



Introduction to spatial analysis and visualization

Abby Rutrough
Texas Tech University
E2M2 2025

Adapted from materials by:
Amy Wesolowski , Johns Hopkins University
Ben Rice, Princeton University

Goals for this lecture

- Understand when to use spatial analysis
Comprendre quand utiliser l'analyse spatiale
- Gain familiarity with different types of statistical approaches in spatial analysis
Se familiariser avec les divers types d'approches statistiques utilisés dans l'analyse spatiale
- Identify different types of spatial data and programs
Identifier les différents types de données spatiales et de programmes

Goals for this lecture

- Understand when to use spatial analysis
Comprendre quand utiliser l'analyse spatiale
- Gain familiarity with different types of statistical approaches in spatial analysis
Se familiariser avec les divers types d'approches statistiques utilisés dans l'analyse spatiale
- Identify different types of spatial data and programs
Identifier les différents types de données spatiales et de programmes

Why do spatial analysis?

Pourquoi faire une analyse spatiale?



Many models
assume
homogeneity



De nombreux
modèles
supposent
l'homogénéité



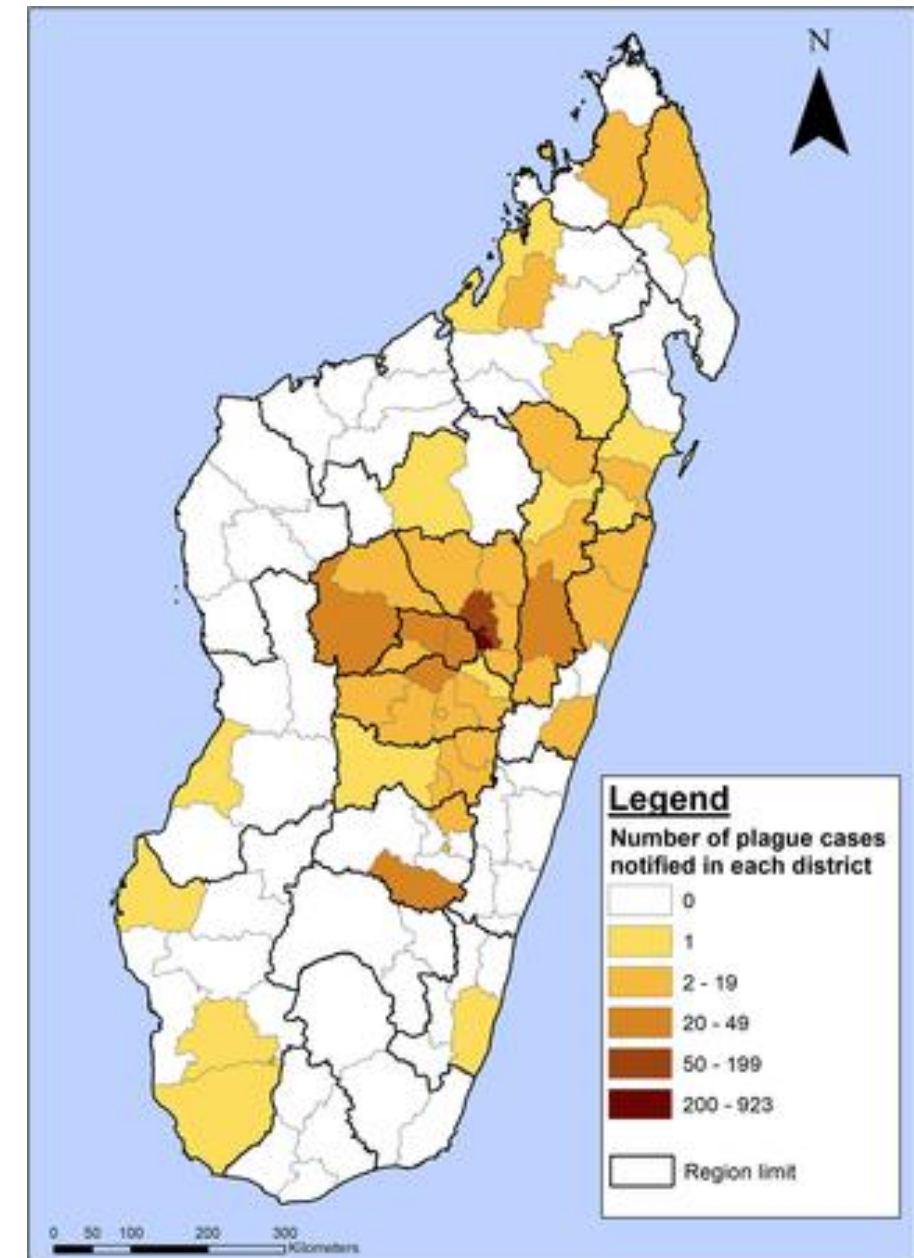
Why do spatial analysis?

Pourquoi faire une analyse spatiale?



Sometimes it matters *where* a thing is happening

Parfois, l'endroit *où* quelque chose se passe a de l'importance.



Number of Cases Reported in the
2017 Plague Outbreak

Bonds et al., 2018

Spatial analysis can lead to key public health findings

L'analyse spatiale peut conduire à des découvertes majeures en santé publique

Spatial analysis can lead to key public health findings

L'analyse spatiale peut conduire à des découvertes majeures en santé publique



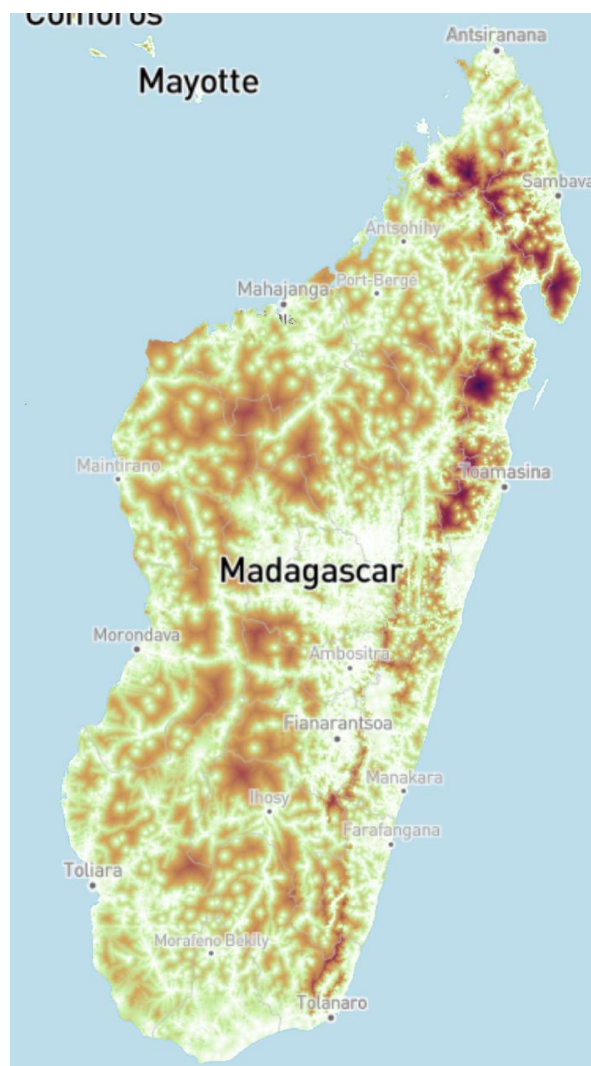
John Snow cholera map (London, 1854)
Carte du choléra de John Snow (Londres, 1854)



