

Bases de données spatiales



Photo de [Aaron Burden](#) sur [Unsplash](#)

Michaël GALIEN



- Formation initiale
 - DUT Informatique à Montpellier
 - Polytech' Montpellier (IG2005)
- Secteur privé
 - 2005 – 2013
 - Ingénieur développement chez un éditeur de logiciel
- Secteur public
 - 2013 – 2023
 - Responsable SI métier à la direction des routes du Département du Gard
 - Depuis 2023
 - Administrateur de la donnée à la DSI du Département du Gard
 - SPV expert, membre de la Cellule de Cartographie Opérationnelle du SDIS du Gard
- Depuis 5 minutes
 - Enseignant vacataire à Polytech' Montpellier

Objectifs du cours

- Vous présenter les concepts clés de la géomatique...
...sans faire de vous des géomaticiens.
- Vous parler de représentation cartographique...
...sans faire de vous des cartographes.
- Vous initier à la manipulation de données spatiales avec SQL.

Bases de données spatiales

Partie 1 : Concepts et cartographie

Définitions



Géomatique

La **géomatique**, mot valise composé de géographie et informatique, est l'analyse et le retraitement des données spatiales assistés par ordinateur, généralement par l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG).

SIG

Un **système d'information géographique** ou SIG (en anglais, *geographic information system* ou *GIS*) est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

SI

Le **système d'information** (SI) est un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et distribuer de l'information, en général grâce à un réseau d'ordinateurs.

Il s'agit d'un système socio-technique composé de deux sous-systèmes, l'un social et l'autre technique.

Le sous-système social est composé de la structure organisationnelle et des personnes liées au SI.

Le sous-système technique est composé des technologies (hardware, software et équipements de télécommunication) et des processus d'affaires concernés par le SI.

Donnée géolocalisée/géospatiale/géographique

Une **donnée géospatiale** est une information qu'il est possible de situer à la surface du globe terrestre.

On retrouvera indifféremment tous ces termes dans la littérature :

- données localisées ou géolocalisées,
- données géographiques,
- données spatiales ou géospatiales.

Cas d'usage



Photo de [Nazmul ahsan Meraz](#) sur [Unsplash](#)

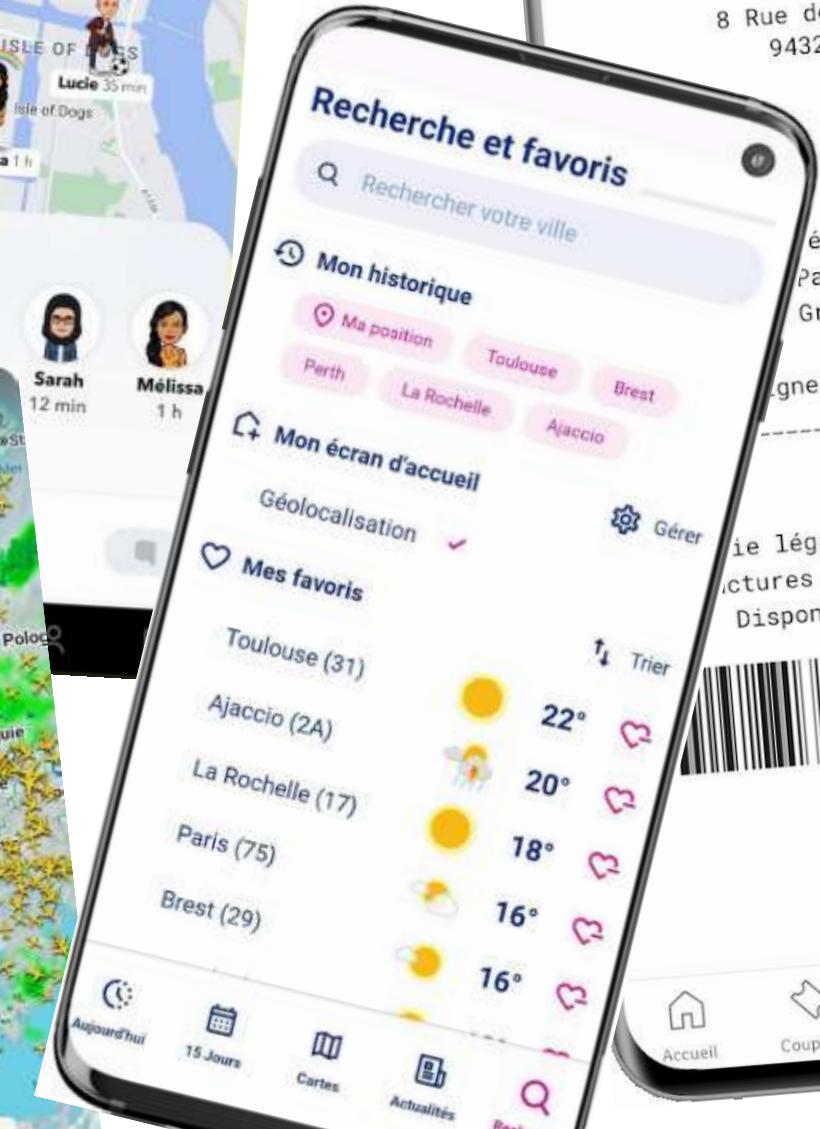
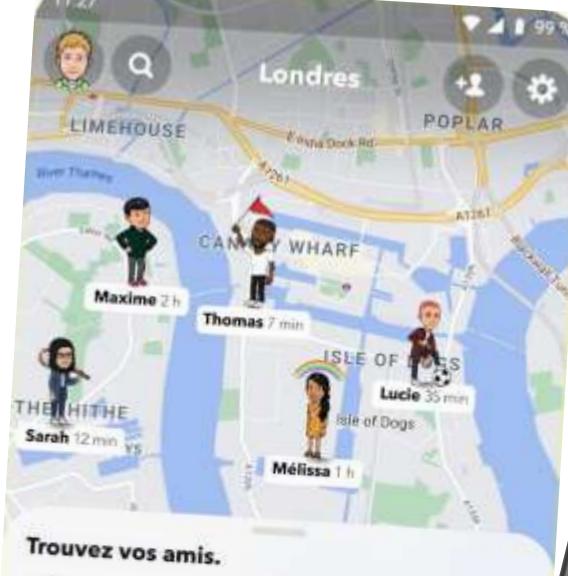
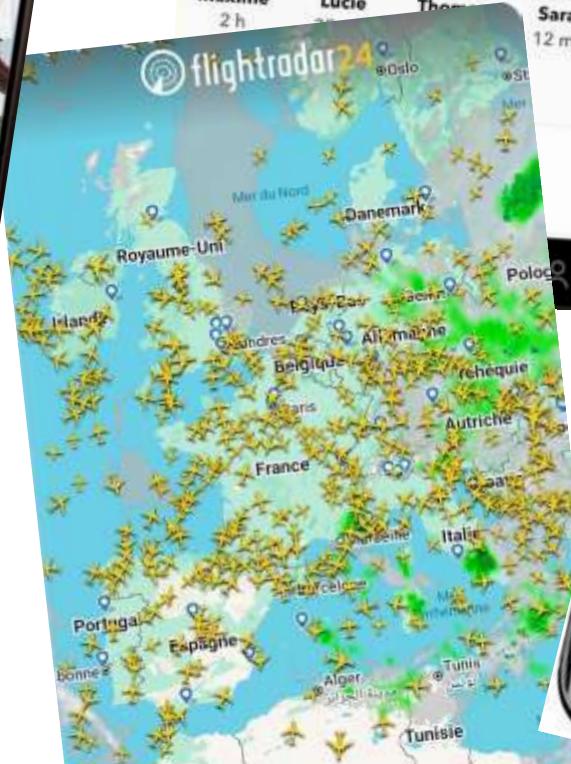
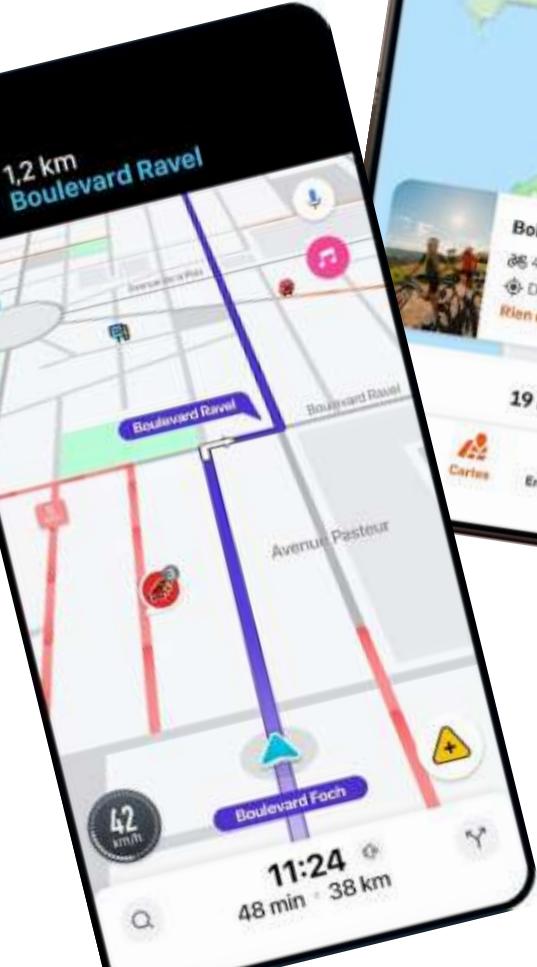
Cas d'usage

- **Cartographie des risques naturels** (inondations, séismes, feux de forêt) pour la prévention et la gestion des crises.
- **Aménagement urbain** : planification des zones résidentielles, commerciales et industrielles.
- **Gestion des réseaux d'infrastructure** (eau, électricité, gaz, fibres optiques).
- **Suivi de la biodiversité** : cartographie des espèces menacées et des zones protégées.
- **Agriculture de précision** : analyse des sols, rendements et irrigation par satellite.
- **Tourisme** : création de cartes interactives d'itinéraires, points d'intérêt et hébergements.
- **Logistique et transport** : optimisation des itinéraires de livraison et gestion des flottes.
- **Gestion des déchets** : planification des collectes et localisation des centres de tri.
- **Santé publique** : cartographie des épidémies, accès aux hôpitaux et zones à risque sanitaire.
- **Géomarketing** : optimisation des décisions commerciales, (ciblage clients, localisation des points de vente, planification des campagnes publicitaires).
- **Gestion forestière** : suivi de la coupe, de la régénération et des incendies.
- **Cartographie des sols** : pour l'agriculture, la construction ou la protection environnementale.
- **Énergie renouvelable** : localisation optimale d'éoliennes, panneaux solaires ou centrales hydroélectriques.
- **Gestion des parcs nationaux** : suivi des sentiers, des visiteurs et de la faune.
- **Urbanisme participatif** : cartes collaboratives pour recueillir les avis des citoyens.
- **Gestion des catastrophes** : cartes en temps réel pour les secours (ex. : inondations, tremblements de terre).
- **Mobilité douce** : planification des pistes cyclables et des zones piétonnes.
- **Géolocalisation des services publics** : écoles, hôpitaux, commissariats, bibliothèques.
- **Analyse des inégalités spatiales** : accès aux services, revenus, équipements selon les quartiers.
- **Archéologie** : détection de sites par télédétection et analyse spatiale des artefacts.

Véhicule CCO du SDIS du Gard



Apps



Risques

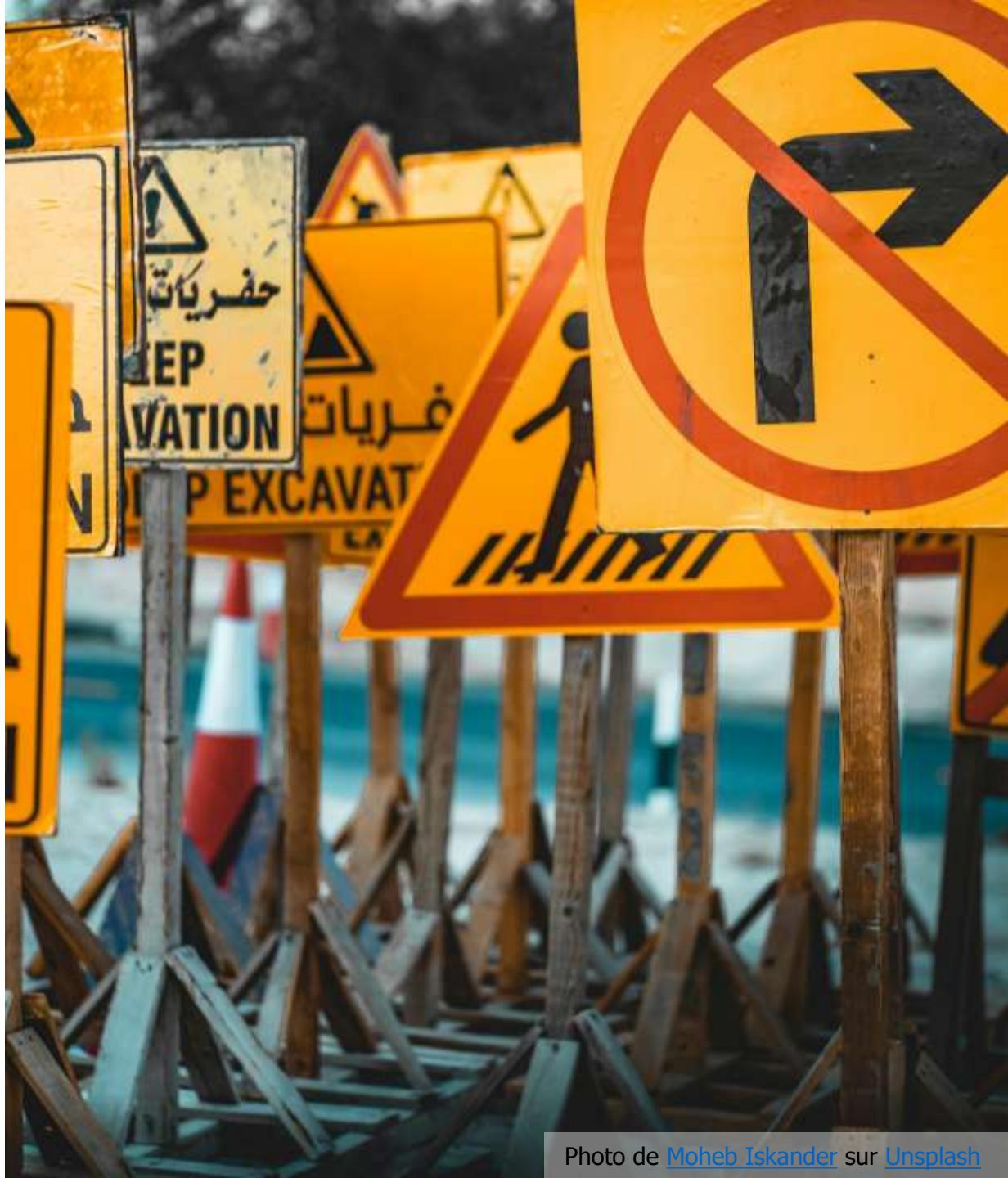


Photo de Moheb Iskander sur [Unsplash](#)

Ce que votre géolocalisation me dit de vous.

