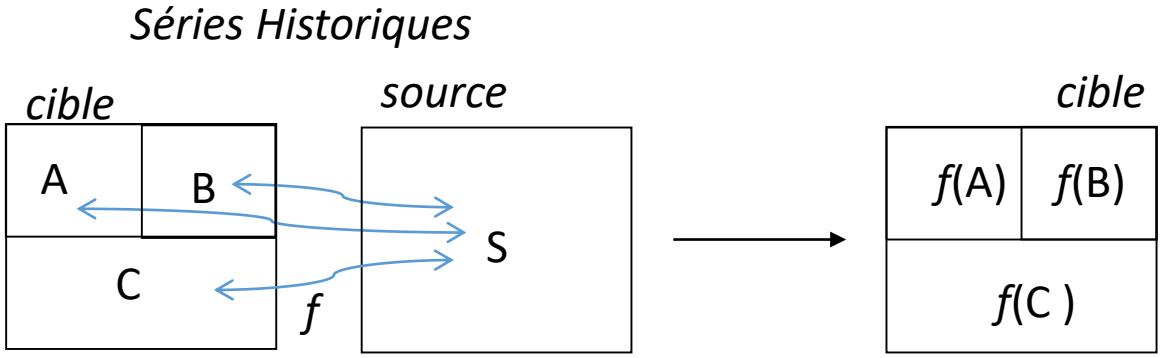
Désagrégation

❶ **Croisement des entités géographiques**

schématiquement :



❷ **Désagrégation**



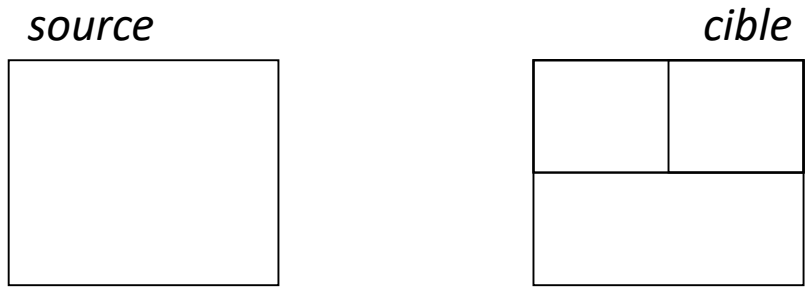
Désagrégation par ‘transfert statistique’

Statistical downscaling (météo/climatologie)

Désagrégation

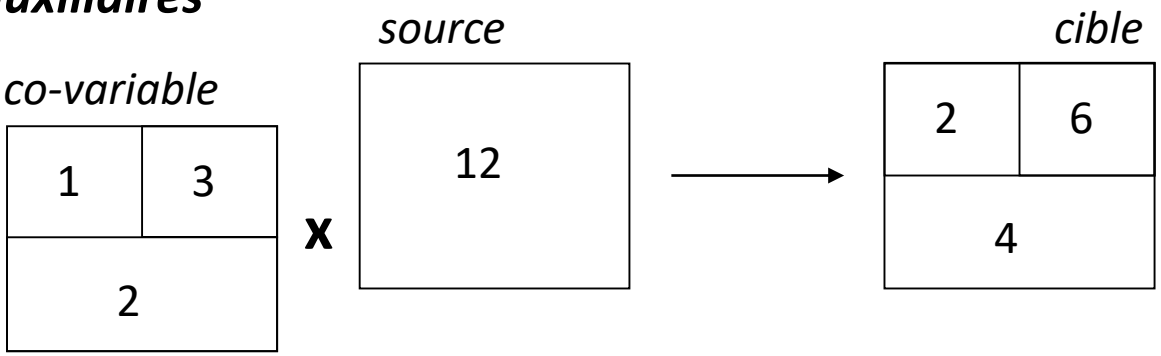
❶ Croisement des entités géographiques

schématiquement :