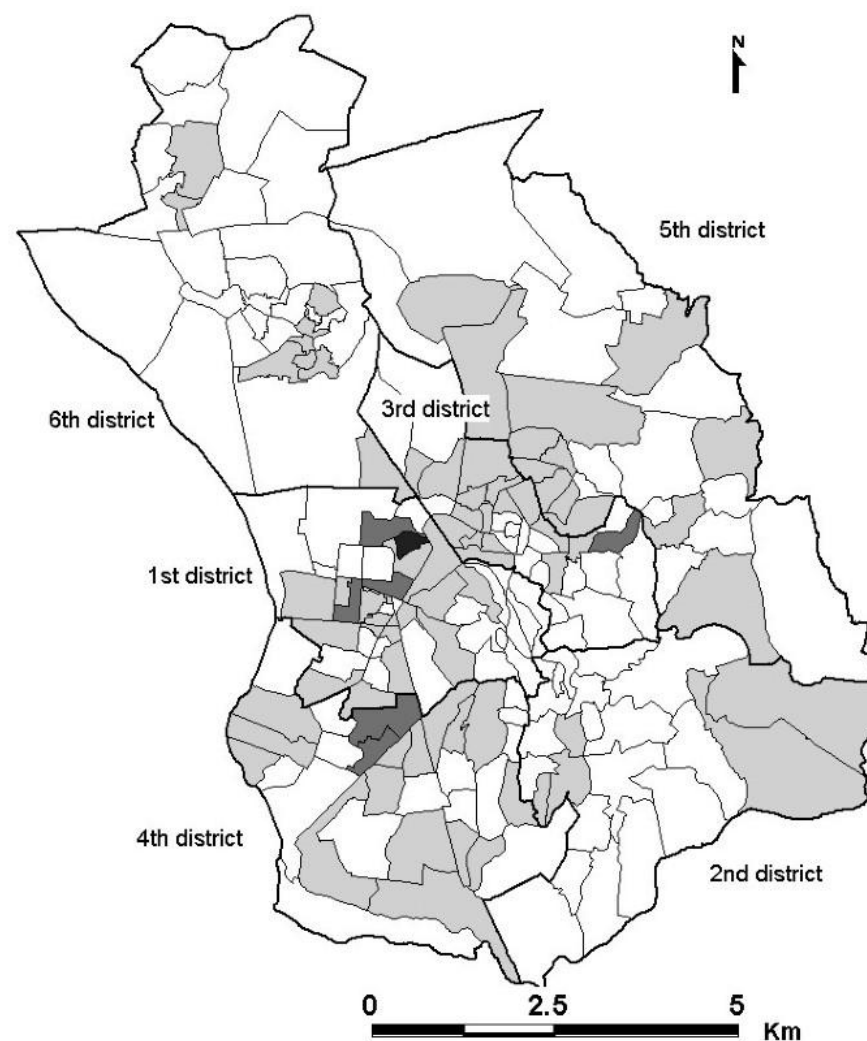
John Snow

Spatial Analysis is Common in Epidemiology

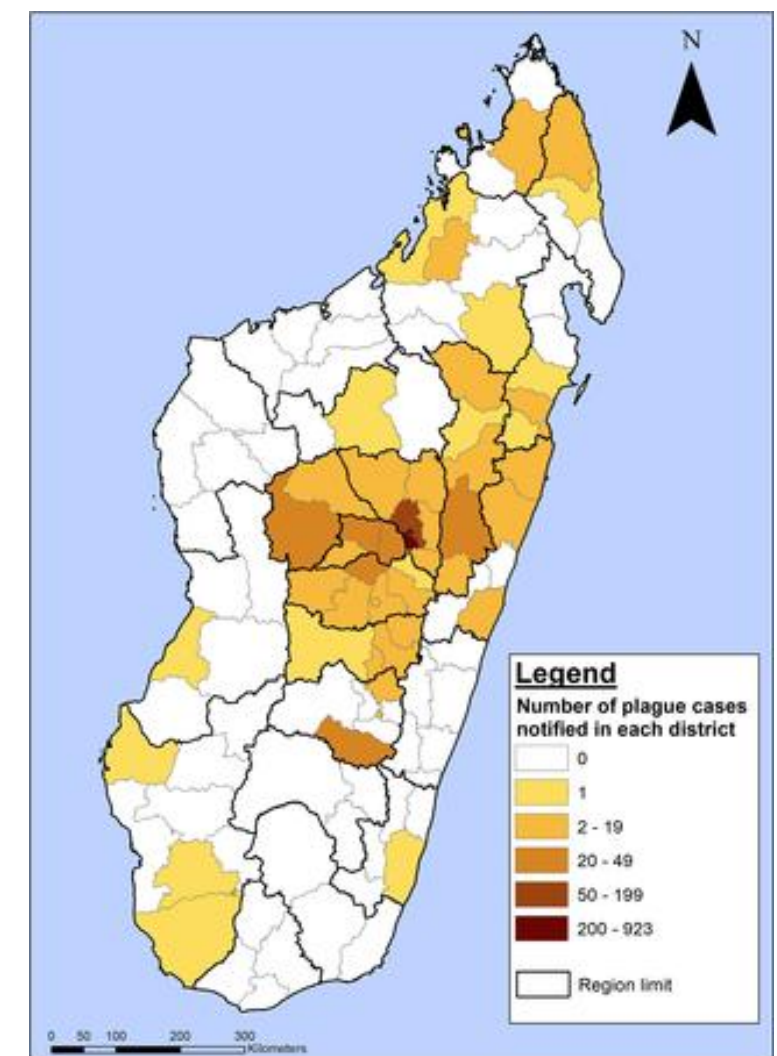
L'analyse spatiale est courante en épidémiologie



Motorized travel time to
healthcare
malariaatlas.org



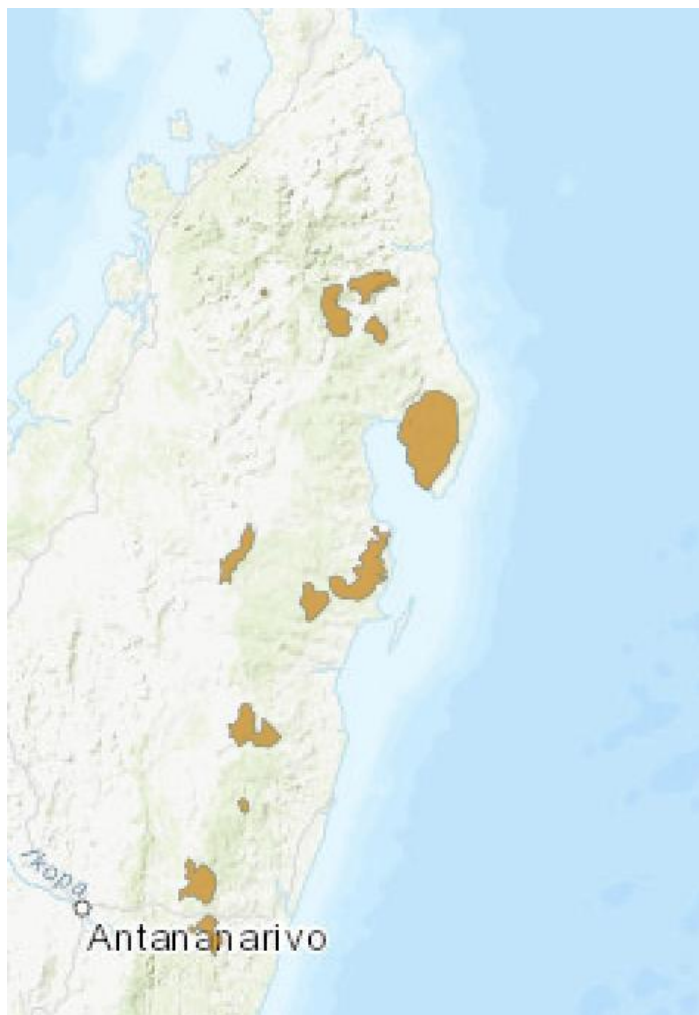
Incidence ratio for pulmonary TB
in Antananarivo
Randremanana et al. 2010