- Vous êtes dans cette salle, alors je peux en déduire que :
 - Présent
 - Vous êtes étudiants à Polytech' Montpellier.
 - Passé
 - 2/3 d'entre vous sont issus de la PeiP.
 - 1/4 d'entre vous sont issus de classes préparatoires.
 - Vous êtes une majorité à avoir eu mention B ou TB au bac.
 - Futur
 - ~85% d'entre vous trouveront un premier emploi en moins de 2 mois.
 - Votre rémunération médiane en sortie de cursus sera de 43000€.
 - Votre rémunération médiane en fin de carrière sera de 104000€.

< Si c'est gratuit, c'est vous le produit ! >

Loupe

App2U

Contient des annonces · Achats via l'appli

4,9★
233 k avis ⓘ

10 M+
Téléchargements

PEGI 3 ⓘ



Installer



Cette application est disponible pour certains de vos appareils



À propos de l'application →

La meilleure loupe dans le Play Store!

Utilise l'appareil photo de votre téléphone pour agrandir le texte ou quoi que ce soit d'autre. Idéal pour les malvoyants, pour souder petites choses ou tout simplement pour les enfants curieux.

Avec le mode lumière (sur les appareils avec flash d'appareil photo) fonction de capture, mode fps élevé, fonction d'inversion pour les malvoyants et beaucoup, beaucoup plus d'options.

Ont été testés



Cette appli peut partager ces types de données avec des tiers
Position et Appareil ou autres ID

Lampe de poche

Lighthouse, Inc.

Contient des annonces · Achats via l'appli

4,1★
314 k avis ⓘ

100 M+
Téléchargements

PEGI 3 ⓘ

Installer



Cette application est disponible pour certains de vos appareils



À propos de l'application →

Il allume rapidement et facilement le flash à côté de la caméra arrière et le maintient allumé en permanence.

Caractéristiques:

1. La lumière des flambeaux dans les ténèbres
2. Lumière d'écran de couleur
3. Code Morse



Cette appli peut partager ces types de données avec des tiers
Position, Activité dans l'application et 2 autres

Courtier en données

Un courtier en données ou courtier en information (*data broker* en anglais) **est une personne ou une entreprise spécialisée** dans le courtage de données, c'est-à-dire **dans la collecte et la vente ou revente de données, et en particulier de données personnelles telles que** les revenus, l'origine ethnique, les convictions politiques, les préférences sexuelles ou religieuses, le métier, le salaire et les revenus, les crédits et les dettes, l'état de santé, les comportements d'achats, de loisirs (ex. : golf, cuisine, course à pied, chasse, tir, etc.) ou encore **des données de géolocalisation.**

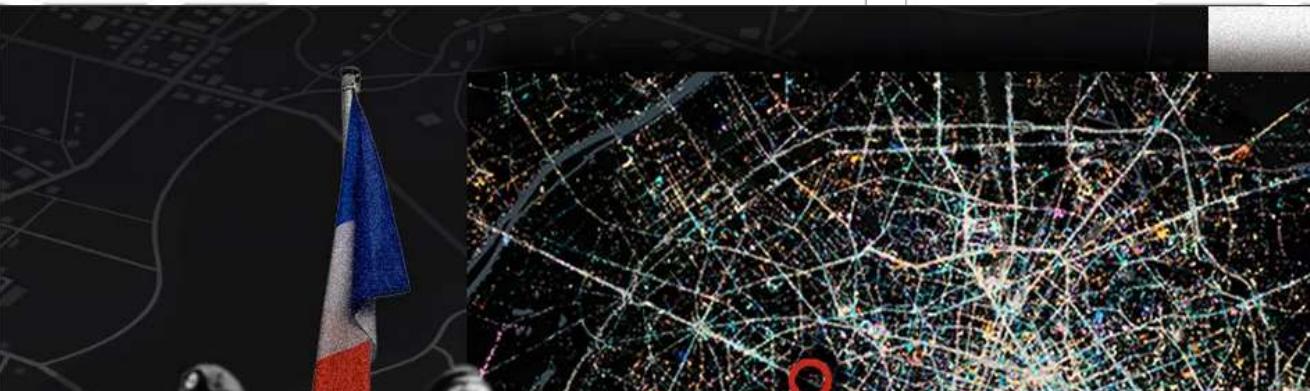
Enquête « TrackingFiles »

:enquête

"TrackingFiles" : quand les données de géolocalisation de dizaines de millions de Français se retrouvent en vente

[lire plus tard](#)

Publié le 04/03/20



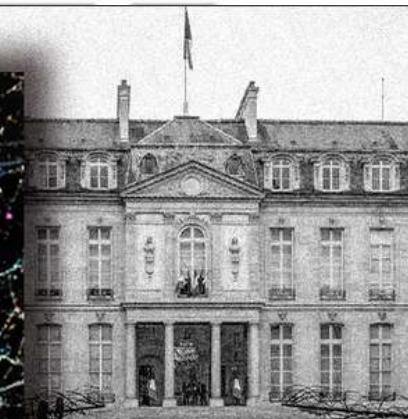
:enquête

"TrackingFiles" : comment la vie privée de militaires, de diplomates et du personnel politique français est exposée par les données de géolocalisation

:enquête

"TrackingFiles" : le travail des services secrets français et des convoyeurs de fonds menacé par les données de géolocalisation

min - vidéo : 5min



Enquête « TrackingFiles »

- [https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-quand-les-donnees-de-geolocalisation-de-dizaines-de-millions-de-francais-se-retrouvent-en-vente 7101777.html](https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-quand-les-donnees-de-geolocalisation-de-dizaines-de-millions-de-francais-se-retrouvent-en-vente_7101777.html)
- [https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-le-travail-des-services-secrets-francais-et-des-convoyeurs-de-fonds-menace-par-les-donnees-de-geolocalisation 7102107.html](https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-le-travail-des-services-secrets-francais-et-des-convoyeurs-de-fonds-menace-par-les-donnees-de-geolocalisation_7102107.html)
- [https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-comment-la-vie-privee-de-militaires-de-diplomates-et-du-personnel-politique-francais-est-exposee-par-les-donnees-de-geolocalisation 7099947.html](https://www.franceinfo.fr/internet/securite-sur-internet/enquete-trackingfiles-comment-la-vie-privee-de-militaires-de-diplomates-et-du-personnel-politique-francais-est-exposee-par-les-donnees-de-geolocalisation_7099947.html)

L'indice Pizza

www.nicematin.com/societe/insolite/qui-a-revele-en-avant-premiere-l-operation-militaire-au-venezuela-on-vous-explique

Qu'est-ce que « l'indice pizza », qui a révélé en avant-première l'opération militaire au Venezuela ? On vous explique

Dans la nuit du vendredi 2 au samedi 3 janvier 2026, l'activité inhabituelle des pizzerias aux abords du Pentagone a trahi l'imminence de l'intervention militaire américaine au Venezuela. On fait le point sur le phénomène de l'« indice pizza », un baromètre non officiel mais redoutablement précis, capable de révéler les opérations militaires avant les communiqués de presse.

Enregistrer Partager

LA RÉDACTION
CRÉÉ LE 5 JANVIER 2026 • 17:15
MIS À JOUR LE 5 JANVIER 2026 • 17:15



www.nicematin.com/societe/insolite/qui-a-revele-en-avant-premiere-l-operation-militaire-au-venezuela-on-vous-explique

Un activité qui explose

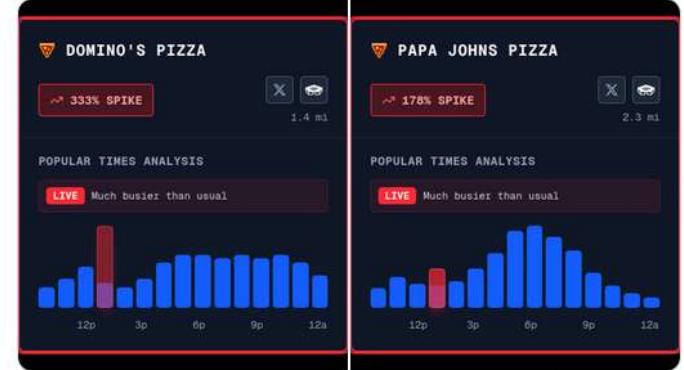
À Washington, lorsque les lumières restent allumées tard au ministère de la Défense, au département d'État et jusque dans les couloirs de la Maison Blanche, les mêmes réflexes s'enclenchent.

Les décideurs restent à leur poste, les réunions s'éternisent et les livreurs défilent.

Résultat : vendredi soir, à quelques heures des frappes sur Caracas, les indicateurs ont viré au rouge.

Pentagon Pizza Watch 🍕 X
@pizzintwatch · Suivre

Domino's Pizza (1.4 miles from the Pentagon) is experiencing an extreme spike in activity at 333%. Papa Johns Pizza (2.3 miles from Pentagon) also reports high activity at 178%. DEFCON level is 4.



DOMINO'S PIZZA: 333% SPIKE, 1.4 mi, POPULAR TIMES ANALYSIS: LIVE Much busier than usual

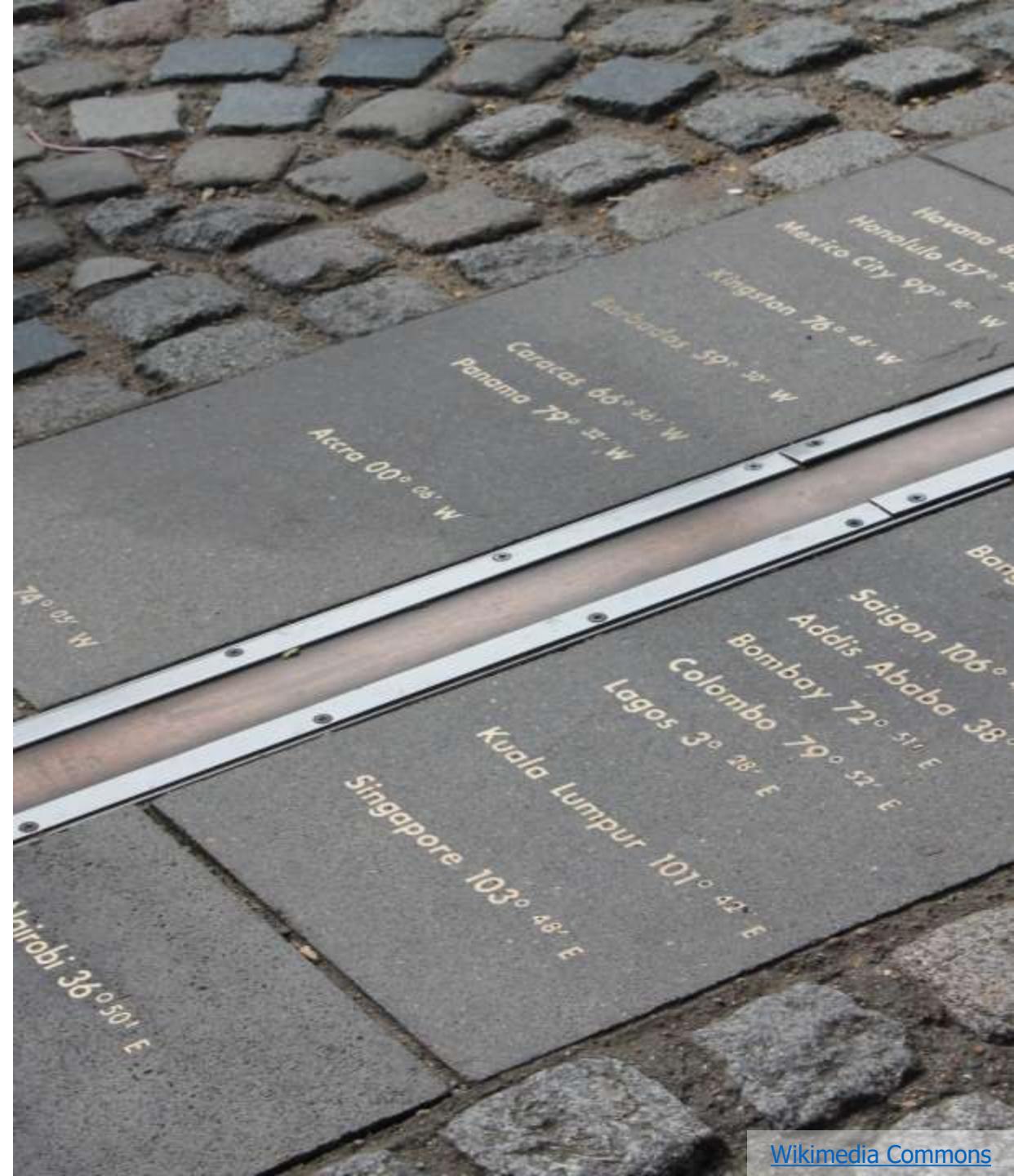
PAPA JOHNS PIZZA: 178% SPIKE, 2.3 mi, POPULAR TIMES ANALYSIS: LIVE Much busier than usual

7:09 PM · 2 janv. 2026

Revenir en haut ↑

3,4 k Répondre Copier le lien

Géolocalisation



Systèmes de coordonnées géodésiques

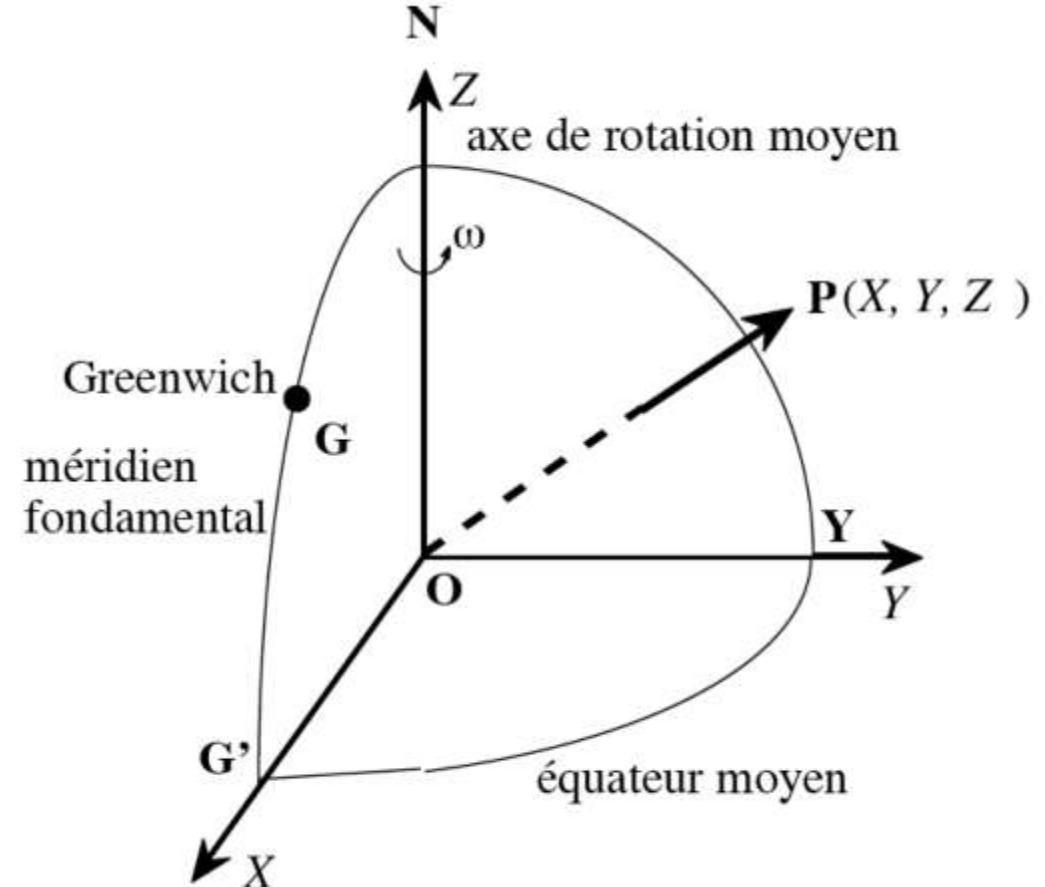
Il s'agit de systèmes où les coordonnées (latitude et longitude) sont des angles formés entre le centre de la Terre, l'Equateur et le premier méridien (ou méridien de Greenwich).