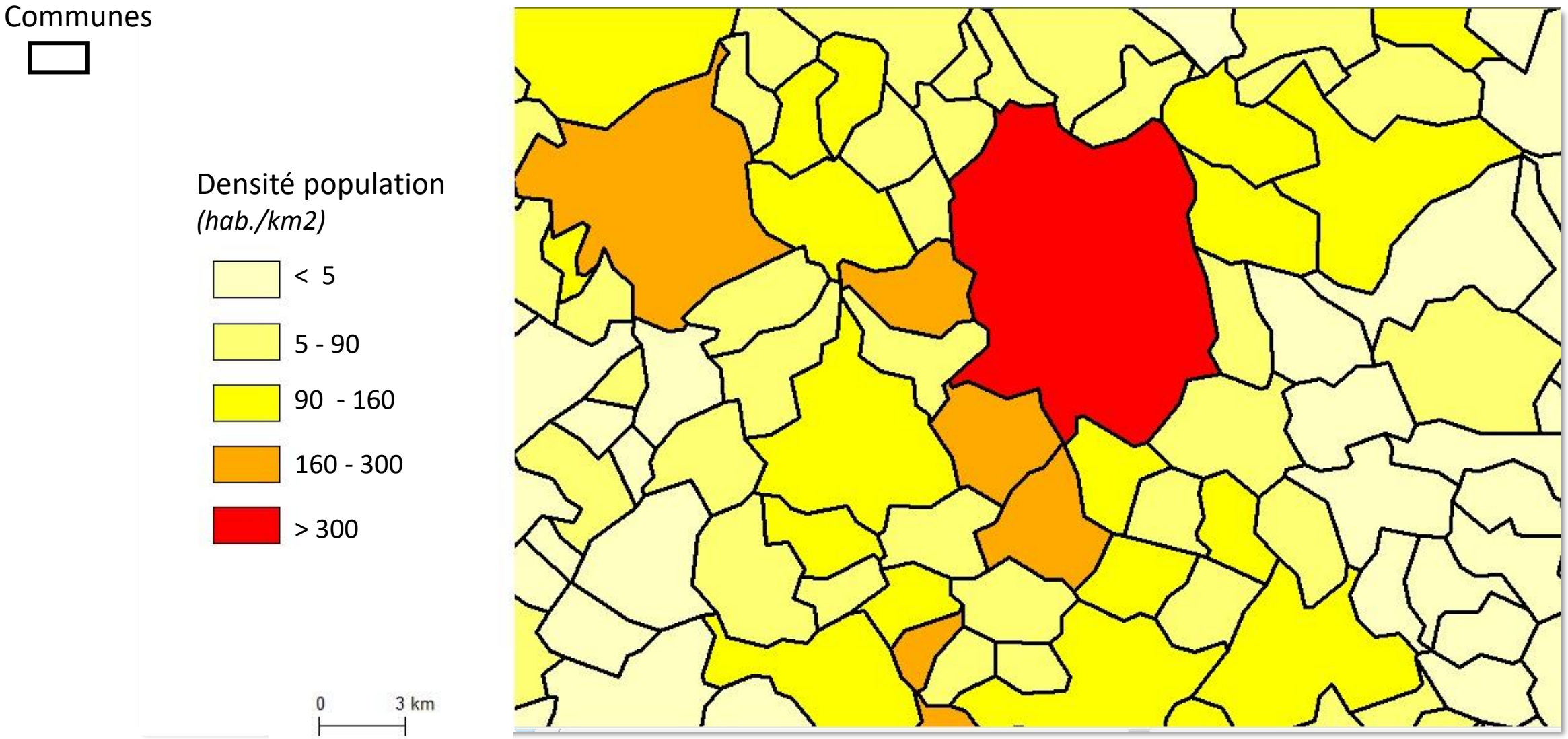
❷ Désagrégation

Désagrégation par ***Co-Variable***
Utilisation de ***données auxiliaires***



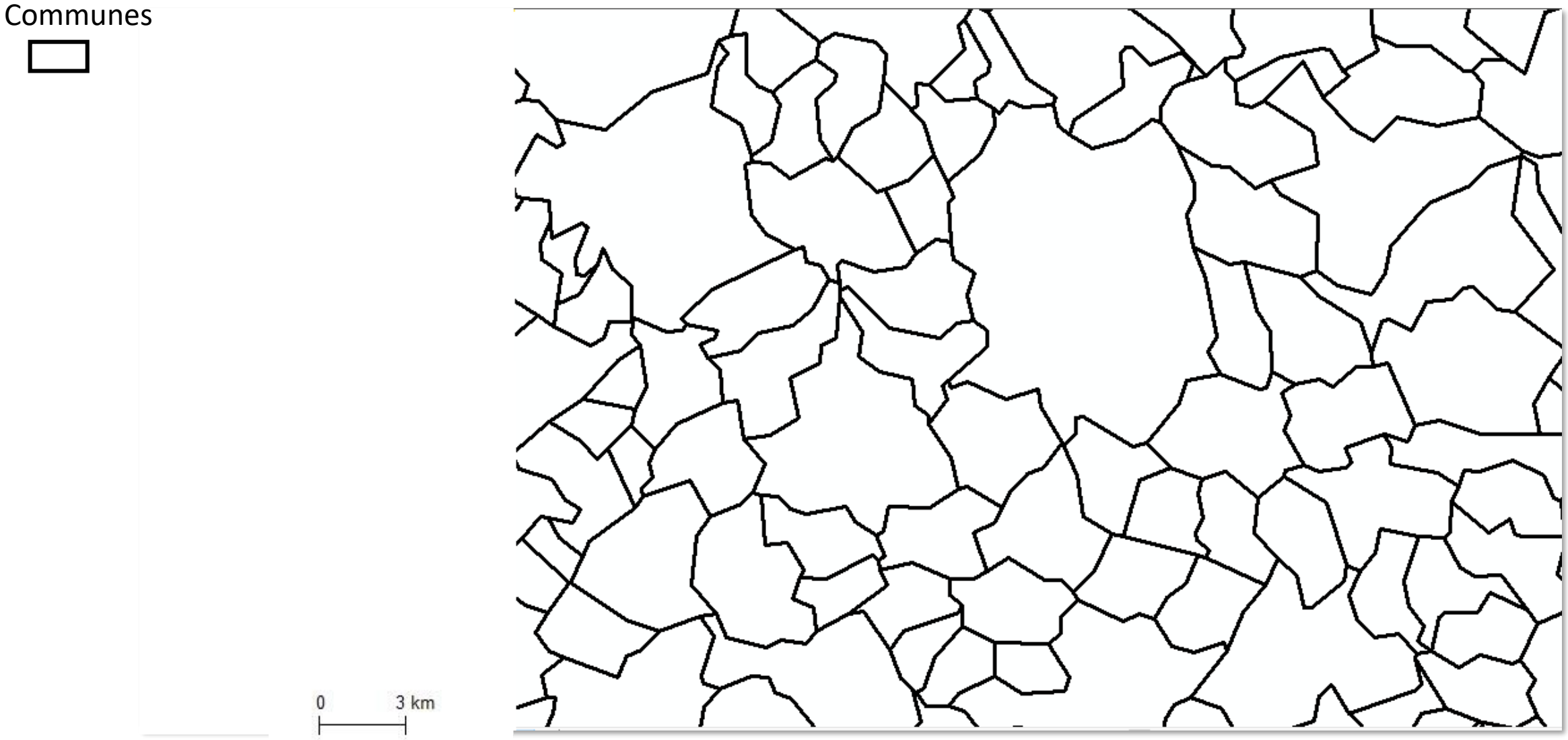
Désagrégation par ***Co-Variable***

Utilisation de ***données auxiliaires***



Désagrégation par ***Co-Variable***

Utilisation de ***données auxiliaires***

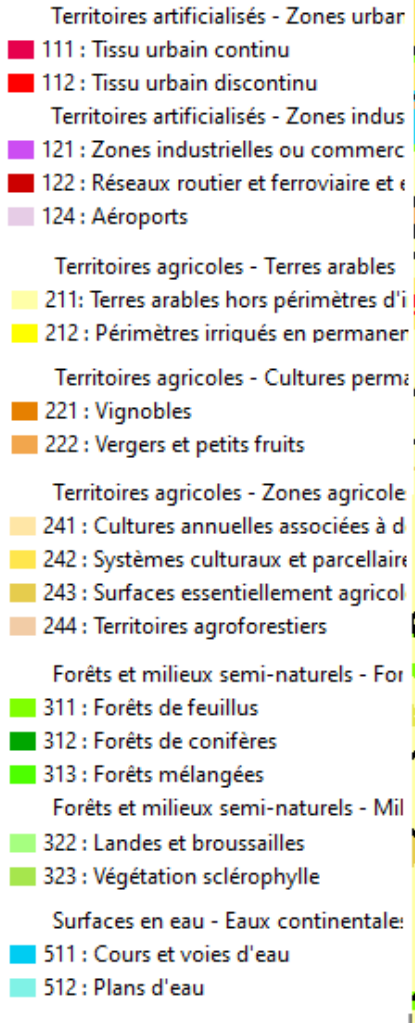


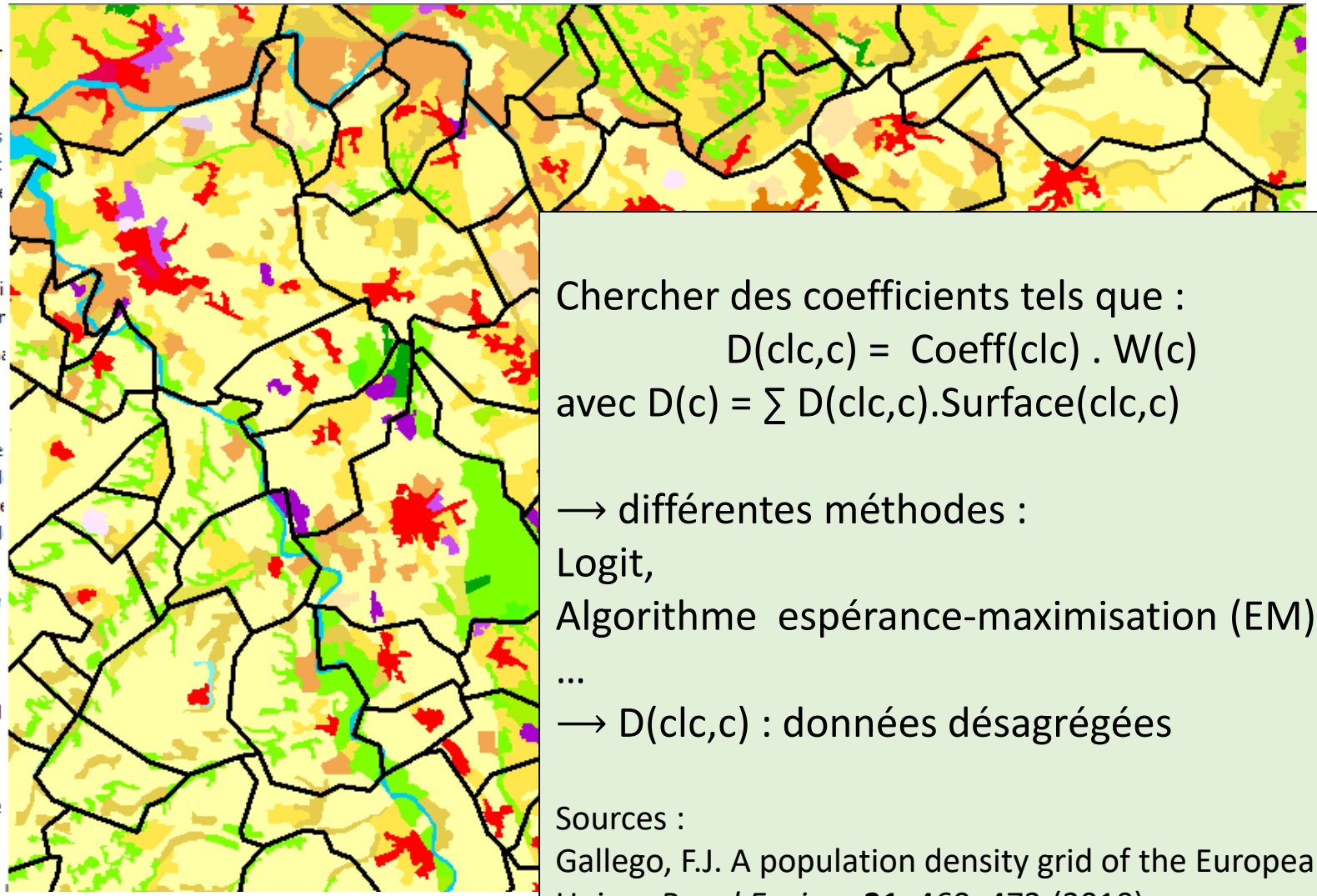
Désagrégation par ***Co-Variable***

Utilisation de ***données auxiliaires***

Communes

CORINE Land Cover





Chercher des coefficients tels que :

$$D(clc,c) = Coeff(clc) \cdot W(c)$$

avec $D(c) = \sum D(clc,c).Surface(clc,c)$

⟶ différentes méthodes :

Logit,

Algorithme espérance-maximisation (EM)

…

⟶ D(clc,c) : données désagrégées

Sources :

Gallego, F.J. A population density grid of the European Union. *Popul Environ* **31,** 460–473 (2010). https://doi.org/10.1007/s11111-010-0108-y