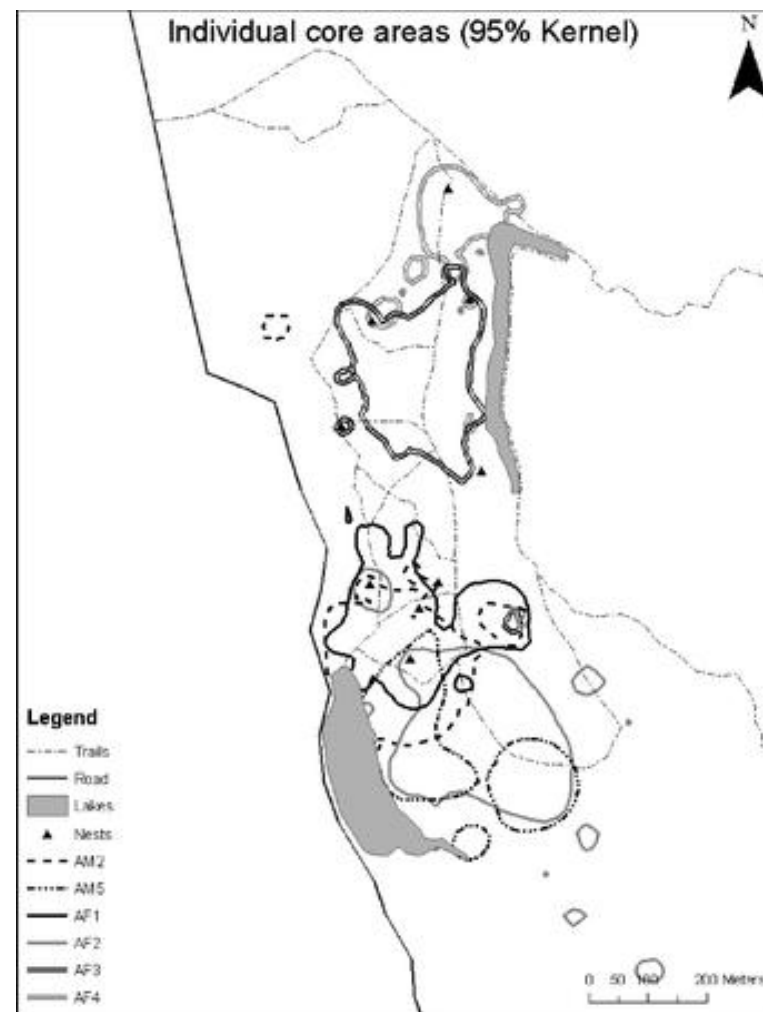
Number of Cases Reported in the
2017 Plague Outbreak
Bonds et al., 2018

Spatial Analysis is Common in Ecology

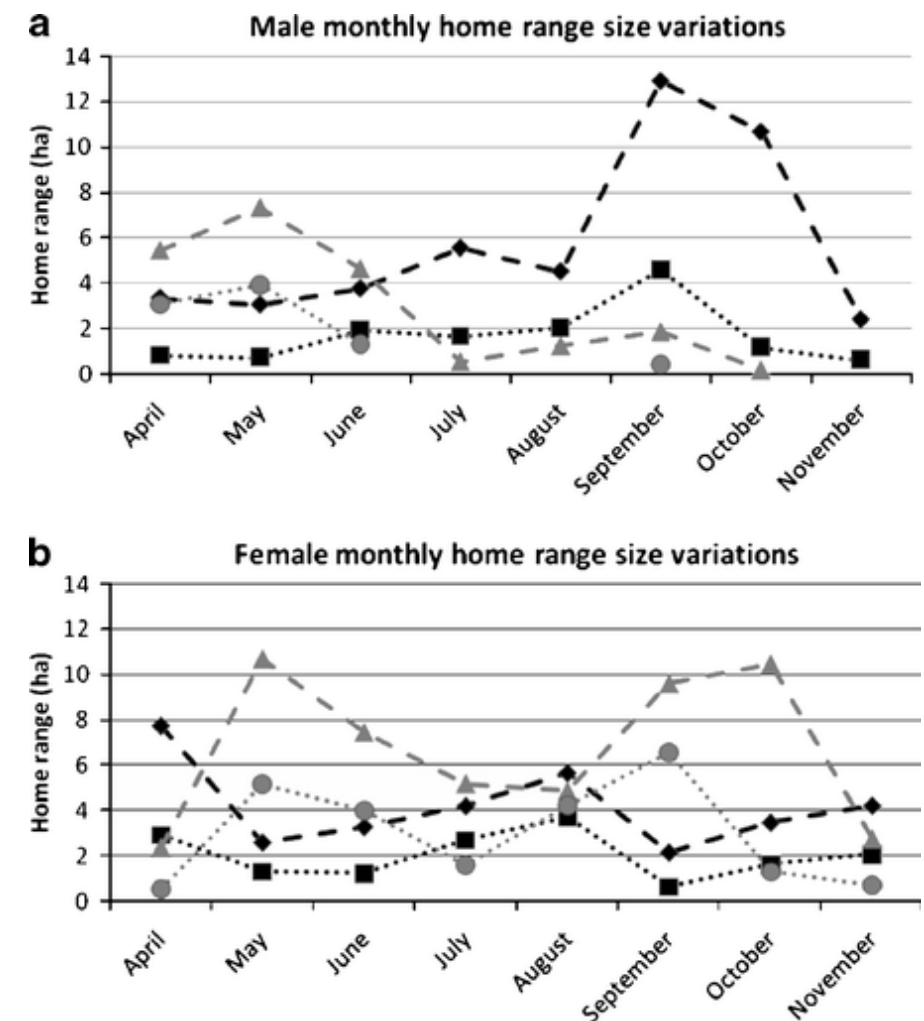
L'analyse spatiale peut conduire à des découvertes majeures en écologie.



Species range of
Allocebus trichotis
redlist.org



Home ranges of *Allocebus trichotis* in Analamazaotra
Special Reserve
Biebouw 2009



Seasonal variation in home range size
of *Allocebus trichotis*
Biebouw 2009

Goals for this lecture

- Understand when to use spatial analysis
Comprendre quand utiliser l'analyse spatiale
- Gain familiarity with different types of statistical approaches in spatial analysis
Se familiariser avec les divers types d'approches statistiques utilisés dans l'analyse spatiale
- Identify different types of spatial data and programs
Identifier les différents types de données spatiales et de programmes