Ces angles sont exprimés en degrés, minutes, secondes ou en degrés décimaux.

Ces points sont rattachés à un ellipsoïde de révolution, similaire à une sphère aplatie aux pôles, chargé d'approximer la surface terrestre.

Une troisième coordonnée, la hauteur ellipsoïdale est la différence entre le point considéré et l'ellipsoïde. Il ne s'agit pas d'une altitude, elle peut différer de plusieurs dizaines de mètres.

Le système géodésique le plus utilisé dans le monde est le système WGS 84, associé au système de positionnement GPS.



Systèmes de coordonnées projetées

Les systèmes de coordonnées projetées permettent la représentation de points situés à la surface terrestre sur une surface plane.

Cette opération, appelée transformation, engendre des déformations. Le travail du cartographe est de choisir la plus adaptée, selon que la carte devra préserver les angles, les distances, les surfaces ou rien de tout cela.

Les projections conformes préservent les angles, facilitant la navigation entre deux points.

Les projections équivalentes préservent les surfaces, ce qui les rendent utiles pour des comparaisons de densité par exemple.

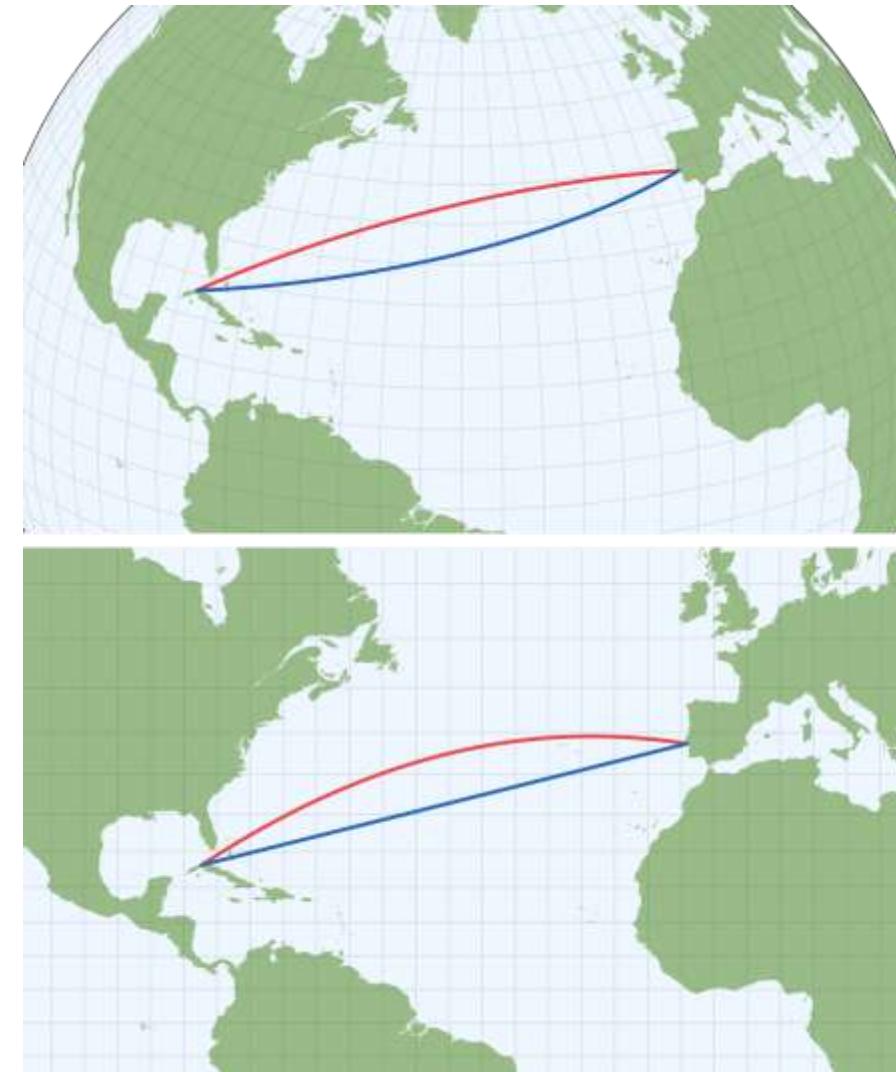
Les projections équidistantes préservent les distances mais ne conservent ni les angles ni les surfaces.



Projections conformes : Loxodromie / Orthodromie

Une **loxodromie** (en anglais *rhumb line*), est une courbe qui coupe les méridiens d'une sphère sous un angle constant. C'est la trajectoire suivie par un navire qui suit un cap constant.

Une route loxodromique est représentée sur une carte marine ou aéronautique en projection de Mercator par une ligne droite, mais elle ne représente pas la distance la plus courte entre deux points. En effet, la route la plus courte, appelée route orthodromique ou **orthodromie**, est un arc de grand cercle de la sphère.



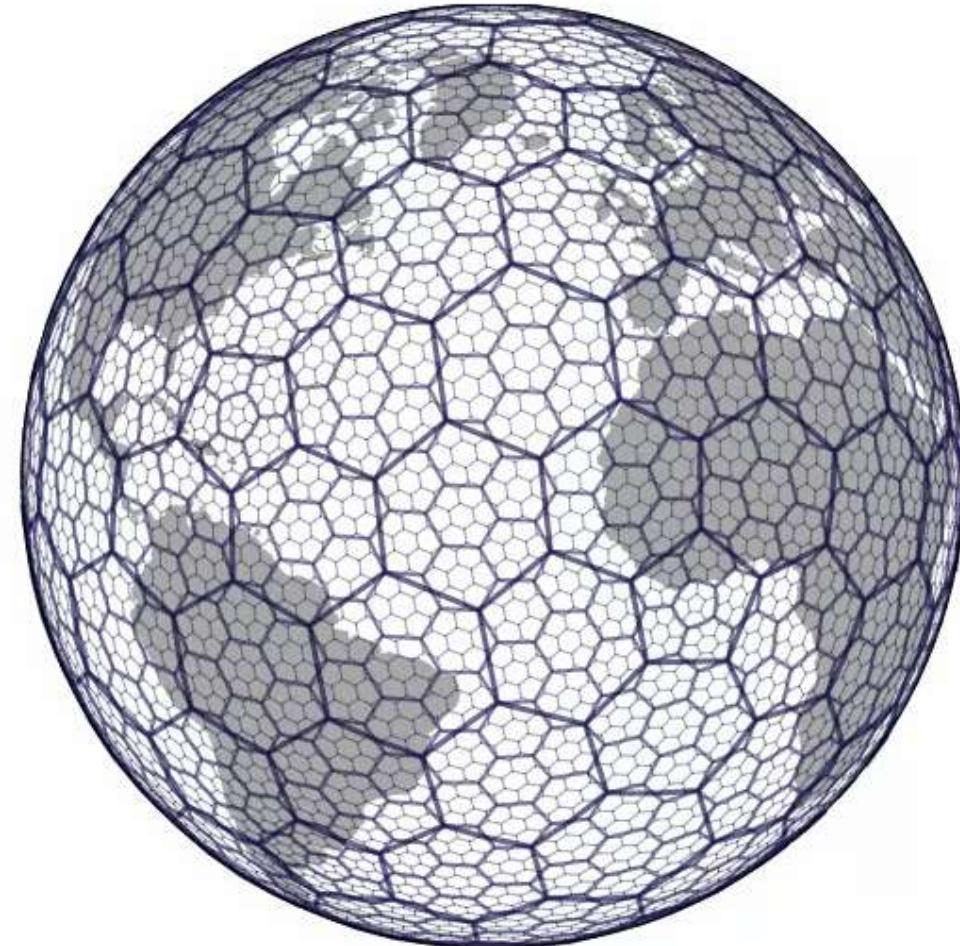
Grilles

Une *discrete global grid* (DGG) est une mosaïque qui couvre toute la surface de la Terre.

Mathématiquement, il s'agit d'un partitionnement de l'espace : elle consiste en un ensemble de régions non vides qui forment une partition de la surface de la Terre.

Dans une stratégie habituelle de modélisation par grille, afin de simplifier les calculs de position, chaque région est représentée par un point, ce qui permet d'abstraire la grille comme un ensemble de points-régions. Chaque région ou point régional de la grille est appelé une cellule.

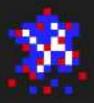
Lorsque chaque cellule d'une grille est soumise à une partition récursive, formant une grille hiérarchique, on parle alors de DGG hiérarchique.



H3 is a discrete global grid system for indexing geographies into a hexagonal grid, developed at Uber.

Données raster et vecteur





cartes.gouv.fr

EXPLORER

Le service public des cartes et données du territoire

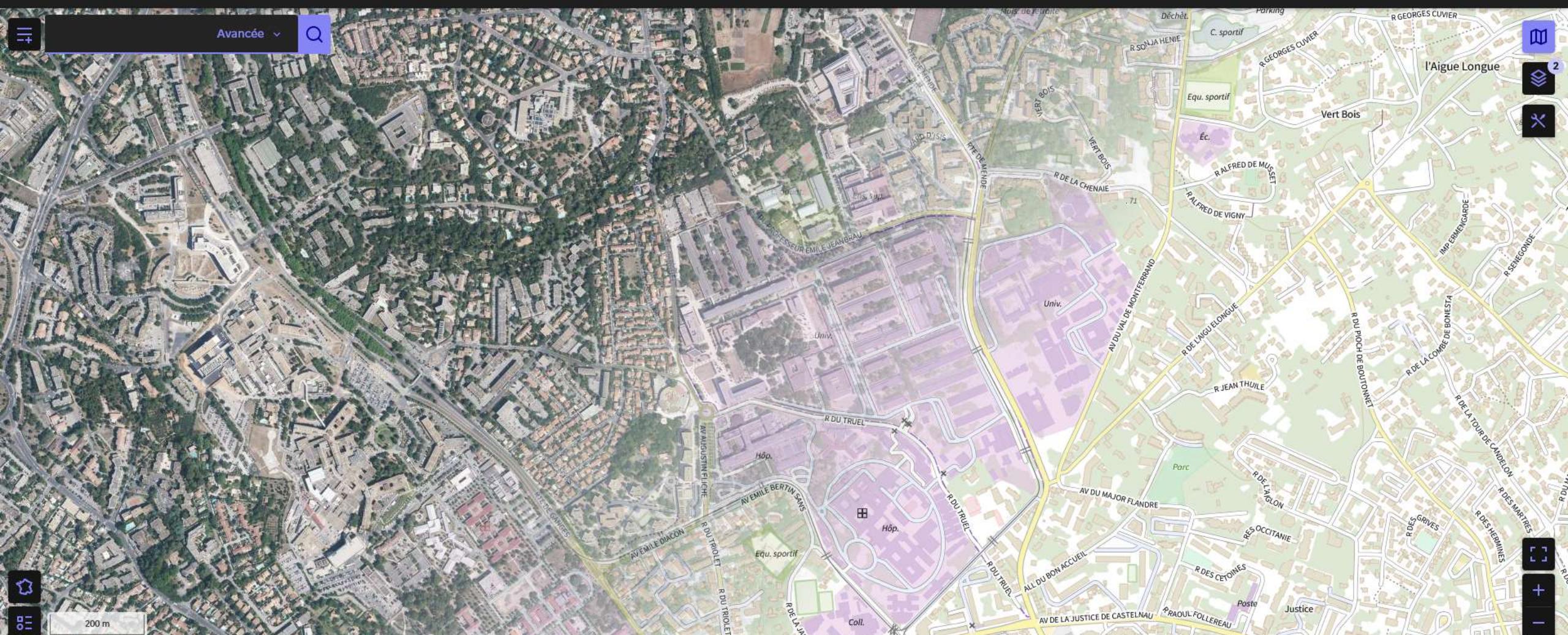
?

 Services

[Se connecter](#)



Avancée ▾



Raster

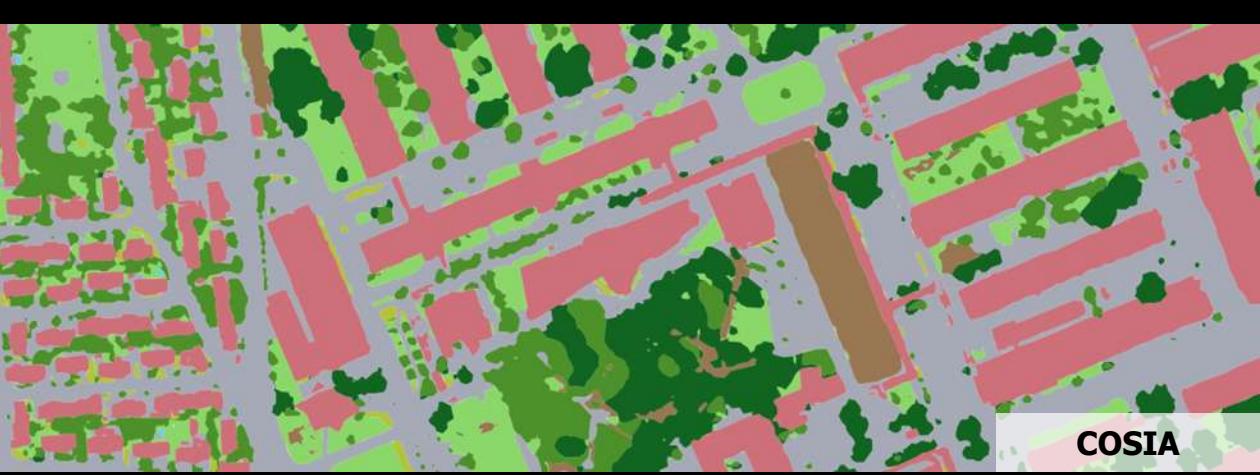
Les rasters sont constitués d'une matrice de pixels (également appelés cellules), chacun contenant une valeur qui représente les conditions de la surface couverte par cette cellule.