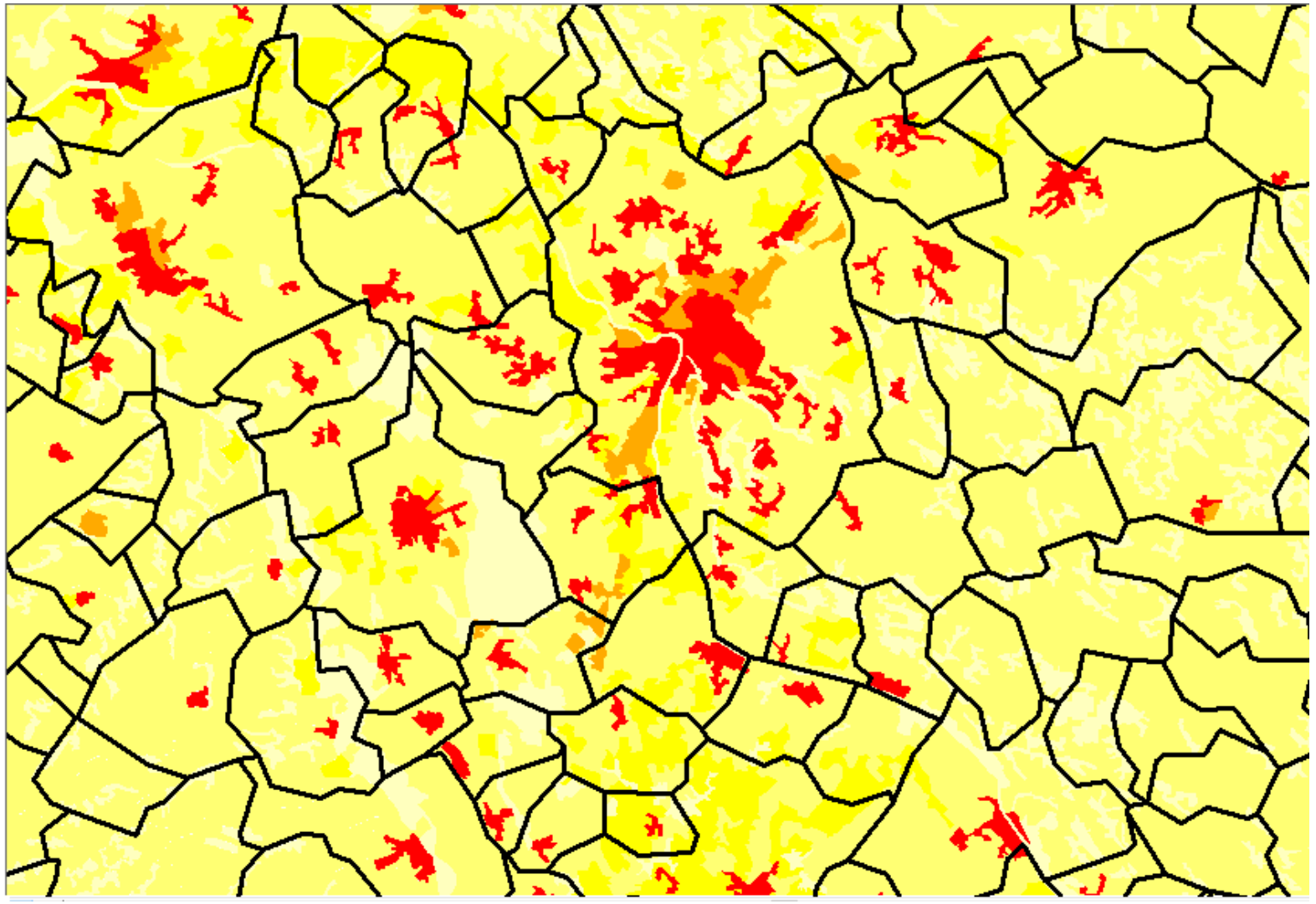
Désagrégation par ***Co-Variable***

Utilisation de ***données auxiliaires***

Commune

Densité population
(hab./km2)

- < 5
- 5 - 90
- 90 - 160
- 160 - 300
- > 300



Désagrégation

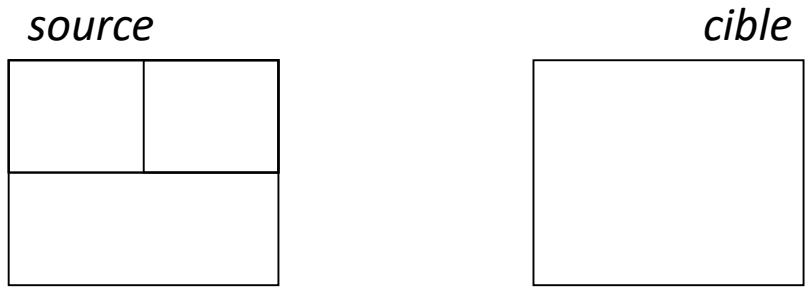
Désagrégation par ***Co-Variable***
Utilisation de ***données auxiliaires***

Données auxiliaires très couramment utilisées : l'occupation du sol.
Aujourd'hui, la connaissance à l'échelle parcellaire et sur l'ensemble du territoire des cultures ou des successions culturales (temporel) apporte une information très utile pour de nombreux problèmes de désagrégation spatiale
Registre Parcellaire Graphique (RPG)

Agrégation

❶ Croisement des entités géographiques

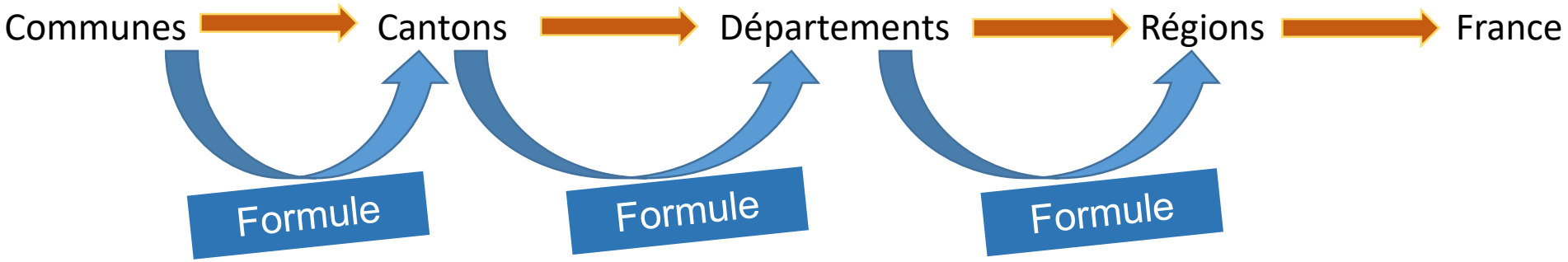
schématiquement :



Agrégation

Cas des zones administratives emboitées

Principe de la plateforme ODR / application CartoDynamique



$$(\textit{Surface maïs})\ \textit{département}\ d = \sum_{c \in d} [\ (\textit{Surface maïs})\ \textit{communes}\ c\ ]$$

~~$(\textit{densité population})\ \textit{département}\ d = \text{Moyenne}_{c \in d} [\ (\textit{densité population})\ \textit{communes}\ c\ ]$~~ **?**

$$= \text{Moyenne pondérée}_{c \in d,\ \textit{aire commune}\ c} [\ (\textit{densité population})\ \textit{communes}\ c\ ]$$

connue, calculée (outil SIG)