Exploratory Data Analysis

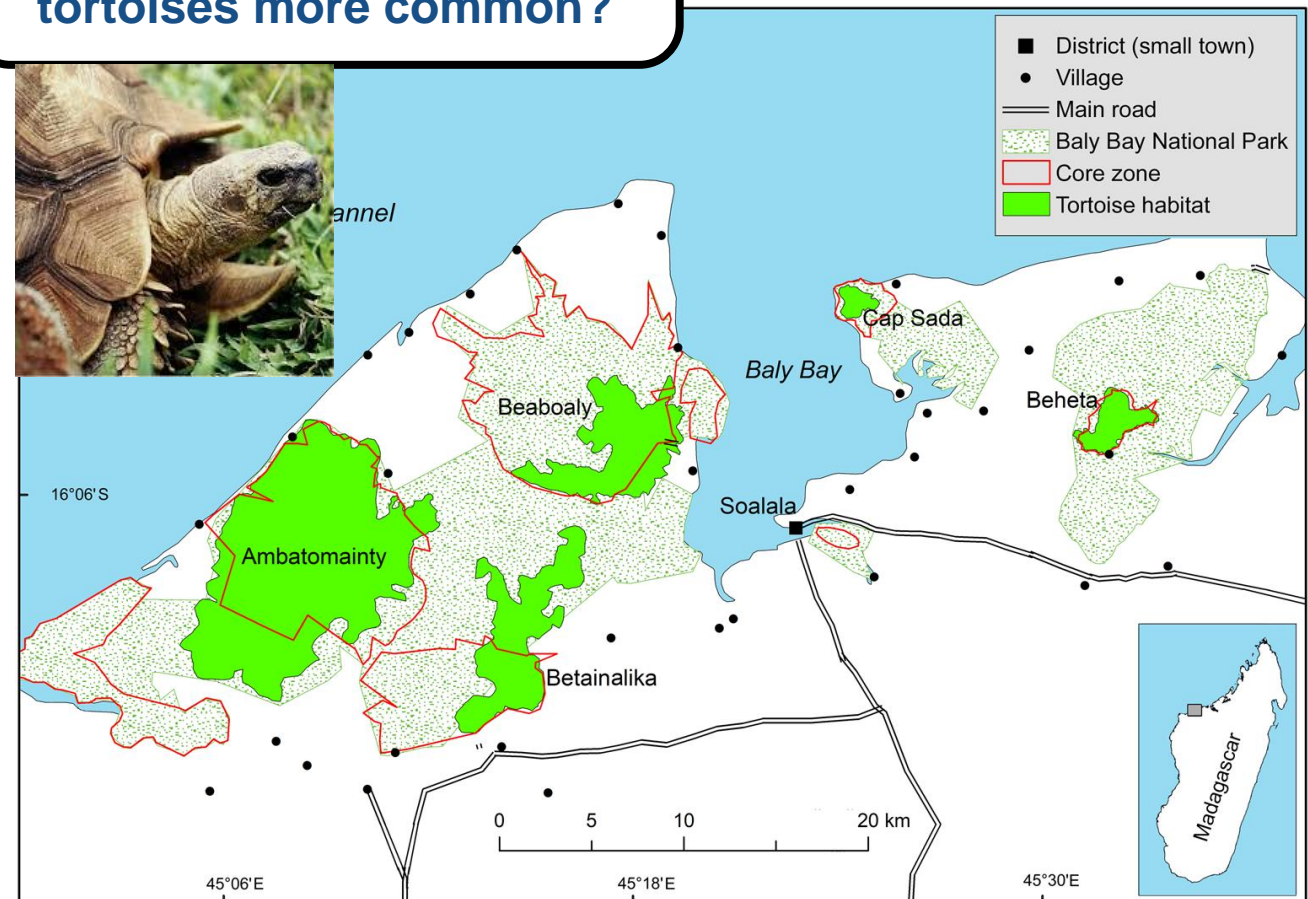
Analyse exploratoire des données

Better describe or visualize a system

Mieux décrire ou visualiser un système

Where are Ploughshare tortoises more common?

- Simple maps
 - Cartes simples
- No statistical analysis
 - Aucune analyse statistique
- When to use?
 - Quand les utiliser ?



Spatial Statistics

**Testing relationships
between spatial
variables**

Statistiques spatiales

Tester les relations entre les
variables spatiales

- **Spatial Point Pattern Analysis**
 - Analyse des structures ponctuelles spatiales
- **Quantify spatial patterns**
 - Quantifier les motifs spatiaux
- **Common statistics: Ripley's K, Kernel density estimator**
 - Statistiques courantes : fonction K de Ripley, estimateur de densité à noyau
- **When to use?**
 - Quand les utiliser ?



Spatial Statistics

**Testing relationships
between spatial
variables**

Statistiques spatiales

Tester les relations entre les
variables spatiales

- **Spatial Point Pattern Analysis**
 - Analyse des structures ponctuelles spatiales
- **Quantify spatial patterns**
 - Quantifier les motifs spatiaux
- **Common statistics: Ripley's K, Kernel density estimator**
 - Statistiques courantes : fonction K de Ripley, estimateur de densité à noyau
- **When to use?**
 - Quand les utiliser ?



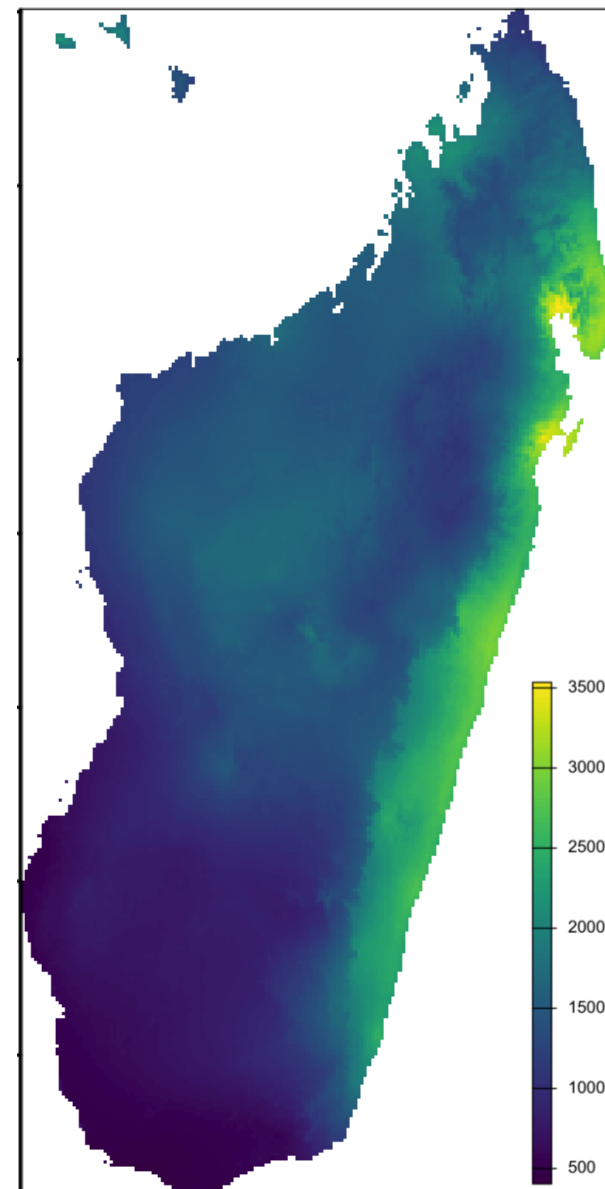
Spatial Modeling

Modélisation spatiale

Test relationships Between Spatial Variables

Tester les relations entre les
variables spatiales

- Use extracted spatial values aspatially
 - Utiliser les valeurs spatiales extraites de manière aspatiale
- Common Statistics: t-test, χ^2 , correlation, ANOVA, GLM
 - Statistiques courantes : test t, χ^2 , corrélation, ANOVA, GLM
- When to use?
 - Quand les utiliser ?