Les données raster ne sont pas seulement bonnes pour les images qui dépeignent la surface du monde réel (par ex. les images satellite et les photographies aériennes), elles sont aussi bonnes pour représenter des idées plus abstraites.

Par exemple, des rasters peuvent être utilisés pour montrer les tendances des précipitations dans une zone, ou pour représenter le risque d'incendie dans un paysage. Dans ces types d'applications, chaque cellule du raster représente une valeur différente, par ex. un risque d'incendie sur une échelle de un à dix.



SPOT



COSIA



ORTHO 50cm



CASSINI



ORTHO 20cm



ETAT-MAJOR

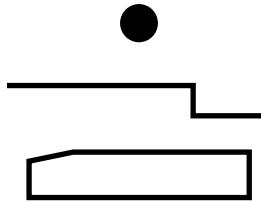
Vecteur

Les données vecteurs permettent de représenter le monde réel (un arbre, une route, un bâtiment) par des entités dans le SIG.

Une entité vecteur a sa forme représentée en utilisant une géométrie constituée d'un ou plusieurs sommets interconnectés (composante graphique). Un sommet décrit une position dans l'espace en utilisant un X, Y et éventuellement un axe Z.

La géométrie d'une entité peut être représentée en tant que :

- point (la cime de l'arbre),
- polyligne (le tracé du centre de la route),
- polygone (le contour du bâtiment).



Une entité vecteur a également des attributs (composante attributaire), qui se composent d'informations textes ou numériques qui décrivent les entités :

- l'espèce de l'arbre,
- la limitation de vitesse de la route,
- l'année de construction du bâtiment.



Résultats de l'identification	
Entité	Valeur
BDTOPO : Bâtiments	
nombre_de_logements	NULL
(Dérivé)	
Actions)	
cleabs	BATIMENT000000211128916
nature	Indifférenciée
usage_1	Commercial et services
usage_2	NULL
construction_leger	faux
etat_de_l_objet	En service
date_creation	18/11/2008 15:35:11 (Paris, Madrid)
date_modification	26/11/2025 20:59:25 (Paris, Madrid)
date_d_apparition	NULL
date_de_confirmation	NULL
sources	NULL
identifiants_sources	NULL
methode_d_acquisition_planimetrique	BDParcellaire recalée
methode_d_acquisition_altimetrique	Corrélation
precision_planimetrique	3
precision_altimetrique	1
nombre_de_logements	NULL
nombre_d_etages	NULL
materiaux_des_murs	NULL
materiaux_de_la_toiture	NULL
hauteur	9
altitude_minimale_sol	48,4
altitude_minimale_toit	57,5
altitude_maximale_toit	60,4
altitude_maximale_sol	50,6
origine_du_batiment	Cadastre
appariement_fichiers_fonciers	NULL
identifiants_rnb	2Q91FFT5837

Cartographie



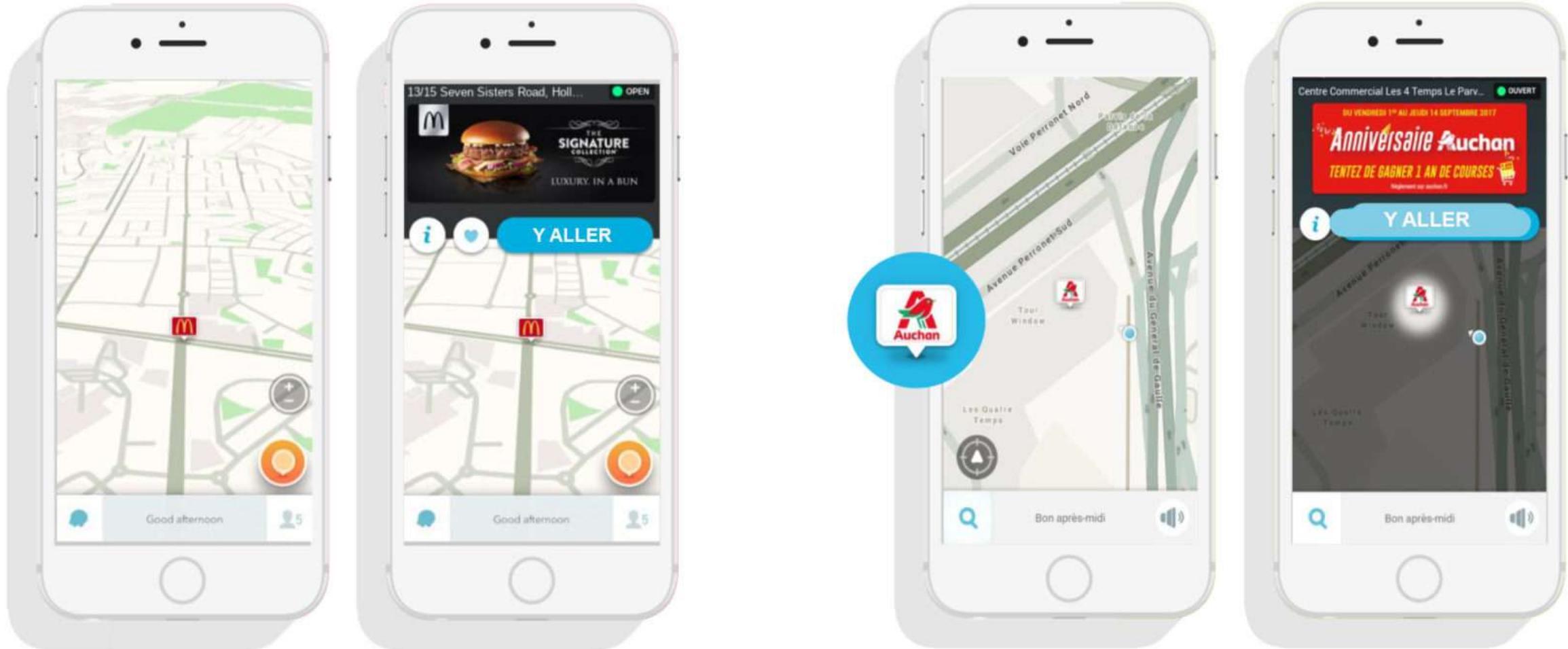
Cartographie et objectifs

- La carte n'est qu'une représentation partielle, un point de vue sur un territoire, au même titre qu'un modèle de données n'est qu'une abstraction du monde réel.
- Quel est l'objectif de ma carte ?
 - décoratif,
 - informatif,
 - commercial,
 - militant,
 - ...

Cartographie et objectifs

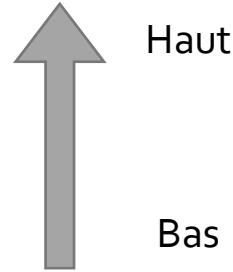


Cartographie et objectifs

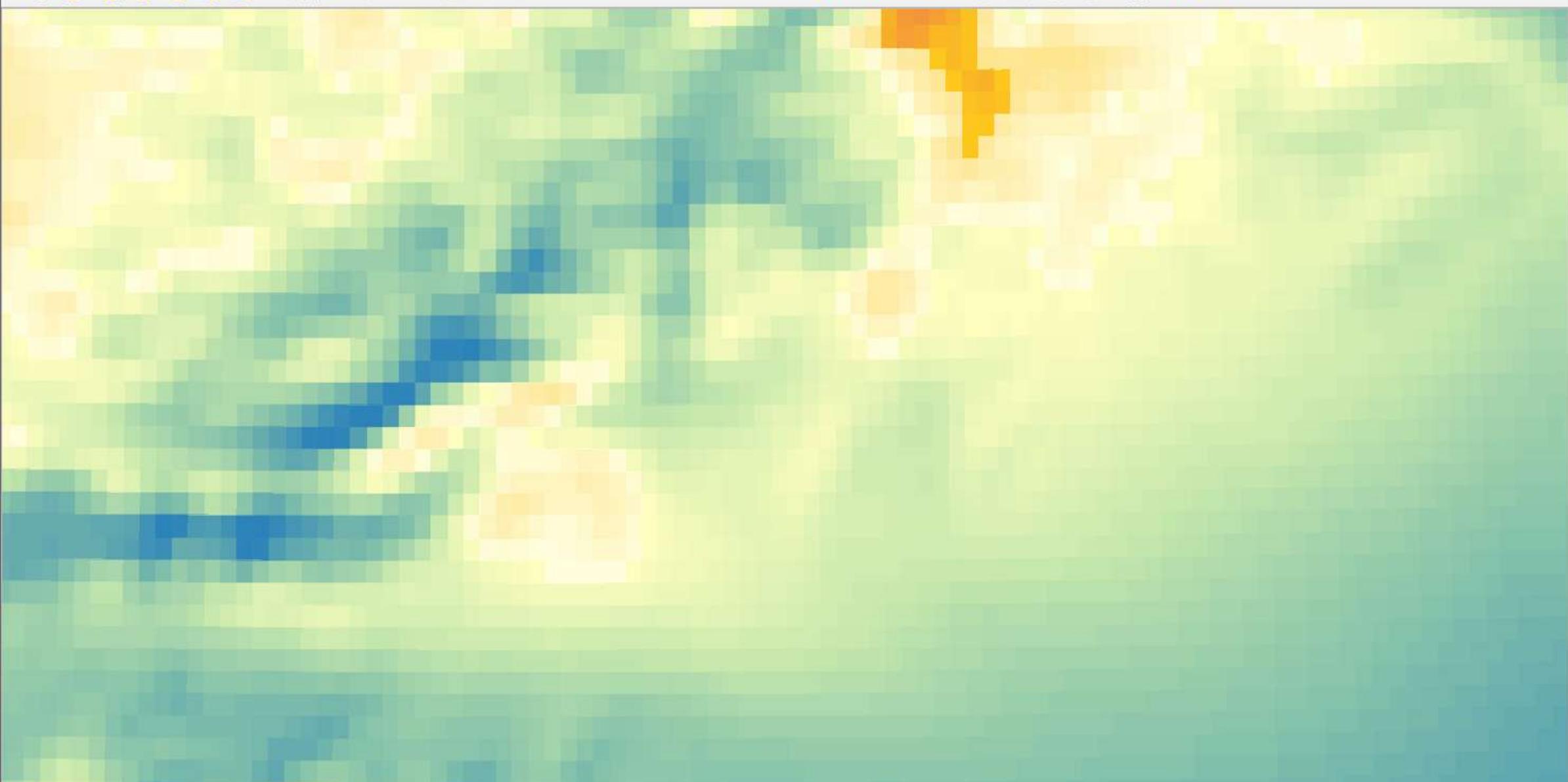


Cartographier (pour impression)

- Déterminer le format de papier et l'échelle.
- Superposer les données géographiques (couches) :
 - vecteurs : points,
 - vecteurs : polylignes,
 - vecteurs : polygones,
 - raster : fond de plan.
- Définir la symbologie des couches vecteurs (taille, couleur, remplissage).
- Choisir et positionner les étiquettes.
- Réaliser la mise en page (titre, flèche du nord, légende).



Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide



Taper pour trouver (Ctrl+H)