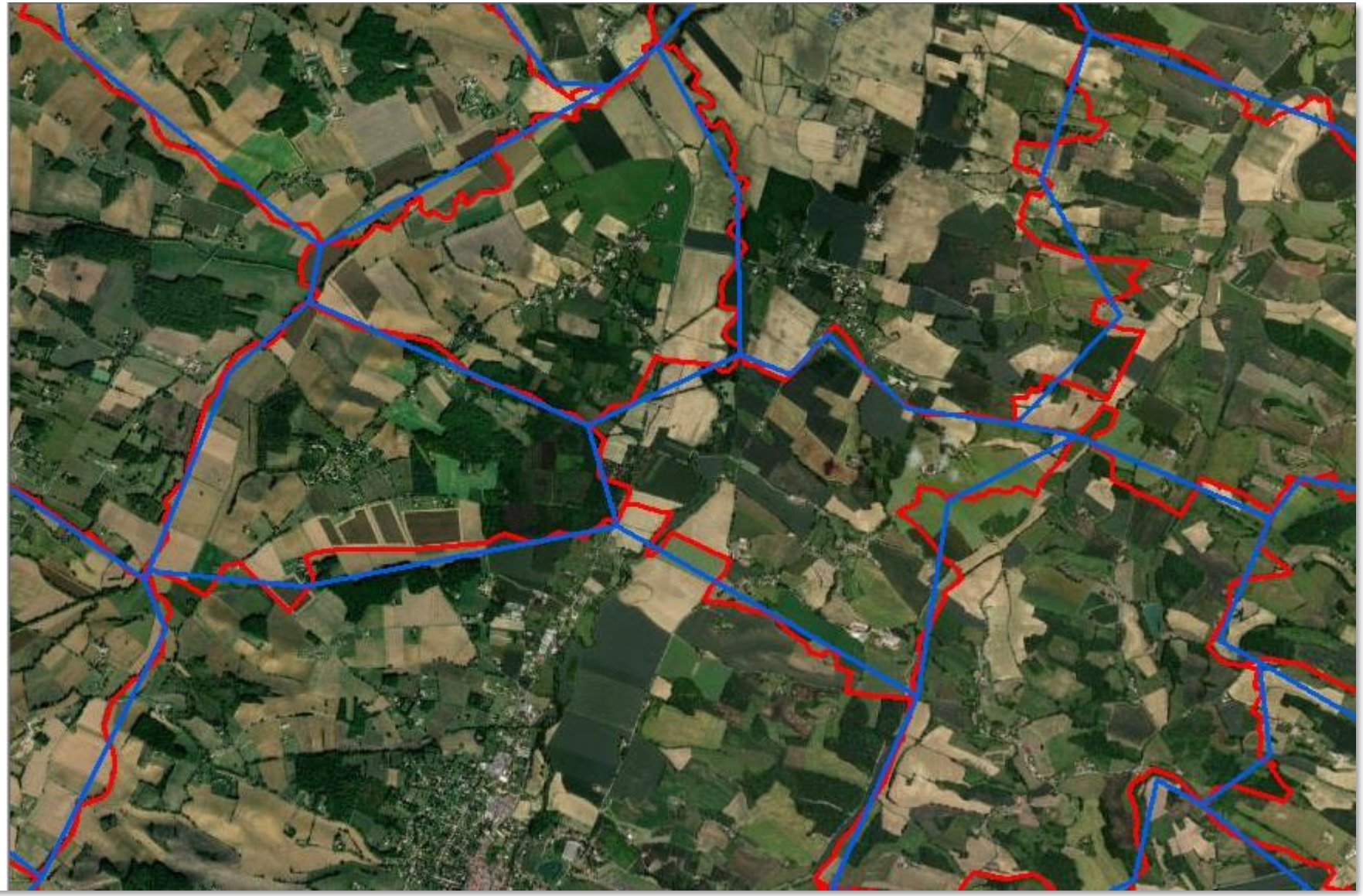
Limites communales

Résolution des données géographiques
(précision du zonage)

2 sources :

IGN GéoFla
(utilisation 1/1 000 000)

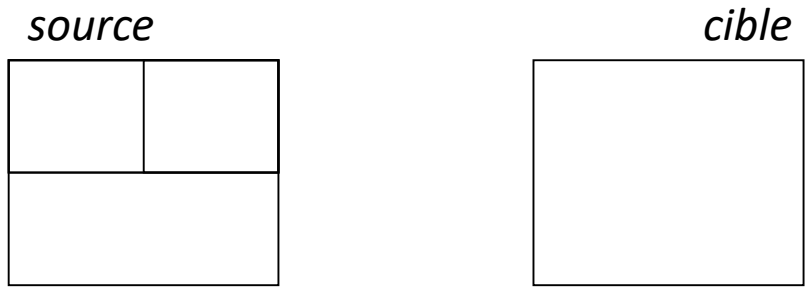
IGN Bd-Topo®
(utilisation 1/10 000)



Agrégation

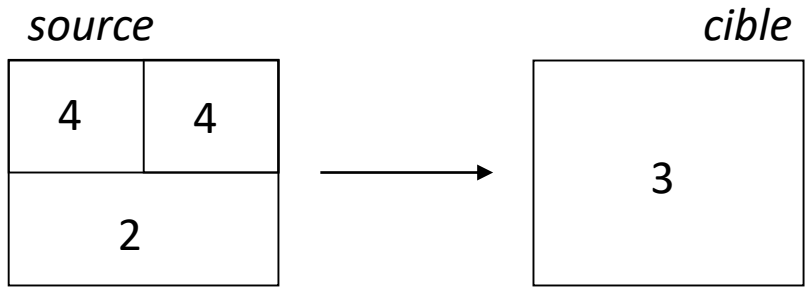
❶ **Croisement des entités géographiques**

schématiquement :