Mean Annual Rainfall
Précipitations annuelles moyennes

Spatial Modeling

Modélisation spatiale

Test relationships Between Spatial Variables

Tester les relations entre les
variables spatiales

- Use extracted spatial values
aspatially

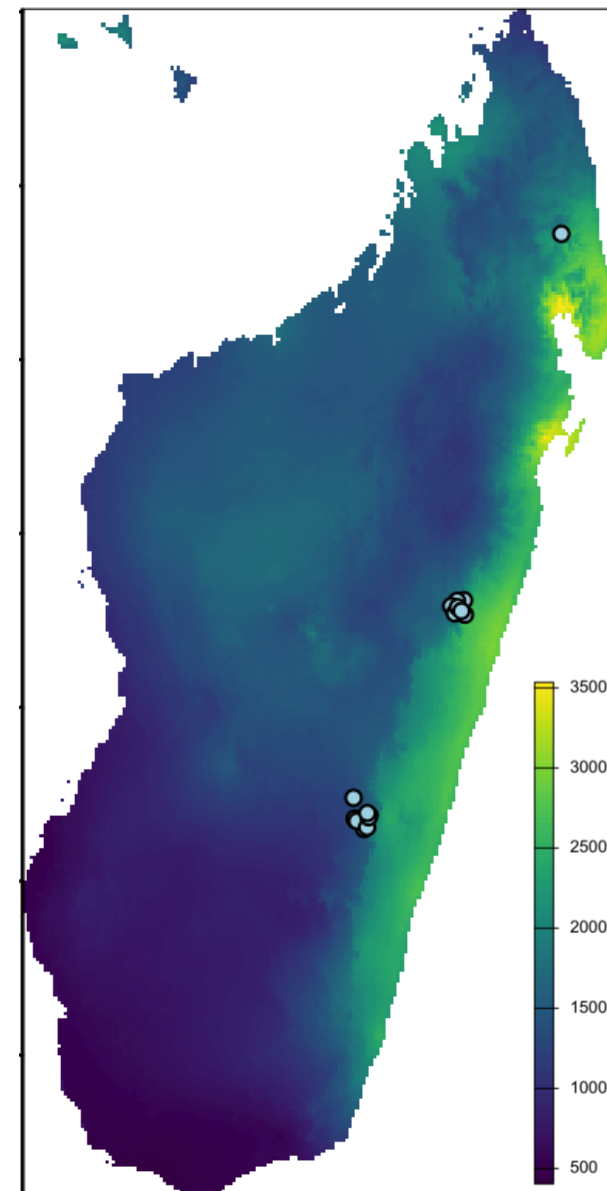
- Utiliser les valeurs spatiales
extraites de manière aspaciale

- Common Statistics: t-test,
chi², correlation, ANOVA,
GLM

- Statistiques courantes : test t, chi²,
corrélation, ANOVA, GLM

- When to use?

- Quand les utiliser ?



Mean Annual Rainfall
Précipitations annuelles moyennes



○ *E. rubriventer*

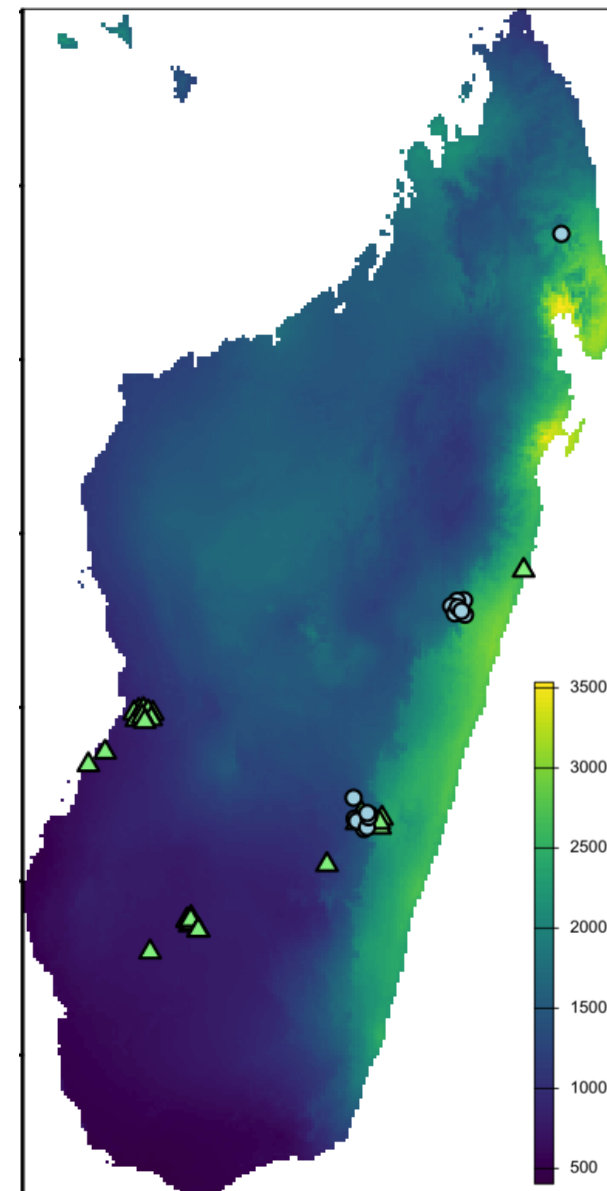
Spatial Modeling

Modélisation spatiale

Test relationships Between Spatial Variables

Tester les relations entre les
variables spatiales

- Use extracted spatial values
aspatially
 - Utiliser les valeurs spatiales
extraites de manière aspaciale
- Common Statistics: t-test,
chi², correlation, ANOVA,
GLM
 - Statistiques courantes : test t, chi²,
corrélation, ANOVA, GLM
- When to use?
 - Quand les utiliser ?



Mean Annual Rainfall
Précipitations annuelles moyennes



○ *E. rubriventer*



△ *E. rufifrons*

Spatial Modeling

Modélisation spatiale

Test relationships Between Spatial Variables

Tester les relations entre les
variables spatiales

- Use extracted spatial values
aspatially

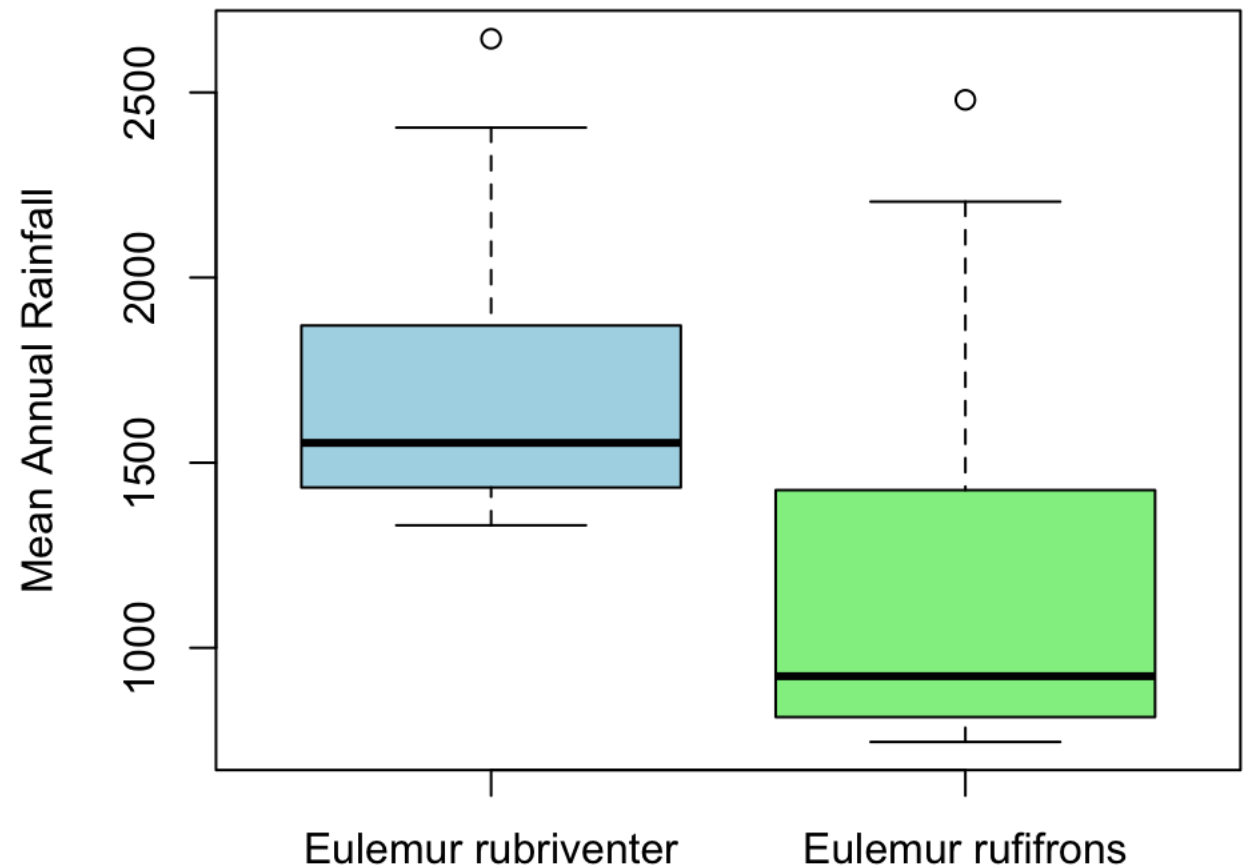
- Utiliser les valeurs spatiales
extraites de manière aspaciale