Coordonnée 775747 6323106



Échelle 1:500000



Loupe 100%



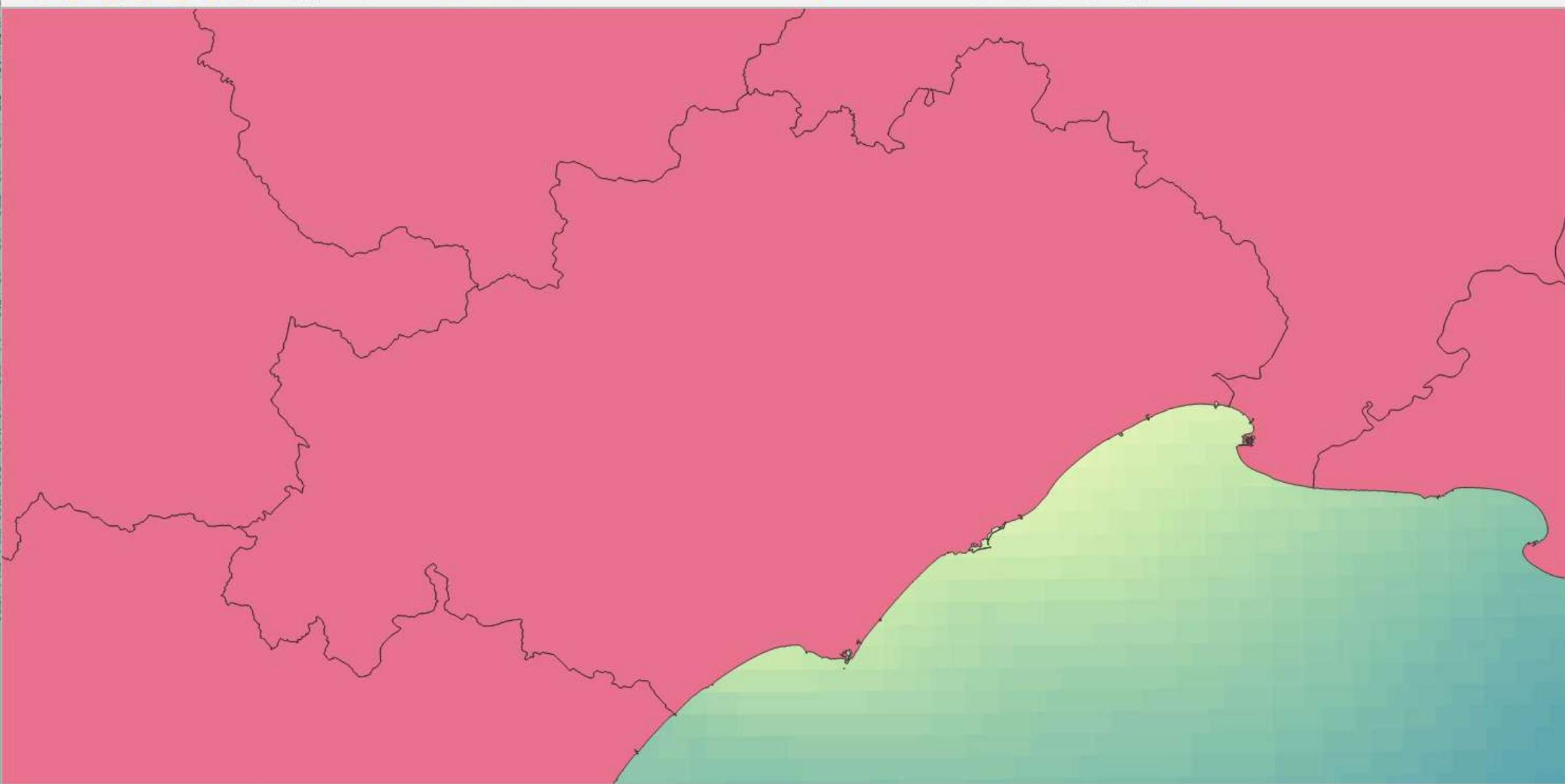
Rotation 0,0 °

Rendu

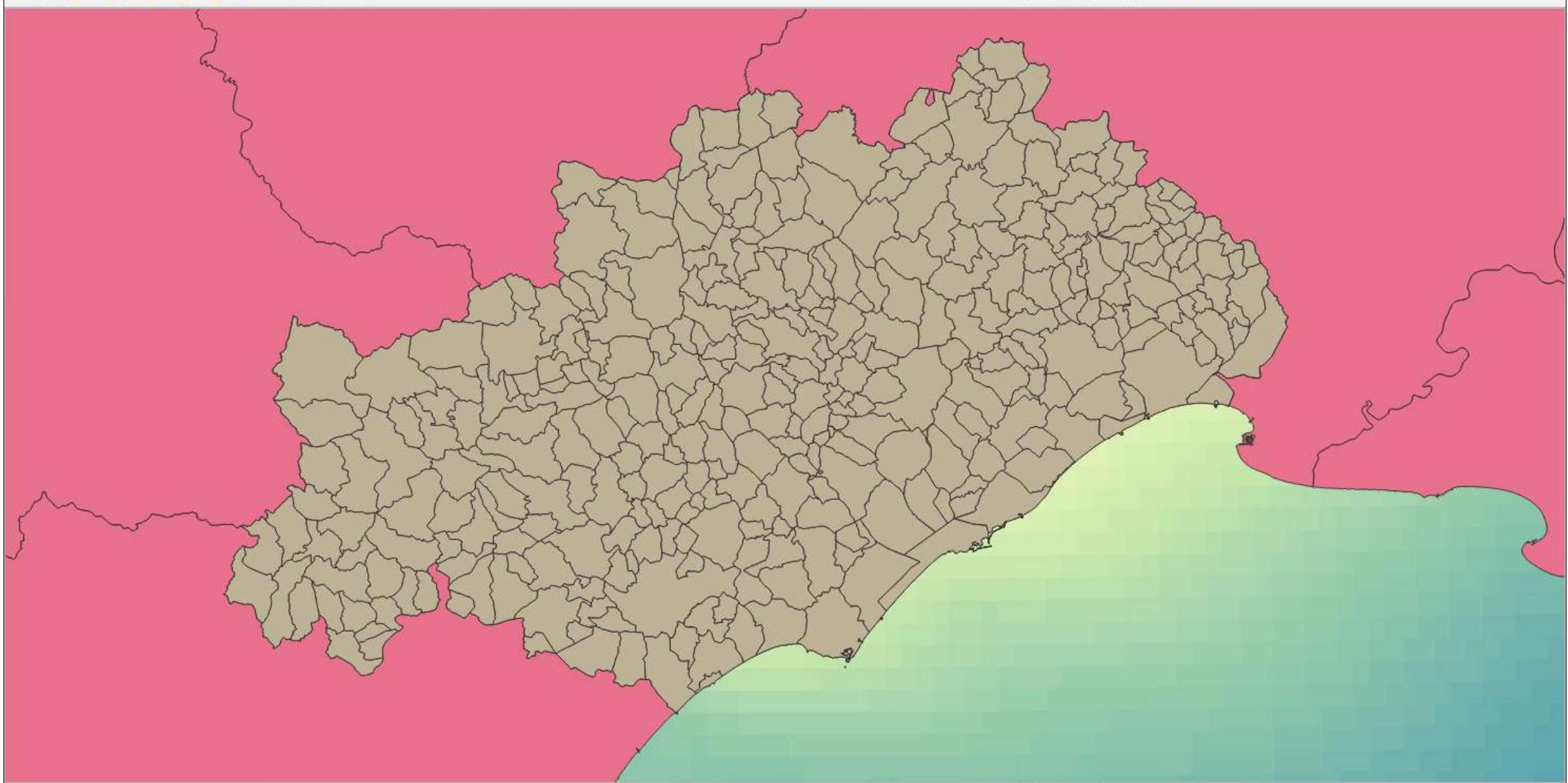
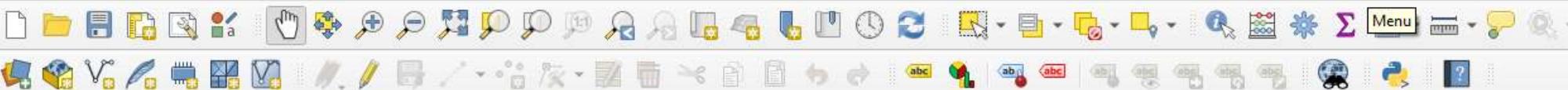
EPSG:2154



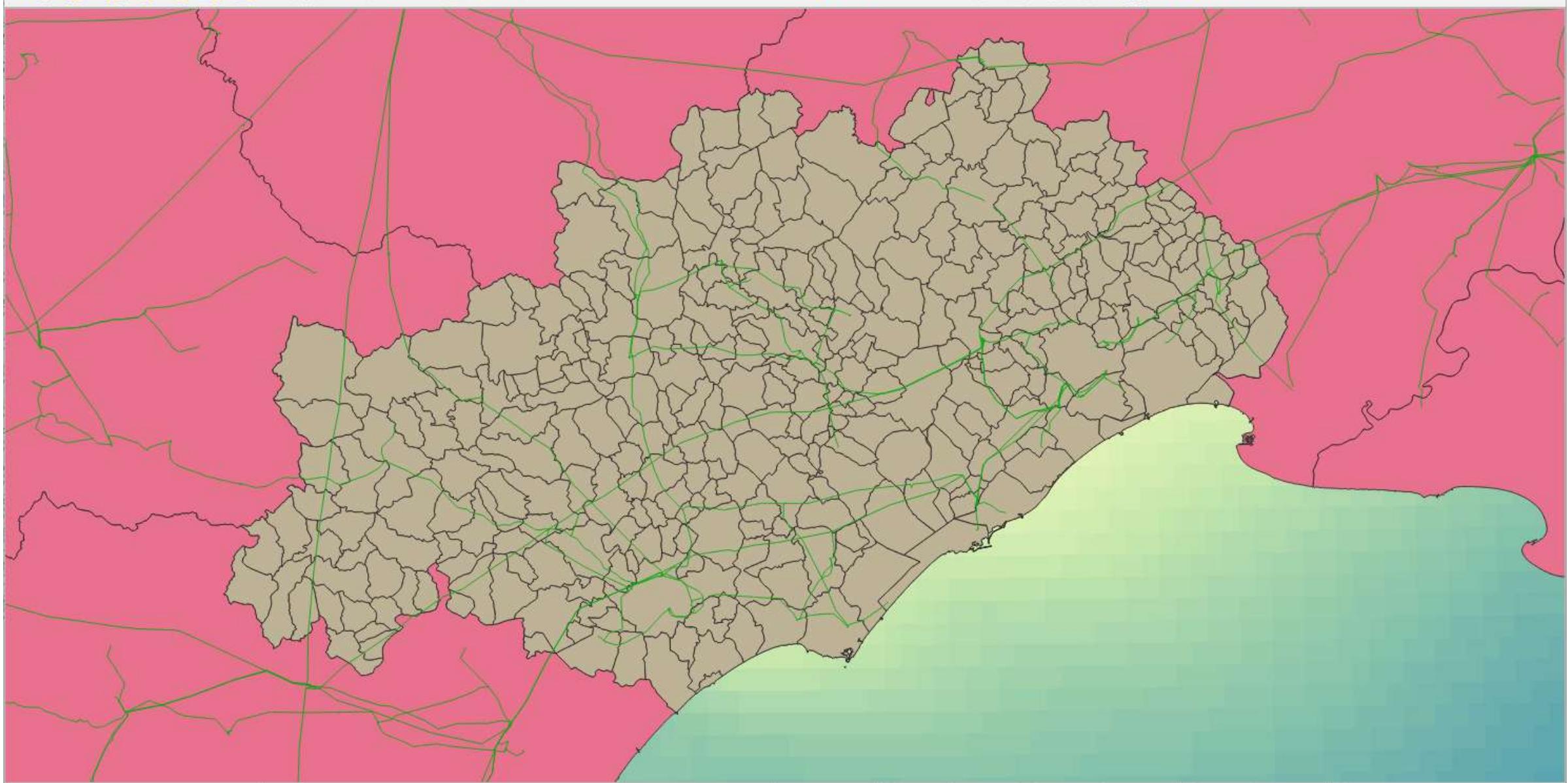
Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide



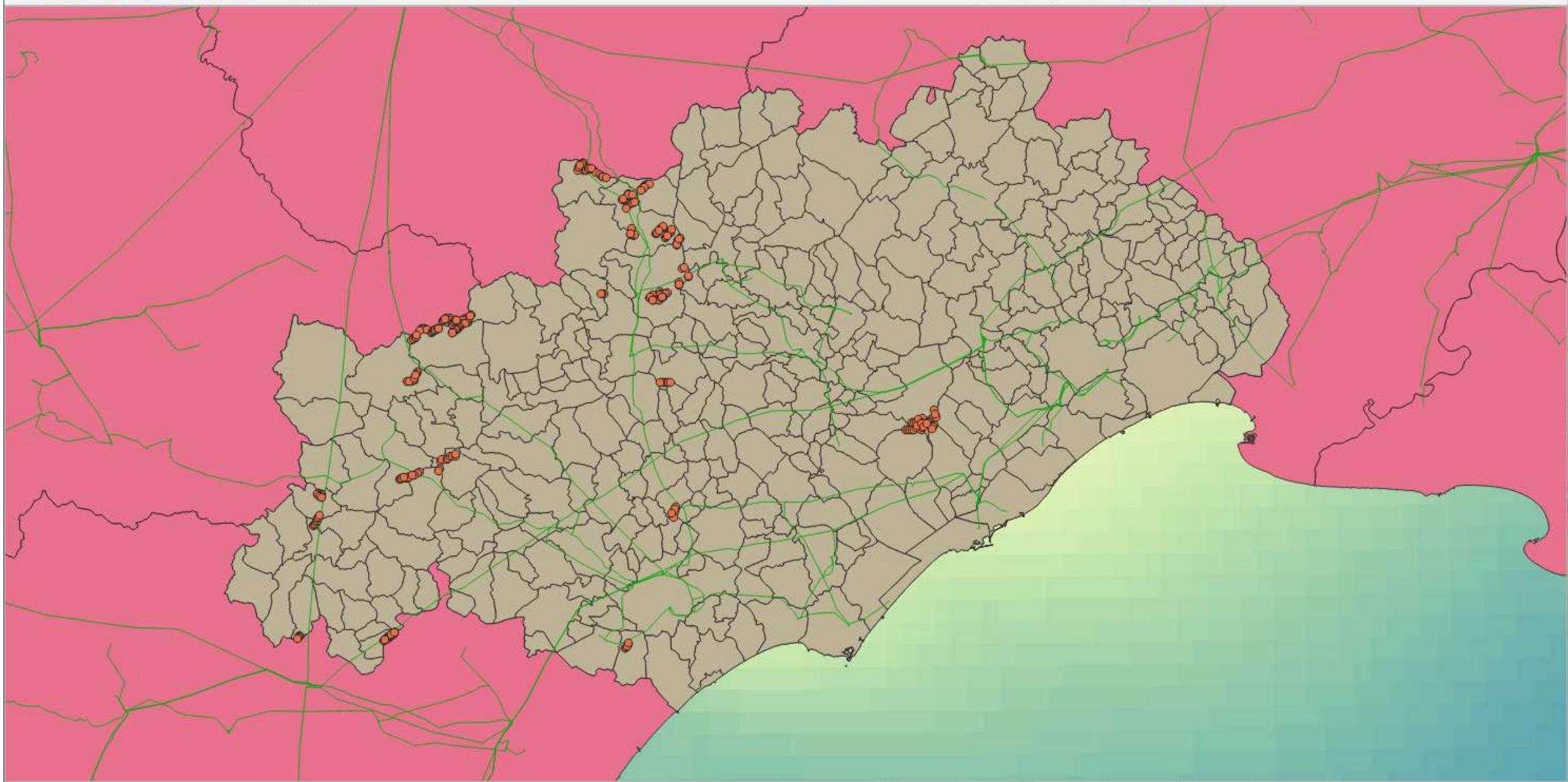
Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide



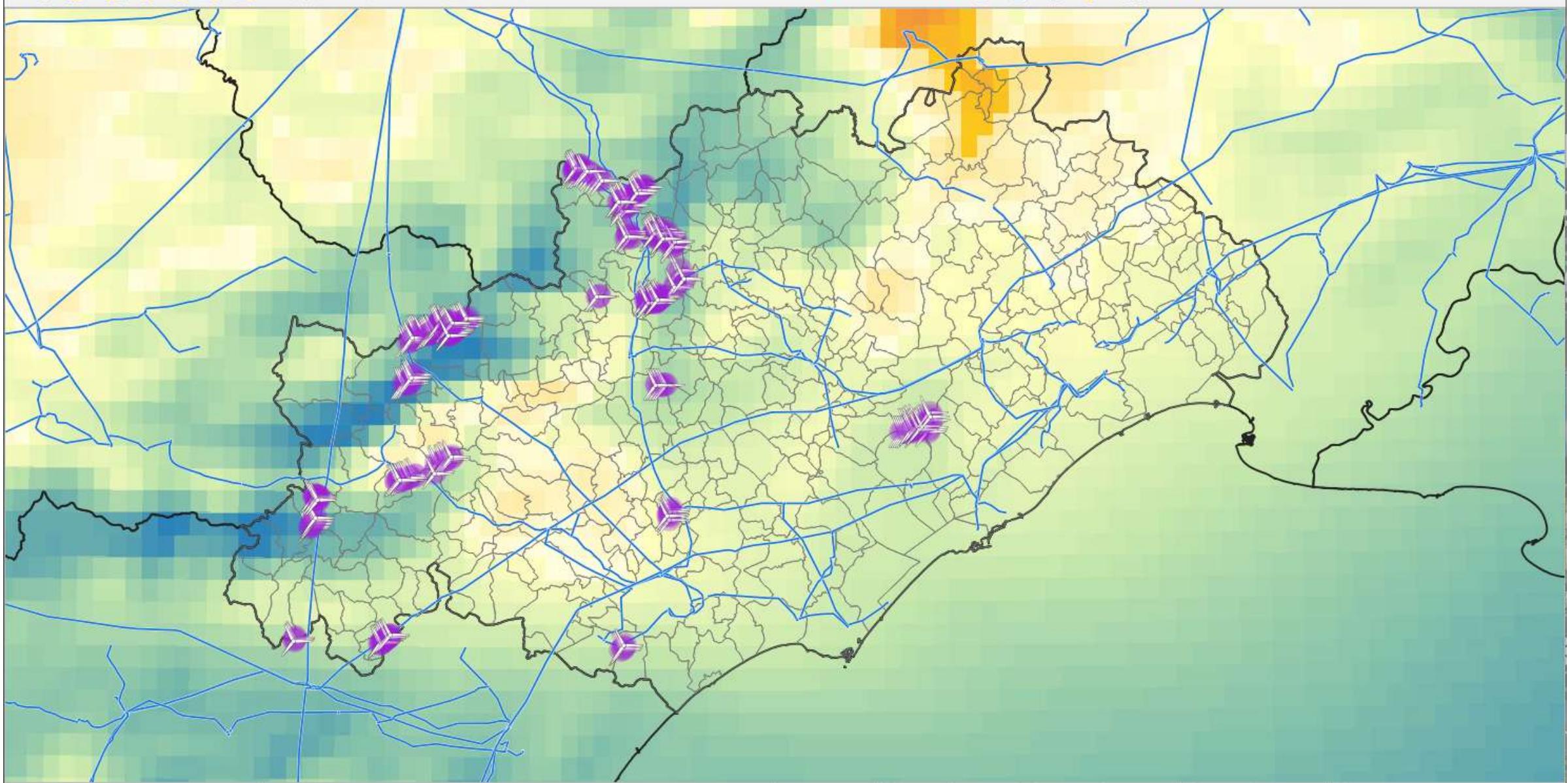
Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide

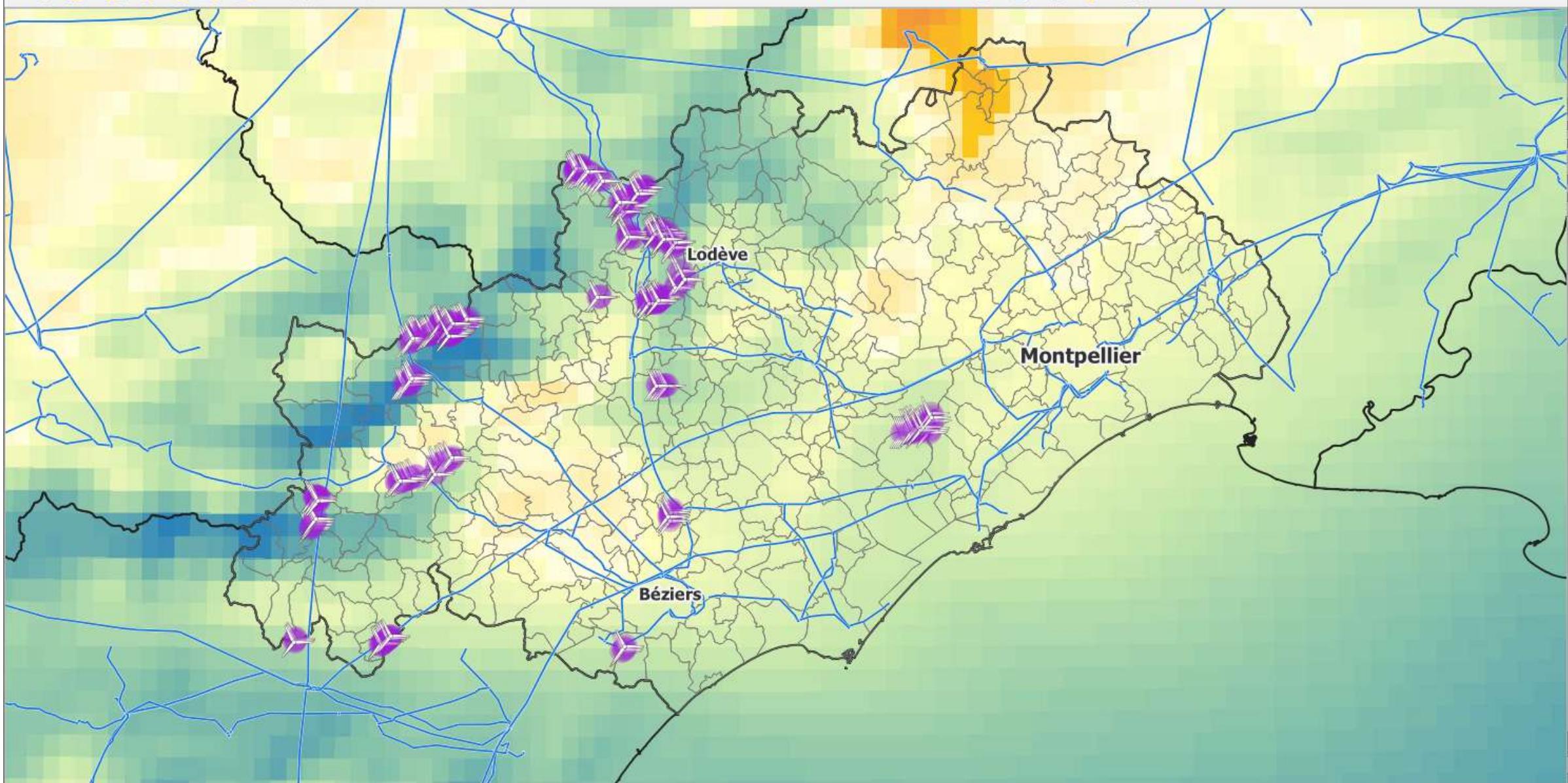


Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide

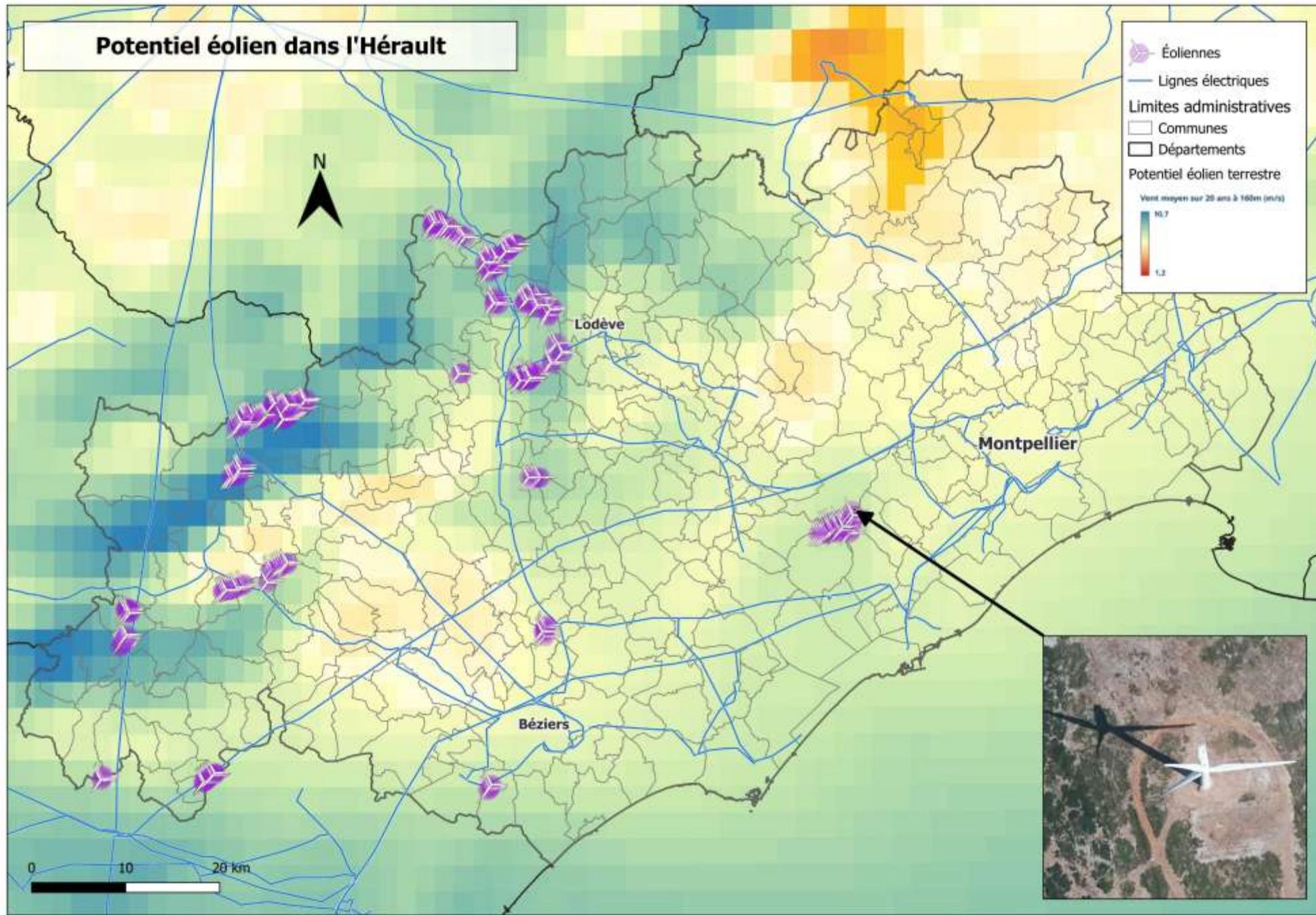


Projet Éditer Vue Couche Préférences Extensions Vecteur Raster Base de données Internet Maillage Traitement Aide