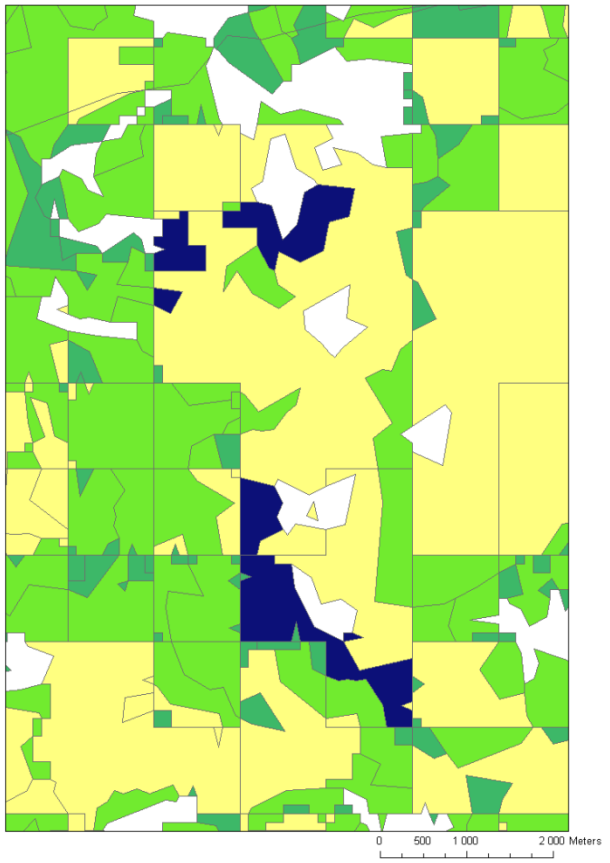
❷ **Agrégation**

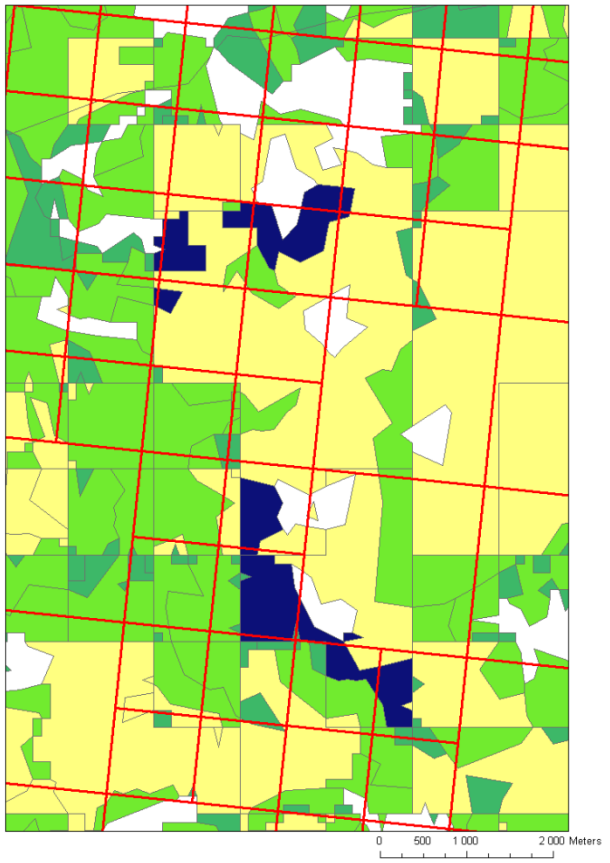
Agrégation par ***pondération par les surfaces*** *(Proportionnel à l'aire)*

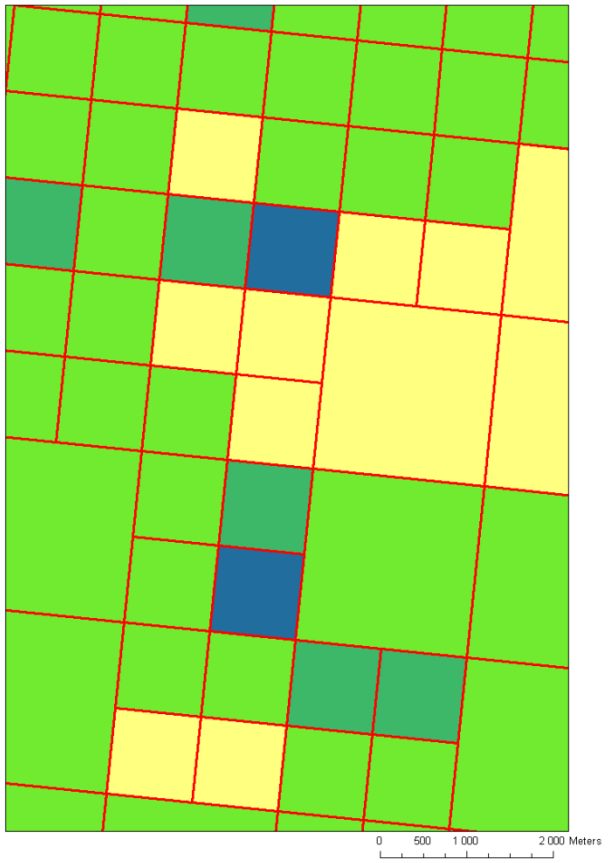


Agrégation

Cas des grilles (cible)





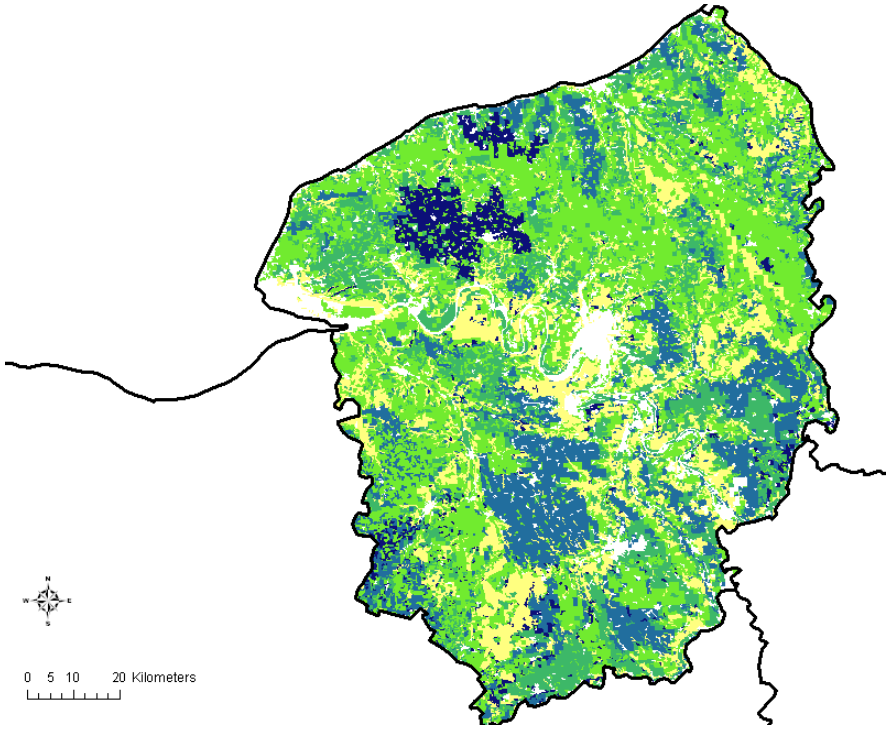


Pour données quantitatives : (continues)