- Common Statistics: t-test,
chi², correlation, ANOVA,
GLM

- Statistiques courantes : test t, chi²,
corrélation, ANOVA, GLM

- When to use?

- Quand les utiliser ?



● *E. rubriventer*



▲ *E. rufifrons*

Spatial Modeling

Modélisation spatiale

Test relationships Between Spatial Variables

Tester les relations entre les
variables spatiales

- Use extracted spatial values
aspatially

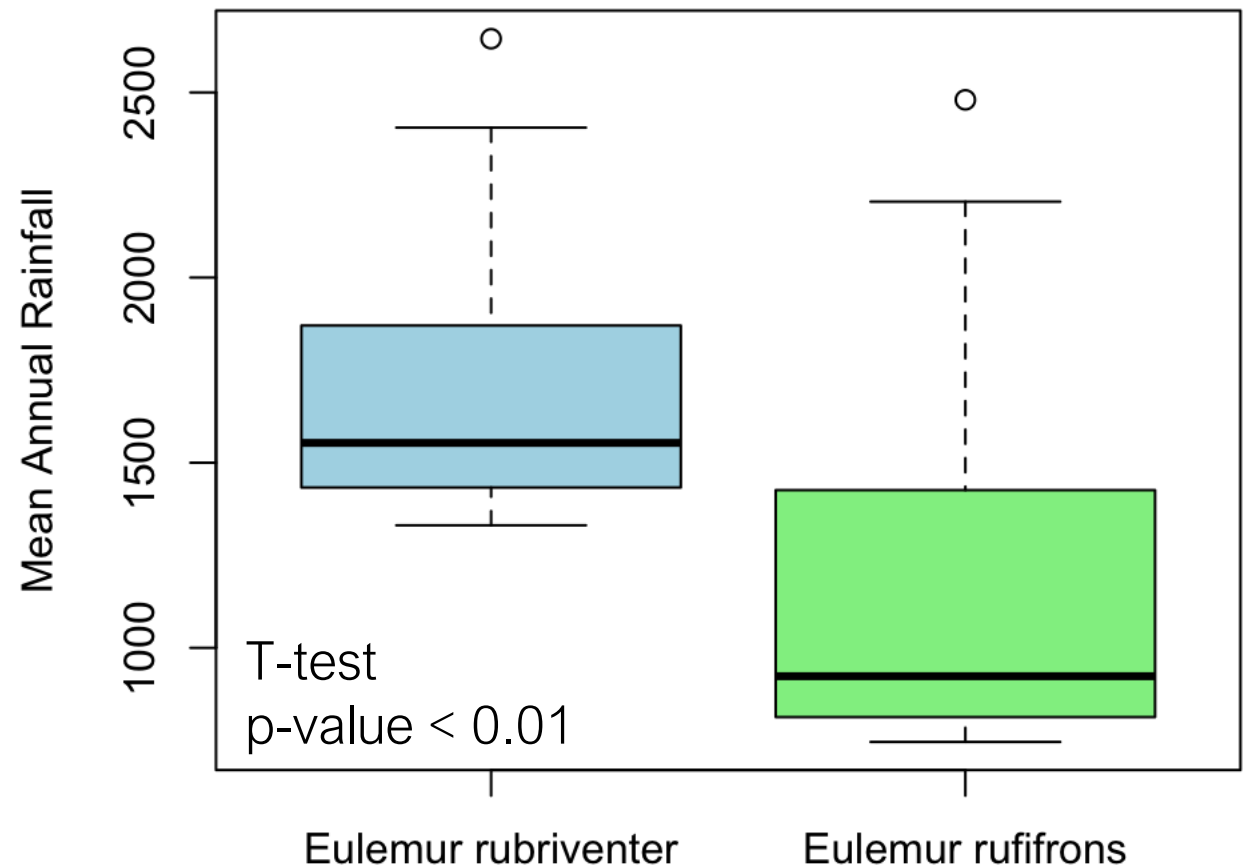
- Utiliser les valeurs spatiales
extraites de manière aspaciale

- Common Statistics: t-test,
chi², correlation, ANOVA,
GLM

- Statistiques courantes : test t, chi²,
corrélation, ANOVA, GLM

- When to use?

- Quand les utiliser ?



● *E. rubriventer*



▲ *E. rufifrons*

Spatial Modeling

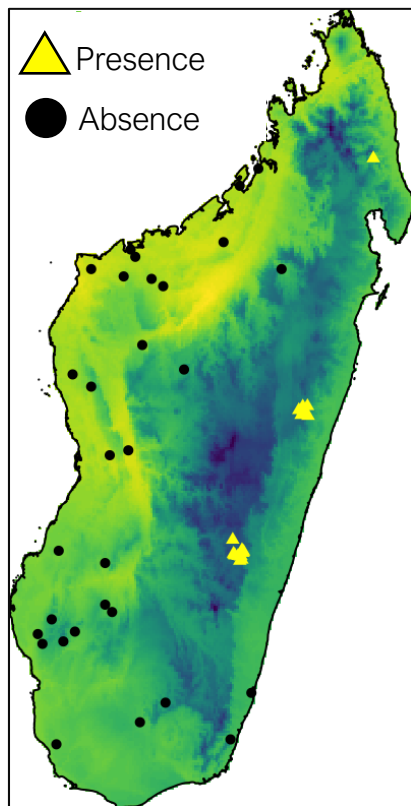
Modélisation spatiale

Predicting Spatial Variables

Prédiction de variables spatiales



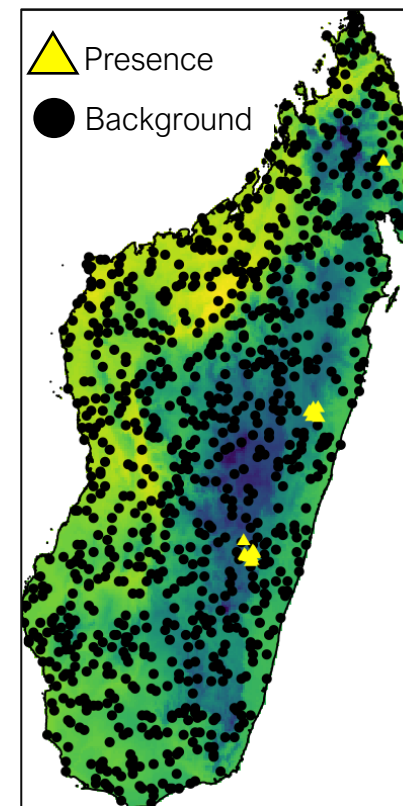
Presence/Absence Présence/Absence



E. rubriventer

- Use when true absences are known
- Common model: linear models
- Utiliser lorsque de véritables absences sont connues
- Modèle courant : modèles linéaires