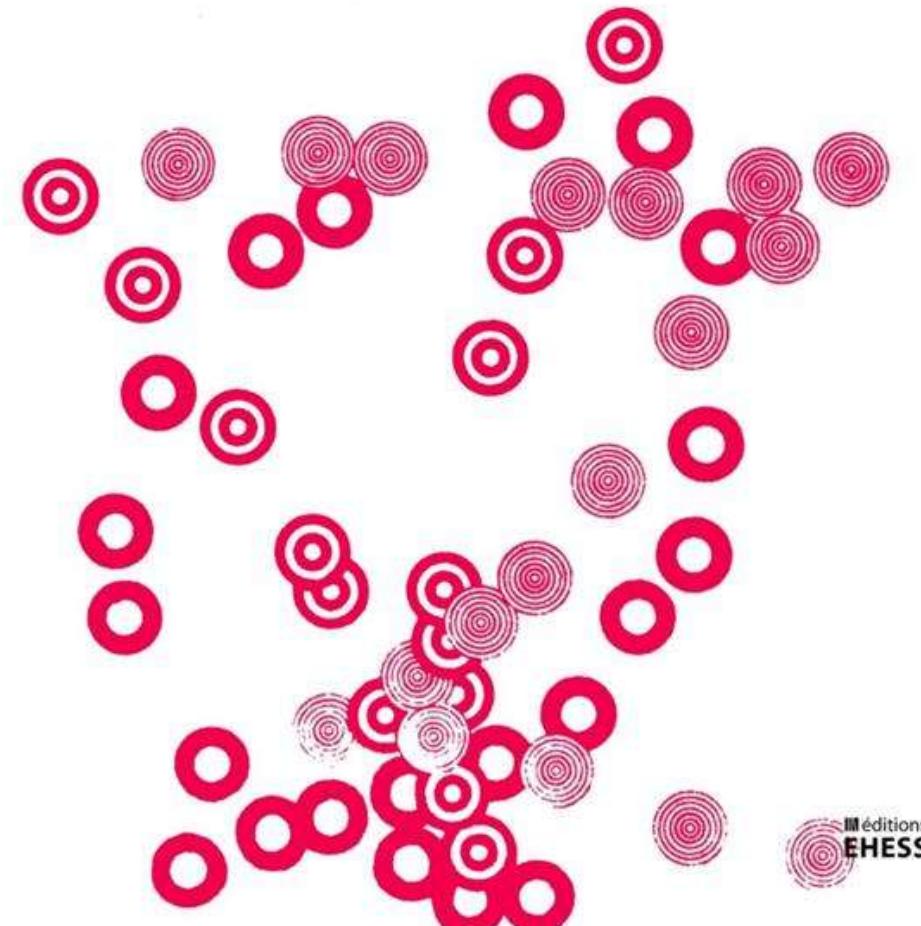
Potentiel éolien dans l'Hérault

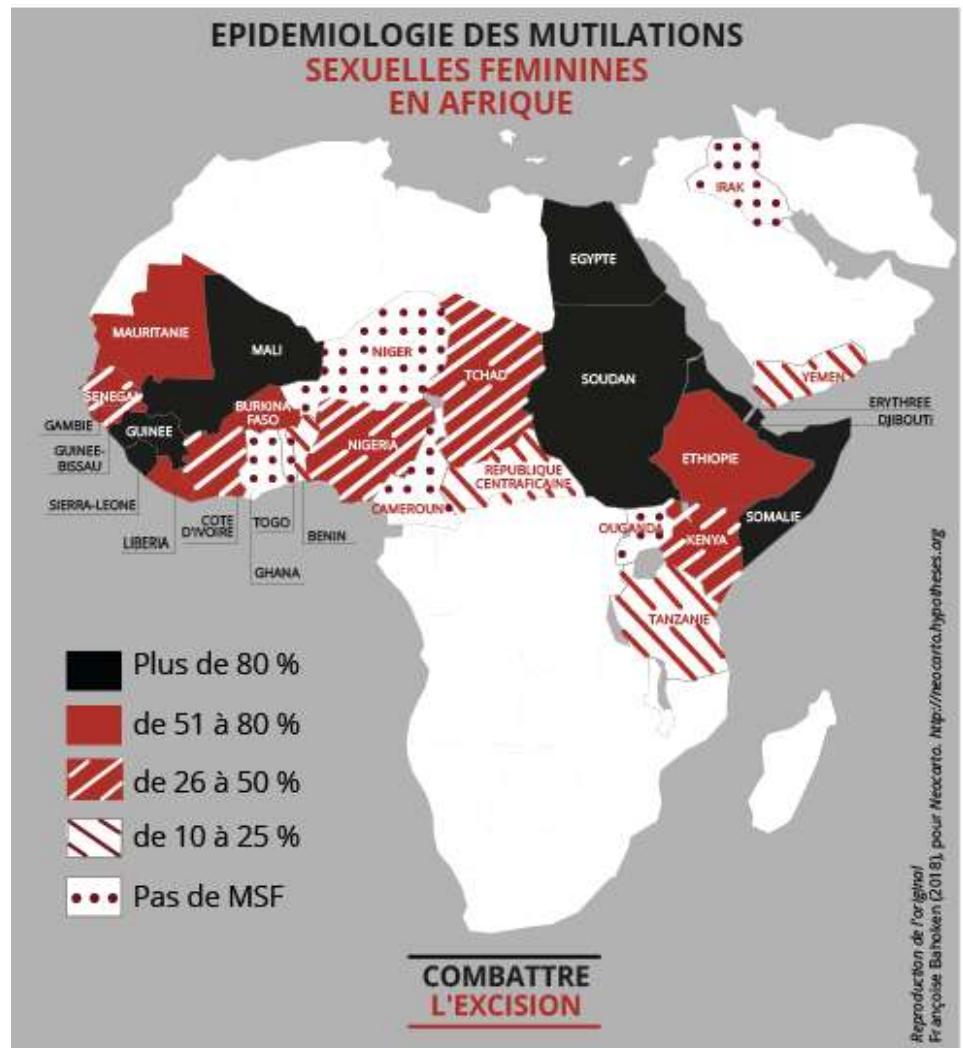


Jacques Bertin

Sémiologie graphique

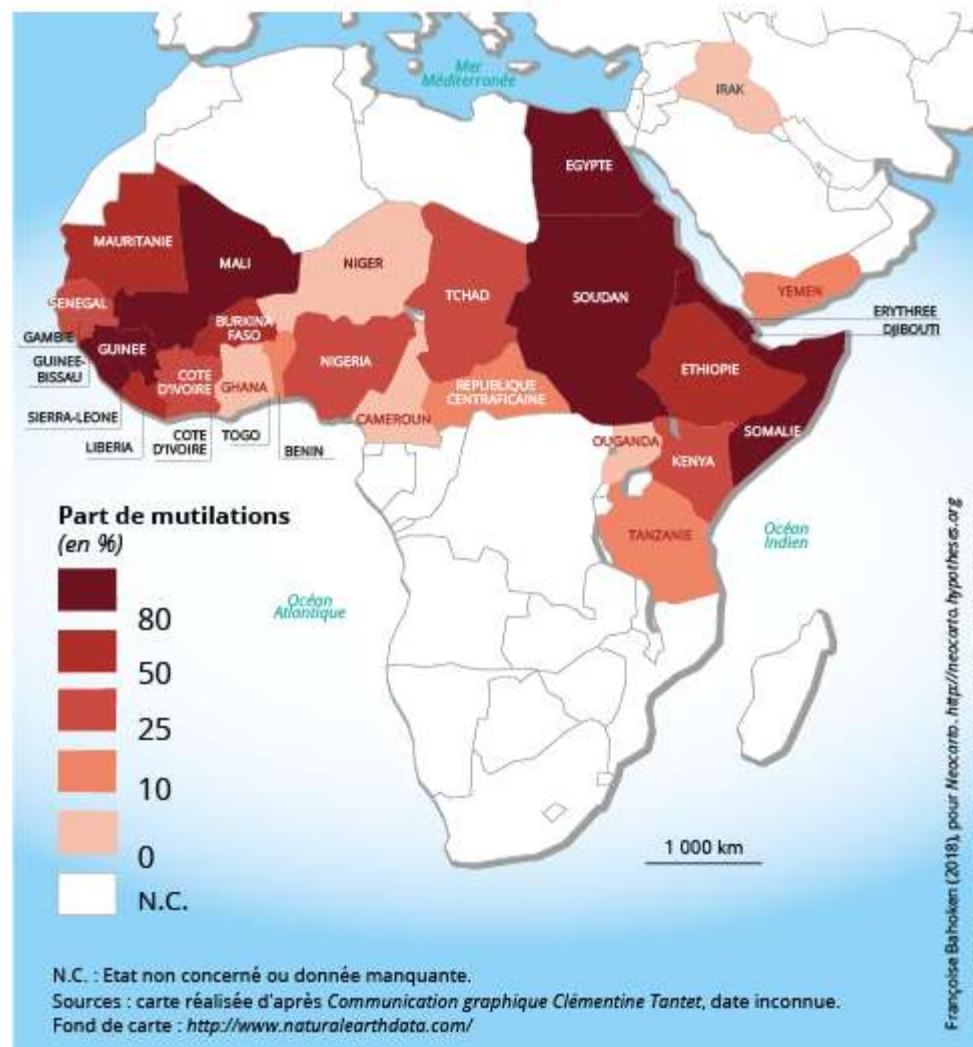
Les diagrammes - Les réseaux - Les cartes





Source : Clémentine Tantet (non daté), *Epidémiologie de mutilations sexuelles féminines en Afrique*, Communication graphique Clémentine Tantet.

EPIDÉMIOLOGIE DES MUTILATIONS SEXUELLES FÉMININES EN AFRIQUE



Source : <https://neocarto.hypotheses.org/3991/2>

Les acteurs



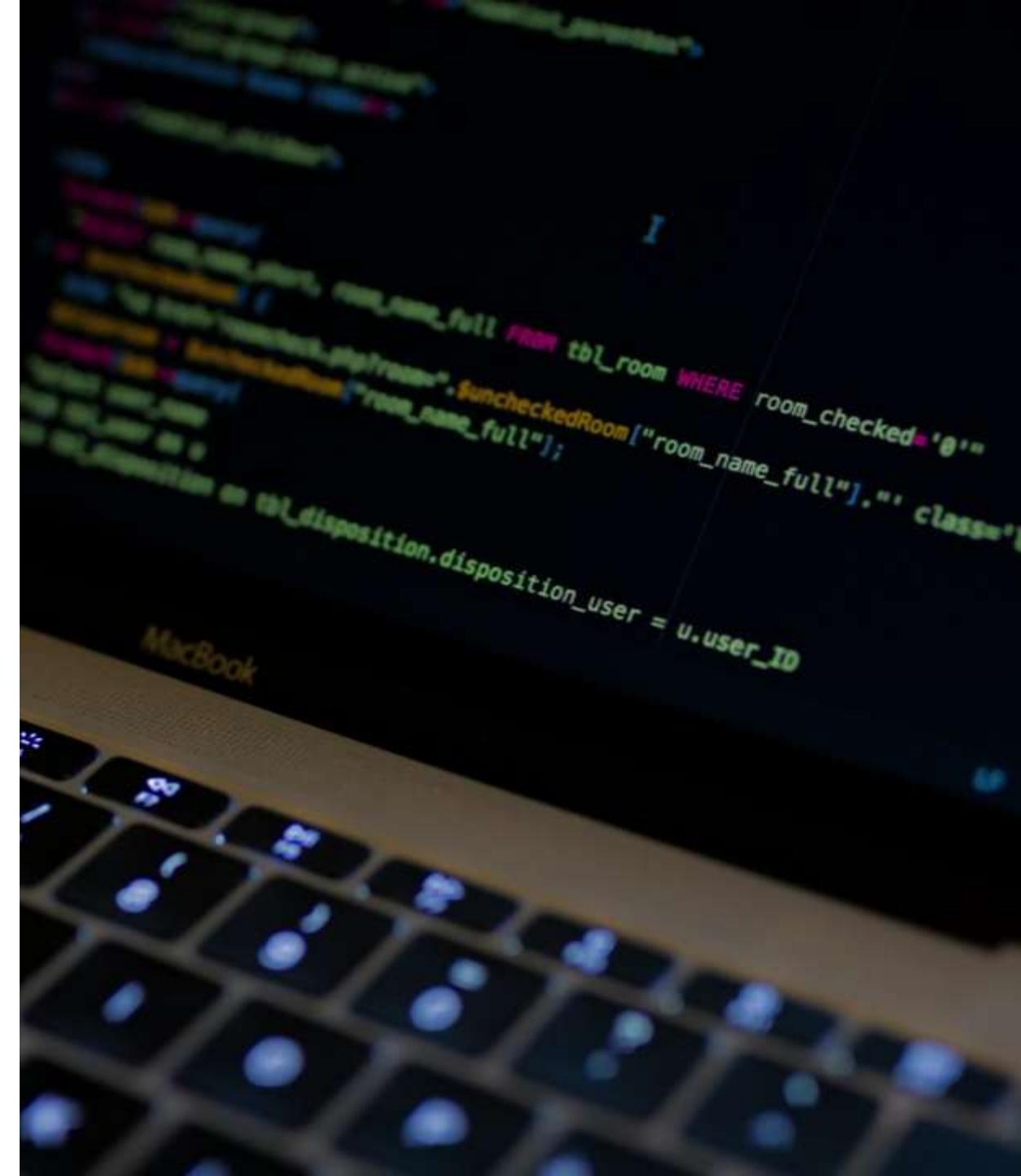
Les acteurs

- [IGN](#) : Institut de l'Information Géographique et Forestière
- [CNIG](#) : Centre National de l'Information Géolocalisée
- [Afigéo](#) : Association Française pour l'Information Géographique
- Réseau des CRIGEs : Centres Régionaux de l'Information Géographique
 - Occitanie : [OpenIG](#)
 - Provence-Alpes-Côte d'Azur : [Crige PACA](#)
 - ...
- [OSM](#) : Open Street Map
- [Geotribu](#)
- [GeoRezo](#)
- [OSGeo](#) : Open Source Geospatial

Bases de données spatiales

Partie 2 – SQL spatial avec PostgreSQL / PostGIS

Rappels SQL



Rappels SQL - select simples

- Toutes les lignes et toutes les colonnes d'une table :

```
select *  
from <table>
```

- Une sous-partie des colonnes d'une table :

```
select <colonne_1>, <colonne_2>  
from <table>
```

- Une sous-partie des lignes d'une table :

```
select *  
from <table>  
where <condition>
```

- Les valeurs distinctes d'une ou plusieurs colonnes d'une table

- ```
select distinct <colonne_1>, <colonne_2>
from <table>
```

# Rappels SQL - jointures

- Le produit cartésien d'une table A et d'une table B :

```
select *
from <table_a>
cross join <table_b>
```

- Les lignes d'une table A avec une correspondance dans une table B :

```
select *
from <table_a>
inner join <table_b> on <condition>
```

- Les lignes d'une table A avec, ou non, une correspondance dans une table B :

```
select *
from <table_a>
left join <table_b> on <condition>
```

- Les lignes d'une table B avec ou non une correspondance dans une table A :

```
select *
from <table_a>
right join <table_b> on <condition>
```

- Les lignes des tables A et B qu'elles aient ou non une correspondance :

```
select *
from <table_a>
full join <table_b> on <condition>
```

# Rappels SQL - agrégats

- Calcul d'un agrégat sur la totalité d'une table :

```
select <fonction_agrégat(colonne)>
from <table>
```

- Calcul d'un agrégat sur un regroupement des lignes d'une table :

```
select <colonne_1>, <colonne_2>, <fonction_agrégat(colonne_4)>
from <table>
group by <colonne_1>, <colonne_2>, <colonne_3>
```

- Condition sur un agrégat :

```
select <colonne_1>, <colonne_2>
from <table>
group by <colonne_1>, <colonne_2>
having <fonction_agrégat(colonne_3)> <condition>
```

# Rappels SQL - opérations ensemblistes

- Les lignes de la table A avec les lignes de la table B sans doublon :

```
select * from <table_a>
union
select * from <table_b>
```

- Les lignes qui sont dans la table A et dans la table B sans doublon :

```
select * from <table_a>
intersect
select * from <table_b>
```

- Les lignes qui sont dans la table A mais pas dans la table B sans doublon :

```
select * from <table_a>
except
select * from <table_b>
```

- Pour avoir les doublons, union all, intersect all, except all.

# SQL - CTE

```
with <nom_cte_1> as (
 <sous_requête_1>
),
<nom_cte_2> as (
 <sous_requête_2>
)
<requête_principale>
```

# SQL - fonction de fenêtrage

```
select
 <fonction_de_fenêtrage([argument(s)])>
 over (
 [partition by <colonne(s)>]
 [order by <colonne(s)>]
)
from <table>
```

# Exemple : CTE

```
with population_departement as (
 select
 code_insee_du_departement,
 sum(population) as population
 from commune
 group by code_insee_du_departement
)
select
 c.nom_officiel,
 c.population,
 popdept.population,
 c.population::numeric / popdept.population as part_population
from commune c
inner join population_departement popdept on c.code_insee_du_departement = popdept.code_insee_du_departement
where c.code_insee_du_departement = '34'
order by 4 desc
```

commune 1 X

with population\_departement as ( select code\_insee\_du\_de |  Entrer une expression SQL pour filtrer les résultats (utilisez Ctrl+Espace)

|   | A-Z nom_officiel | 123 population | 123 population | 123 part_population |  |
|---|------------------|----------------|----------------|---------------------|--|
| 1 | Montpellier      | 307101         | 1217331        | 0,2522740323        |  |
| 2 | Béziers          | 80815          | 1217331        | 0,0663870385        |  |
| 3 | Sète             | 45090          | 1217331        | 0,0370400491        |  |

# Exemple : fonction de fenêtrage

```
select
 c.nom_officiel,
 c.population,
 sum(c.population) over (partition by code_insee_du_departement) as part_population,
 c.population::numeric / sum(c.population) over (partition by code_insee_du_departement) as part_population
from commune c
where c.code_insee_du_departement = '34'
order by 4 desc
```

commune 1 X

select c.nom\_officiel, c.population, sum(c.population) ove | Entrez une expression SQL pour filtrer les résultats (utilisez Ctrl+Espace)

|   | AZ nom_officiel | 123 population | 123 part_population | 123 part_population |  |
|---|-----------------|----------------|---------------------|---------------------|--|
| 1 | Montpellier     | 307 101        | 1 217 331           | 0,2522740323        |  |
| 2 | Béziers         | 80 815         | 1 217 331           | 0,0663870385        |  |
| 3 | Sète            | 45 090         | 1 217 331           | 0,0370400491        |  |

# Exemple : fonction de fenêtrage

```
select
 rank() over(partition by code_insee_du_departement order by population desc) as classement,
 nom_officiel,
 population
from commune
where code_insee_du_departement = '34'
```

commune 1 X

select rank() over(partition by code\_insee\_du\_departement ... Entrez une expression SQL pour filtrer les résultats (utilisez Ctrl+Espace)

|   | 123 classement | AZ nom_officiel | 123 population |
|---|----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 1              | Montpellier     | 307 101        |
| 2 | 2              | Béziers         | 80 815         |
| 3 | 3              | Sète            | 45 090         |

|    |    |                 |       |
|----|----|-----------------|-------|
| 68 | 68 | Saint-Brès      | 3 462 |
| 69 | 69 | Vic-la-Gardiole | 3 413 |
| 70 | 69 | Capestang       | 3 413 |
| 71 | 71 | Portiragnes     | 3 388 |

# Exemple : fonction de fenêtrage

```
select
 lag(nom_officiel) over(partition by code_insee_du_departement order by population desc) as avant,
 nom_officiel,
 lead(nom_officiel) over(partition by code_insee_du_departement order by population desc) as apres,
 concat_ws(
 ' >= ',
 lag(population) over(partition by code_insee_du_departement order by population desc),
 population,
 lead(population) over(partition by code_insee_du_departement order by population desc)
) as populations
from commune
where code_insee_du_departement = '34'
```

commune 1 ×

Entrez une expression SQL pour filtrer les résultats (utilisez Ctrl+Espace)

|   | AZ avant    | AZ nom_officiel | AZ apres | AZ populations           |  |
|---|-------------|-----------------|----------|--------------------------|--|
| 1 | [NULL]      | Montpellier     | Béziers  | 307101 >= 80815          |  |
| 2 | Montpellier | Béziers         | Sète     | 307101 >= 80815 >= 45090 |  |
| 3 | Béziers     | Sète            | Agde     | 80815 >= 45090 >= 29612  |  |