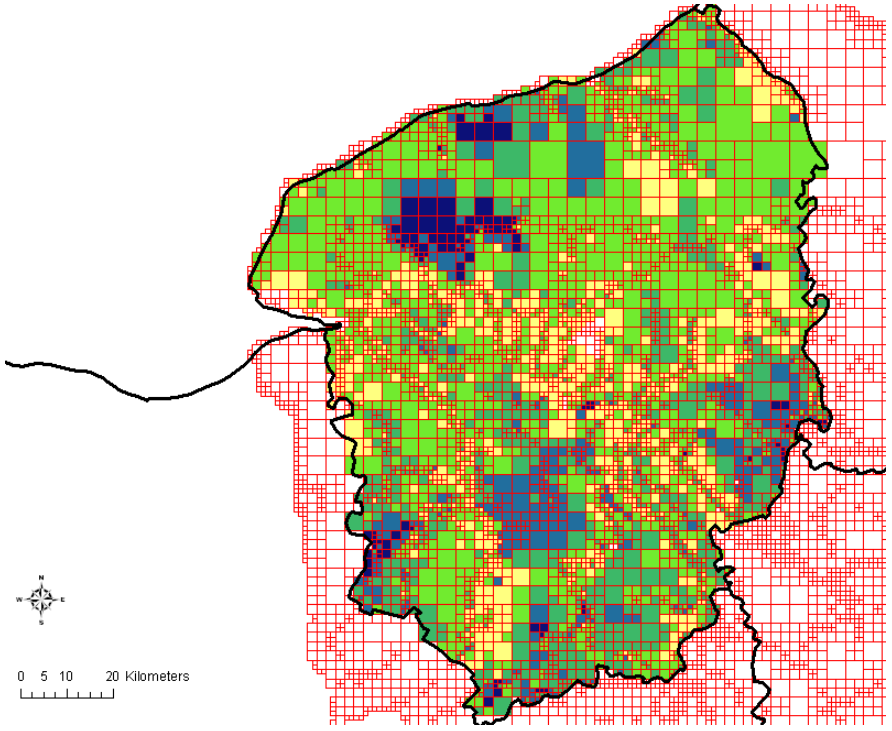
$$Données_{Cible} = \sum_{Source_i \subset Cible} Données_{Source} \cdot \frac{Surface\_Source_i}{Surface\_Cible} \quad \text{avec} \quad \sum_{Source_i \subset Cible} Surface\_Source_i$$

Agrégation

Cas des grilles (cible)



modèle Agro-Economique **AROPAj**
UMR Economie Publique, Grignon (P.A. Jayet)



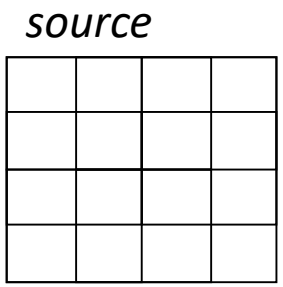
Grille du modèle Hydrogéologique **MODCOU**
Géosciences de Mines-ParisTech

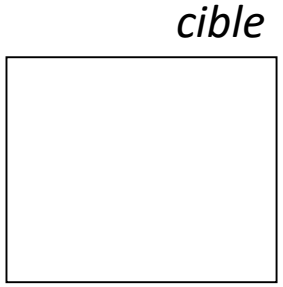
Source : Cantelaube, Jayet, Bamps, Carré (2012) Geographical downscaling of outputs provided by an economic farm model calibrated at the regional level, Land Use Policy, vol. 29, n°1. pp 35-44.

Agrégation

Cas des grilles (source)

❶ **Croisement des entités géographiques**





❷ **Agrégation**

Statistiques zonales

- valeur maximale
- valeur minimale
- valeur moyenne, médiane

si variable catégorielle :

- nombre de classes (variété)
- part de chaque catégorie rencontrée
- catégorie la plus fréquente

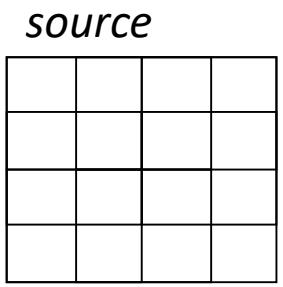
Indices

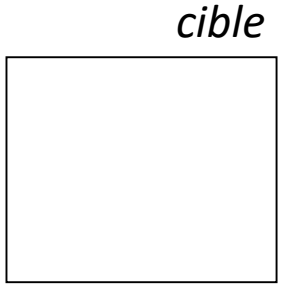
- Indices de diversité (Shannon, Simpson, etc.)
- Indices de morcellement

Agrégation

Cas des grilles (source)

❶ **Croisement des entités géographiques**





❷ **Agrégation**

Statistiques zonales

- valeur maximale
- valeur minimale
- valeur moyenne, médiane

si variable catégorielle :

- nombre de classes (variété)
- part de chaque catégorie rencontrée
- catégorie la plus fréquente

Indices

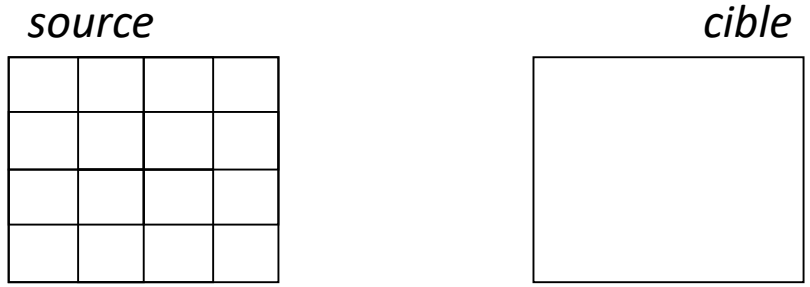
- Indices de diversité (Shannon, Simpson, etc.)
- Indices de morcellement

Peut aussi constituer un ensemble de *variables explicatives* d'un modèle statistique pour estimer une valeur (catégorie) sur la cible

Agrégation

Cas des grilles (source)

❶ **Croisement des entités géographiques**



❷ **Agrégation**

Statistiques zonales

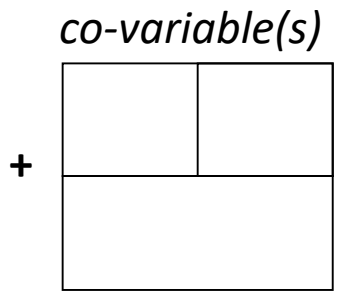
- valeur maximale
- valeur minimale
- valeur moyenne, médiane

si variable catégorielle :