Presence/Background Présence/Fond



E. rubriventer

- Use when absence data are unavailable
- Common model: Maxent (maxnet),
- À utiliser lorsque les données d'absence ne sont pas disponibles
- Modèle courant : Maxent (maxnet)

Maxent Modeling Process

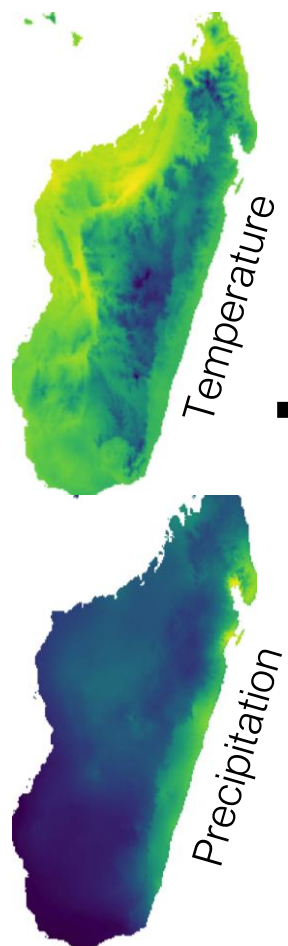
Predicting Spatial Distributions



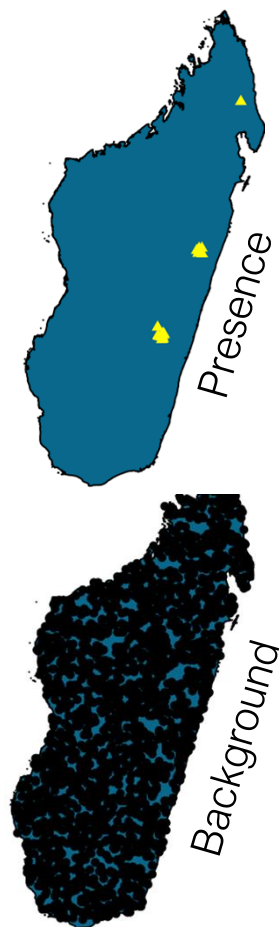
Processus de modélisation
Maxent

Prédiction des distributions
spatiales

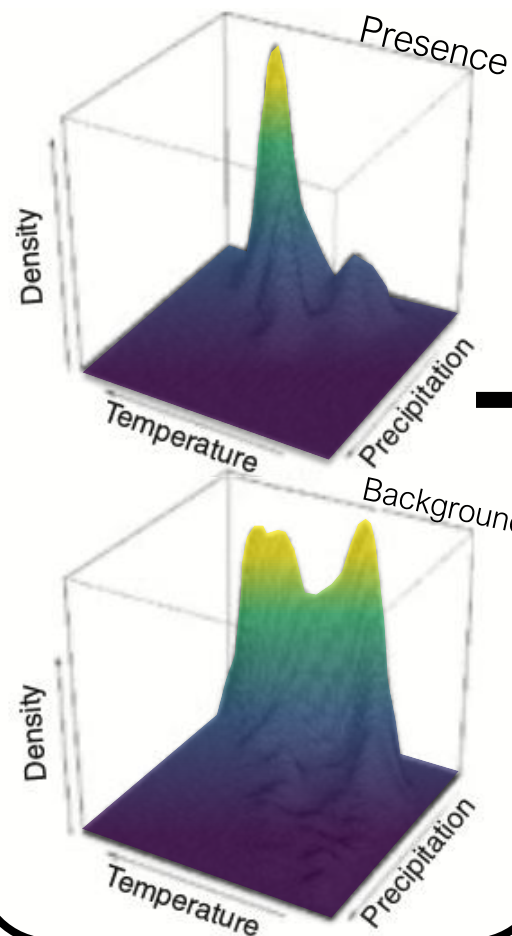
Predictors
Prédicteurs



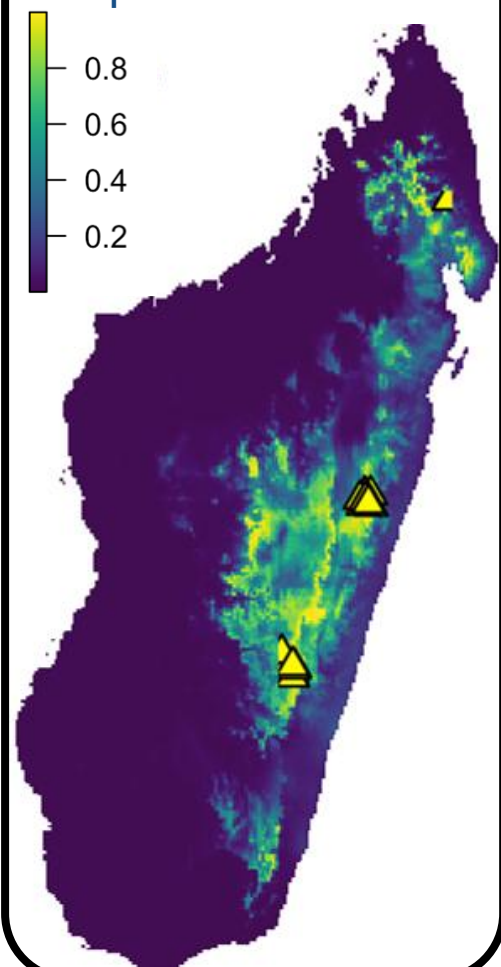
Geographic Coordinates
Coordonnées géographiques



Probability Densities
Densités de probabilité



Model Predicted Distribution
Distribution prédite par le modèle



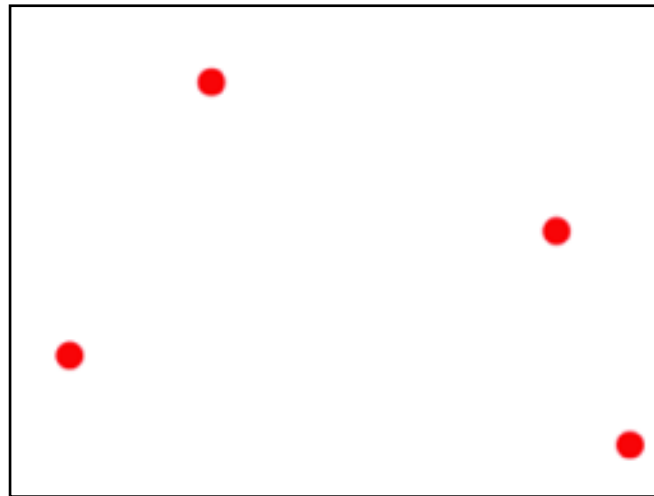
Goals for this lecture

- Understand when to use spatial analysis
Comprendre quand utiliser l'analyse spatiale
- Gain familiarity with different types of statistical approaches in spatial analysis
Se familiariser avec les divers types d'approches statistiques utilisés dans l'analyse spatiale
- Identify different types of spatial data and programs
Identifier les différents types de données spatiales et de programmes