# **SQL spatial**



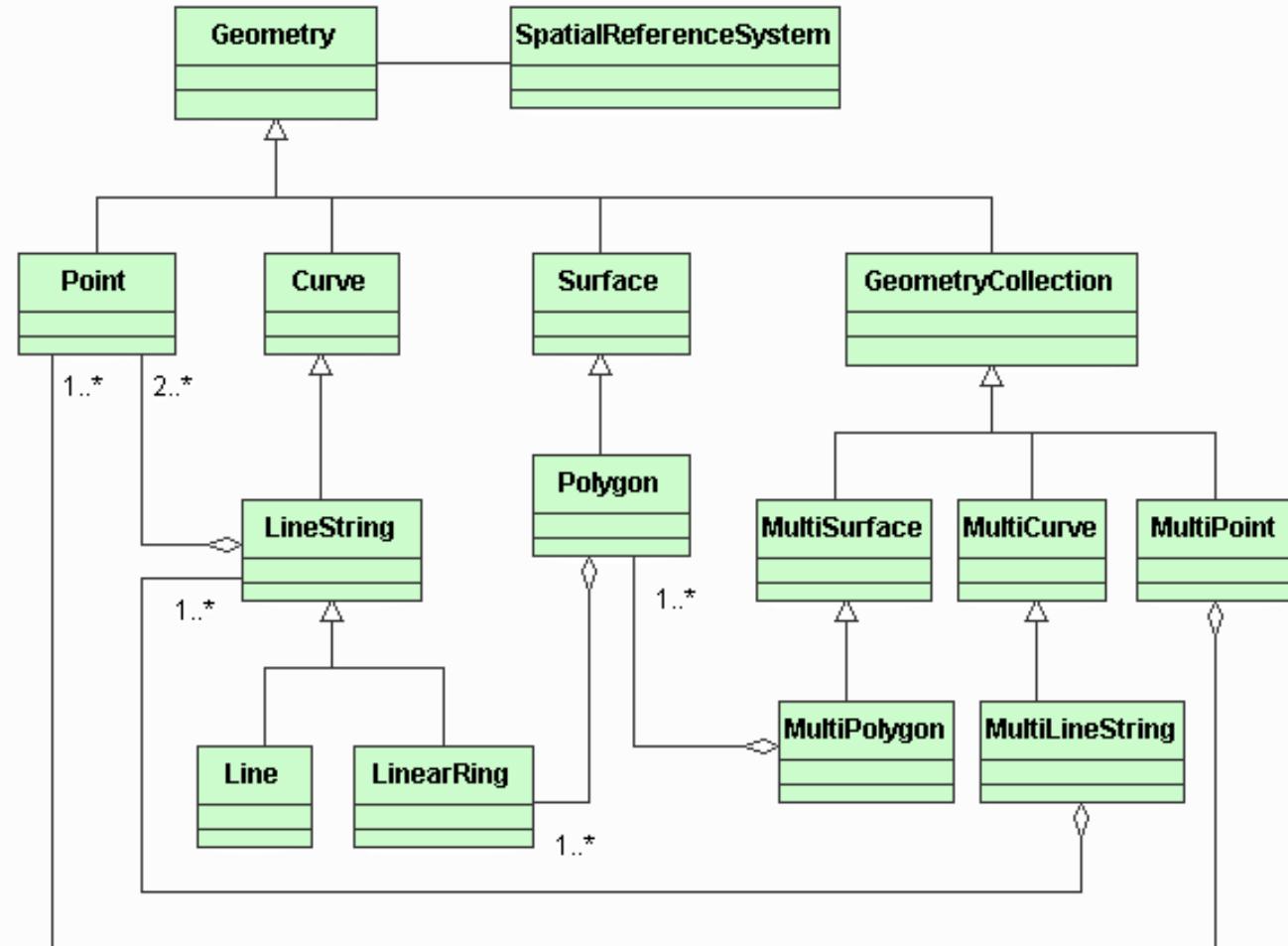
# L'extension PostGIS

- L'extension PostGIS ajoute à PostgreSQL :
  - Des types :
    - pour la gestion des données rasters,
    - pour la gestion des données vecteurs :
      - geography,
      - geometry.
  - Des (centaines de) fonctions :
    - pour créer, modifier, comparer, renseigner sur, combiner les données géographiques.

# Types *geometry*

*Simple Features* est un ensemble de norme qui spécifient un modèle commun de stockage et d'accès aux entités géographiques constitué principalement de géométries bidimensionnelles utilisées par les BDD géographiques et les SIG.

Il est officialisé à la fois par l'*Open Geospatial Consortium* (OGC) et l'*International Organization for Standardization* (ISO).



# Types *geometry*

PostgreSQL / PostGIS ne font pas de distinction entre la composante graphique et la composante attributaire.

| Nom de la colonne                     | #  | Type de données                     |
|---------------------------------------|----|-------------------------------------|
| 123_fid                               | 1  | serial4                             |
| AZ_cleabs                             | 2  | varchar(24)                         |
| AZ_nom_officiel                       | 3  | varchar                             |
| AZ_code_insee                         | 4  | varchar                             |
| AZ_code_insee_de_la_region            | 5  | varchar                             |
| AZ_code_siren                         | 6  | varchar                             |
| ⌚_date_creation                       | 7  | timestamptz                         |
| ⌚_date_modification                   | 8  | timestamptz                         |
| ⌚_date_d_apparition                   | 9  | date                                |
| ⌚_date_de_confirmation                | 10 | date                                |
| AZ_liens_vers_autorite_administrative | 11 | varchar                             |
| ☒_geometrie                           | 12 | public.geometry(multipolygon, 2154) |

# ***Table Management Functions***

- ***AddGeometryColumn*** : Adds a geometry column to an existing table.

# Exemple *Table Management Functions*

```
select AddGeometryColumn('ma_table', 'geom', 2154, 'POINT', 2)
```

# **Geometry Constructors**

- ***ST\_MakePoint*** : Creates a 2D, 3DZ or 4D Point.
- ***ST\_MakeLine*** : Creates a LineString from Point, MultiPoint, or LineString geometries.
- ***ST\_MakePolygon*** : Creates a Polygon from a shell and optional list of holes.
- ***ST\_HexagonGrid*** : Returns a set of hexagons and cell indices that completely cover the bounds of the geometry argument.
- ***ST\_Collect*** : Creates a GeometryCollection or Multi\* geometry from a set of geometries.

# Exemple *Geometry Constructors*

```
select ST_MakePoint(770191.8830346073, 6279753.278247552)
```

# **Spatial Reference System Functions**

- ***ST\_SetSRID*** : Set the SRID on a geometry.
- ***ST\_SRID*** : Returns the spatial reference identifier for a geometry.
- ***ST\_Transform*** : Return a new geometry with coordinates transformed to a different spatial reference system.

# **Exemple *Spatial Reference System Functions***

```
select ST_SetSRID(ST_MakePoint(770191.8830346073, 6279753.278247552), 2154)
```

# ***Geometry Output***

- ***ST\_AsEWKT*** : Return the Well-Known Text (WKT) representation of the geometry with SRID meta data.
- ***ST\_AsText*** : Return the Well-Known Text (WKT) representation of the geometry/geography without SRID metadata.

# Exemple *Geometry Output*

```
select
 ST_AsEWKT(
 ST_SetSRID(
 ST_MakePoint(770191.8830346073, 6279753.278247552), 2154
)
)
```

# ***Geometry Input***

- ***ST\_GeomFromText*** : Return a specified ST\_Geometry value from Well-Known Text representation (WKT).

# Exemple *Geometry Input*

```
select ST_GeomFromText('POINT(770191.8830346073 6279753.278247552)', 2154)
```

# **Geometry Accessors**

- ***ST\_Dump*** : Returns a set of geometry\_dump rows for the components of a geometry.
- ***ST\_DumpPoints*** : Returns a set of geometry\_dump rows for the coordinates in a geometry.
- ***ST\_EndPoint / ST\_StartPoint*** : Returns the last / first point of a LineString or CircularLineString.
- ***ST\_ExteriorRing*** : Returns a LineString representing the exterior ring of a Polygon.
- ***ST\_Envelope*** : Returns a geometry representing the bounding box of a geometry.
- ***ST\_NPoints*** : Returns the number of points (vertices) in a geometry.
- ***ST\_NumGeometries*** : Returns the number of elements in a geometry collection.
- ***ST\_PointN*** : Returns the Nth point in the first LineString or circular LineString in a geometry.
- ***ST\_X / ST\_Y*** : Returns the X / Y coordinate of a Point.

# Exemple *Geometry Accessors*

```
select
 cleabs,
 ST_X(ST_StartPoint(geometrie)),
 ST_Y(ST_EndPoint(geometrie))
from troncon_de_voie_ferree
```

# **Geometry Editors**

- ***ST\_AddPoint / ST\_RemovePoint*** : Add / remove a point to / from a LineString.
- ***ST\_CollectionExtract*** : Given a geometry collection, returns a multi-geometry containing only elements of a specified type.
- ***ST\_Reverse*** : Return the geometry with vertex order reversed.

# Exemple *Geometry Editors*

```
select cleabs, ST_Reverse(geometrie)
from troncon_de_voie_ferree
```

# **Bounding Box Functions**

- ***ST\_Extent*** : Aggregate function that returns the bounding box of geometries.
- ***ST\_XMax / ST\_XMin*** : Returns the X maxima / minima of a 2D or 3D bounding box or a geometry.
- ***ST\_YMax / ST\_YMin*** : Returns the Y maxima / minima of a 2D or 3D bounding box or a geometry.

# Exemple *Bounding Box Functions*

```
select code_insee_du_departement, ST_Extent(geometrie)
from commune
group by code_insee_du_departement
```

# **Measurement Functions**

- ***ST\_Area*** : Returns the area of a polygonal geometry.
- ***ST\_ClosestPoint*** : Returns the 2D point on  $g_1$  that is closest to  $g_2$ . This is the first point of the shortest line from one geometry to the other.
- ***ST\_Distance*** : Returns the distance between two geometry or geography values.
- ***ST\_Length*** : Returns the 2D length of a linear geometry.
- ***ST\_LongestLine / ST\_ShortestLine*** : Returns the 2D longest / shortest line between two geometries.
- ***ST\_MaxDistance*** : Returns the 2D largest distance between two geometries in projected units.
- ***ST\_Perimeter*** : Returns the length of the boundary of a polygonal geometry or geography.

# Exemple *Measurement Functions*

```
select nom_officiel, ST_Area(geometrie) as aire
from commune
where code_insee_du_departement = '34'
order by aire desc
```

# **Spatial Relationships**

- ***ST\_Contains*** : Tests if every point of *B* lies in *A*, and their interiors have a point in common.
- ***ST\_Disjoint*** : Tests if two geometries have no points in common.
- ***ST\_Equals*** : Tests if two geometries include the same set of points.
- ***ST\_Intersects*** : Tests if two geometries intersect (they have at least one point in common).
- ***ST\_Touches*** : Tests if two geometries have at least one point in common, but their interiors do not intersect.
- ***ST\_DWithin*** : Tests if two geometries are within a given distance.

# Exemple *Spatial Relationships*

```
select distinct commune.nom_officiel
from commune
inner join troncon_de_voie_ferree
 on ST_Intersects(troncon_de_voie_ferree.geometrie, commune.geometrie)
where commune.code_insee_departement = '34'
```

# **Overlay Functions**

- ***ST\_Difference*** : Computes a geometry representing the part of geometry A that does not intersect geometry B.
- ***ST\_Intersection*** : Computes a geometry representing the shared portion of geometries A and B.
- ***ST\_Split*** : Returns a collection of geometries created by splitting a geometry by another geometry.
- ***ST\_SymDifference*** : Computes a geometry representing the portions of geometries A and B that do not intersect.
- ***ST\_Union*** : Computes a geometry representing the point-set union of the input geometries.

# Exemple *Overlay Functions*

```
select
 commune.nom_officiel,
 ST_Intersection(foret_publique.geometrie, commune.geometrie)
from commune
inner join foret_publique
 on ST_Intersects(foret_publique.geometrie, commune.geometrie)
where foret_publique.toponyme = 'Forêt Domaniale du Pic Saint Loup'
```

# **Geometry Processing**

- ***ST\_Buffer*** : *Computes a geometry covering all points within a given distance from a geometry.*
- ***ST\_Centroid*** : *Returns the geometric center of a geometry.*
- ***ST\_LineMerge*** : *Returns the lines formed by sewing together a MultiLineString.*
- ***ST\_OrientedEnvelope*** : *Returns a minimum-area rectangle containing a geometry.*
- ***ST\_Simplify*** : *Returns a simplified representation of a geometry, using the Douglas-Peucker algorithm.*

# Exemple *Geometry Processing*

```
select nom_officiel, ST_Simplify(geometrie, 100)
from commune
where code_insee_du_departement = '34'
```

# ***Clustering Functions***

- ***ST\_ClusterIntersecting*** : Aggregate function that clusters input geometries into connected sets.
- ***ST\_ClusterWithin*** : Aggregate function that clusters geometries by separation distance.

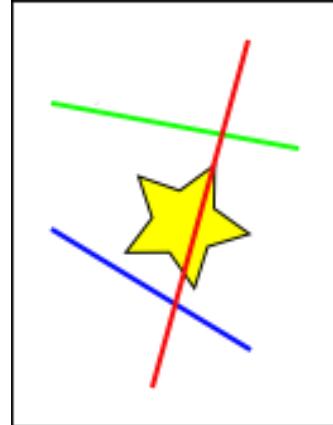
# Exemple *Clustering Functions*

```
select ST_Envelope(unnest(ST_ClusterWithin(me.geometrie, 1000)))
from mats_eolien me
inner join departement d on ST_Intersects(d.geometrie, me.geometrie)
where me.etat_ = 'En service'
and d.code_insee = '34'
```

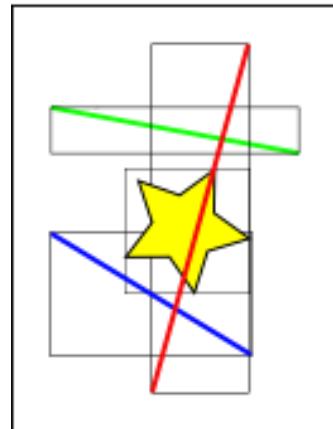
# Index spatiaux

- Les géographies peuvent être complexes. Par exemple, dans la BDTOPO il faut :
    - 1597 points pour décrire la commune de Montpellier,
    - 3169 points pour décrire la commune de Sète,
    - 33318 points pour décrire le Département de l'Hérault.
  - Les jointures spatiales sur de tels objets peuvent être lente.
- ➔ Solution : les index spatiaux.

# Principe de l'index GiST

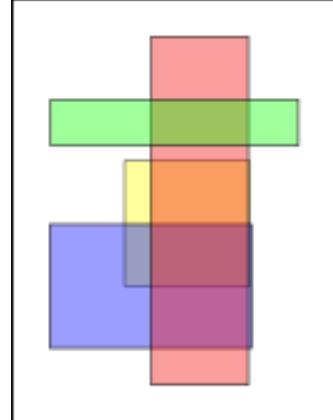


Quelles lignes intersectent l'étoile jaune ?



1 – Quelles boîtes intersectent la boîte jaune ?

2 – Quelles lignes intersectent l'étoile jaune seulement  
parmi les boîtes retournées à la première étape.



# Principe de l'index GiST



GiST est abbreviation de « generalized search tree »

# **Bases de données spatiales**

En route pour le TD...