- nombre de classes (variété)
- part de chaque catégorie rencontrée
- catégorie la plus fréquente

Indices

- Indices de diversité (Shannon, Simpson, etc.)
- Indices de morcellement

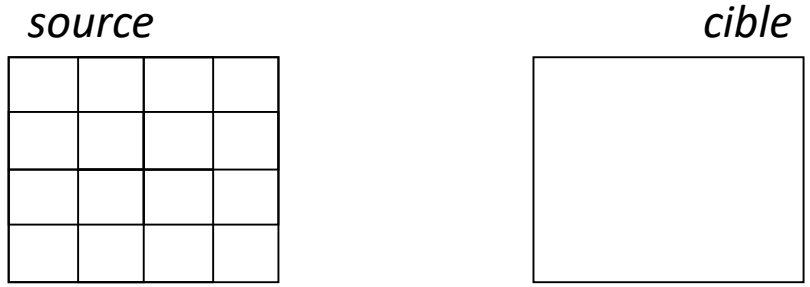


Peut aussi constituer un ensemble de *variables explicatives* d'un modèle statistique pour estimer une valeur (catégorie) sur la cible

Agrégation

Cas des grilles (source)

❶ **Croisement des entités géographiques**



❷ **Agrégation**

Statistiques zonales

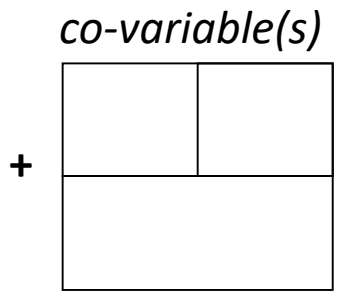
- valeur maximale
- valeur minimale
- valeur moyenne, médiane

si variable catégorielle :

- nombre de classes (variété)
- part de chaque catégorie rencontrée
- catégorie la plus fréquente

Indices

- Indices de diversité (Shannon, Simpson, etc.)
- Indices de morcellement



Peut aussi constituer un ensemble de *variables explicatives* d'un modèle statistique pour estimer une valeur (catégorie) sur la cible

Quelques remarques

• Désagréger vers une échelle fine (plus fine que l'unité cible, unité spatiale temporaire) pour ensuite agréger ces résultats intermédiaires vers l'unité cible.

• Passage par une grille
Surtout si plusieurs zonages à intersectés

Quelques remarques

• Modélisation agronomique

Les modèles agronomique fonctionnent généralement sur des unités qui résultent de l'intersection de zonages sur lesquels sont disponibles les données d'entrée : carte des sols géologique (pédologie), grille météorologique et unités administratives.

• Données individuelles

Exploitants ou exploitations agricoles sont généralement rattachés à une localisation géographique sur un zonage administratif. Dans ce cas, la donnée devient *donnée géographique* en la rattachant au fond de carte correspondant (généralement la commune Insee) . (Ce n'est pas le cas pour le RICA !)

Le Registre Parcellaire Graphique (RPG) permet de connaitre la répartition spatiale des parcelles de l'exploitation (sous conditions).

• Construire un indicateur….

Sa production à une échelle fine est un avantage ! (+ d'agrégation, - de désagrégation)

• Passage par une grille

Surtout si plusieurs zonages à intersecter

Le problème de l'analyse statistique de données agrégées suivant un découpage géographique modifiable *The Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP)

« L'agrégation crée des associations spatiales entre des variables qui n'étaient pas, à l'origine, associées au niveau individuel et affecte de manière fondamentale les caractéristiques des données.

…

Le processus d'agrégation transforme l'information puisque celle-ci est analysée non plus suivant l'unité élémentaire d'observation, mais suivant une unité spatiale définissant le niveau d'agrégation géographique. »

Marie Piron, 1993, *Changer d'échelle: une méthode pour l'analyse des systèmes d'échelles*
L'Espace géographique, Université de Paris VI, Orstom, no 2 pp 147-162

Openshaw S., 1984, The Modifiable Areal Unit Problem, CATMOG nº 38, Norwich: Geo books.

Le problème de l'analyse statistique de données agrégées suivant un découpage géographique modifiable *The Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP)

Un zonage est utilisé (ou construit) car il permet de distinguer, de discriminer une variable pour bien percevoir le phénomène qu'elle entend décrire/quantifier.

Donc…
Avec un changement d'échelle, des questions à poser :

- avec la nouvelle unité spatiale, la variable perd-elle son pouvoir de discrimination ?
- quelles sont les conséquences pour l'analyse statistique du choix de la nouvelle unité ?
- retrouve-t-on les mêmes éléments d'organisation spatiales de la variable à l'échelle choisie ?
- quelle est la nature de l'hétérogénéité interne des unités spatiales ?

Le problème de l'analyse statistique de données agrégées suivant un découpage géographique modifiable *The Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP)

Pour répondre à ces questions, quelques pistes

« Analyses par niveaux d'agrégation afin de cerner la structuration de l'espace sous des formes différentes; chaque échelle fournit un point de vue particulier sur cette structuration, ce qui doit permettre d'étudier les différenciations entre les unités spatiales constituant le niveau d'agrégation. »

« Analyses des passages entre deux niveaux d'agrégation afin d'établir la jonction entre ces différents points de vue, pour étudier l'effet dû à l'agrégation, c'est-à-dire la différenciation interne des unités spatiales constituant le niveau supérieur » (Piron, 1992).

PIRON M. (1992). Analyse statistique d'un syst2me d'échelles. Paris: Orstom, Réseau ADOC, Document de travail, no 4

« Fotheringham et Wong (1991) perçoivent dune manière pessimiste le traitement de telles données, qui devient de plus en plus fréquent avec le développement des SIG .»

Fotheringham A. S. and Won D.W.S. (1991). "The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis". Envi- ronment and planning A, vol. 23, p. 1 025-1 044.

Cités par Piron (1993)

Le problème de l'analyse statistique de données agrégées suivant un découpage géographique modifiable *The Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP)

La **désagrégation** peut-être vue comme un cas particulier du problème MAUP, i.e. le transfert de données d'une unité géographique vers une autre unité « incompatible »

Rase D., Eurostat/Gisco, Dealing with the Modifiable Areal Unit Problem,
in "*Towards agri-environmental indicators*", EEA Topic Report 6/2001, p 11-24

Spatialisation et changements d'échelles

Des méthodes, des outils, des données…

mais des précautions à prendre !

- Dans les traitements géomatiques
- MAUP