Vectors

Forms of spatial data

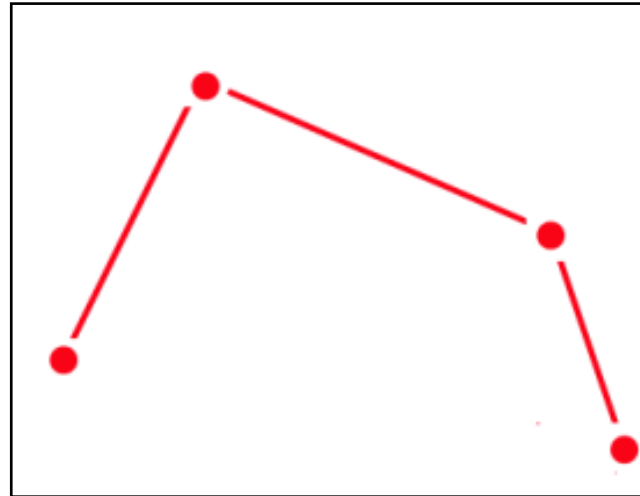
Formes de données spatiales



Points

- Locations of an animal
- Infected people
- Buildings

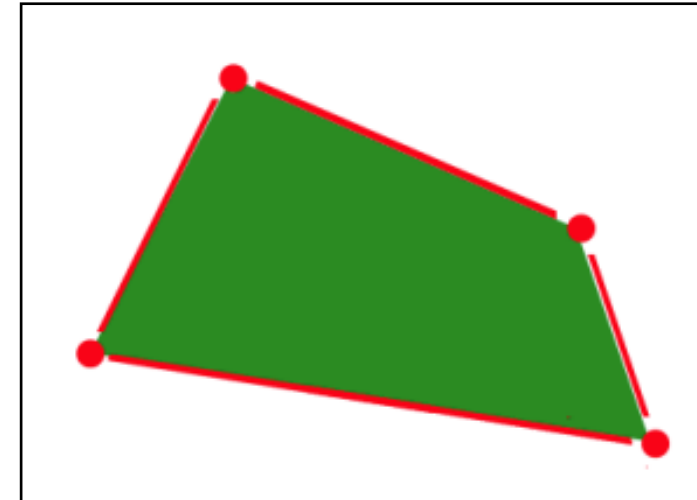
- Emplacements d'un animal
- Personnes infectées
- Bâtiments



Lines

- Animal movement
- Roads
- Transects

- Déplacement des animaux
- Routes
- Transects



Polygons

- Home range
- Study area
- Prevalence over a region

- Domaine vital
- Zone d'étude
- Prévalence dans une région

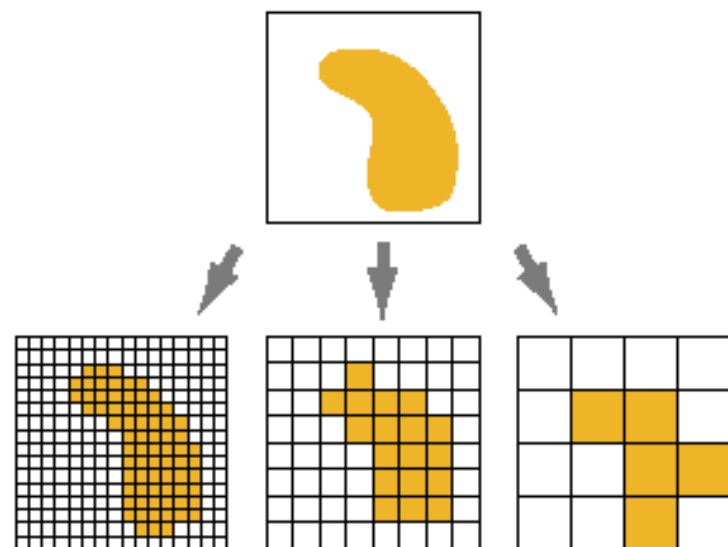
Rasters

Forms of spatial data

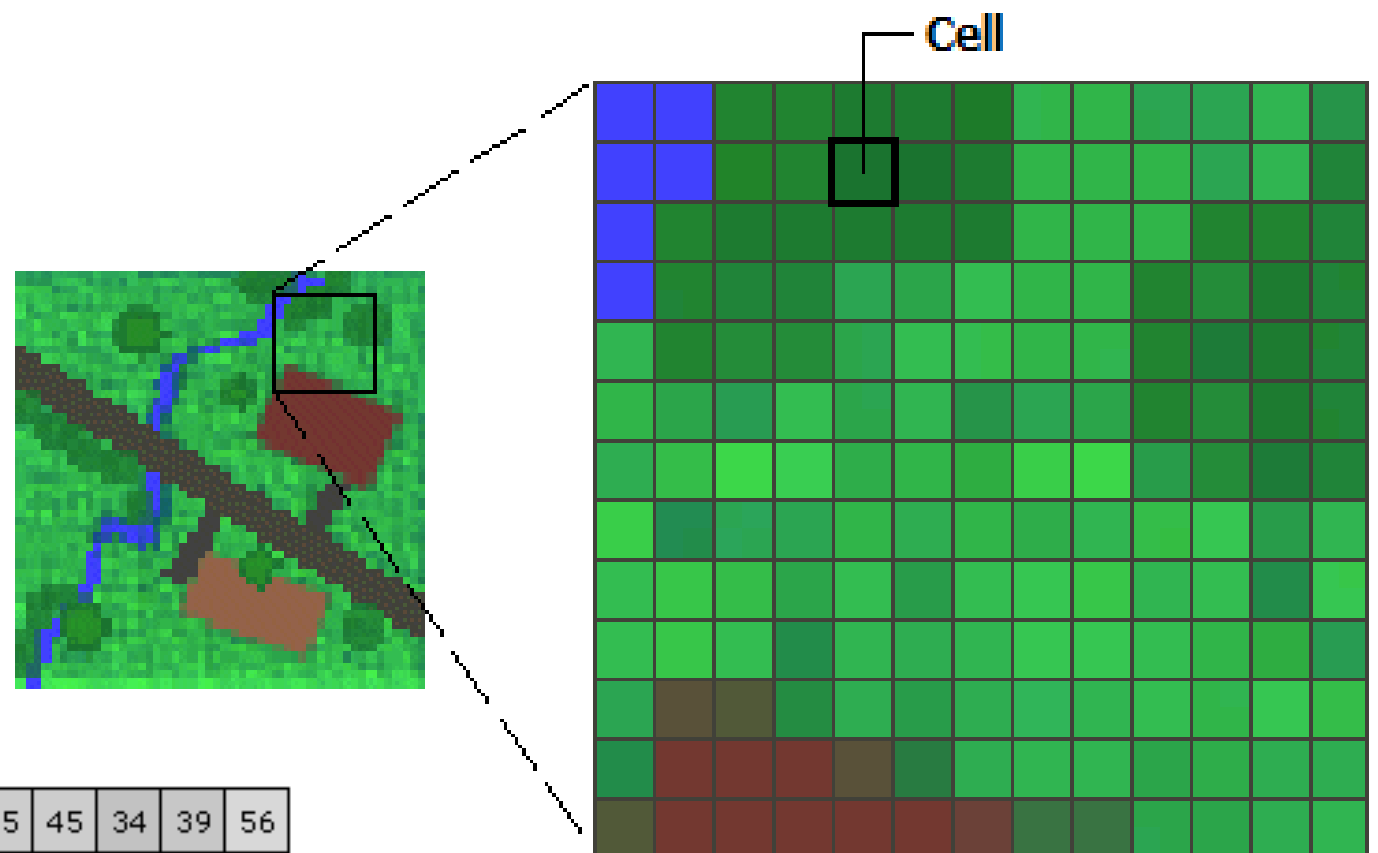
Formes de données spatiales

Area is divided into cell that each contain the value of a point (often continuous)

La zone est divisée en cellules, chacune contenant la valeur d'un point (souvent continue).



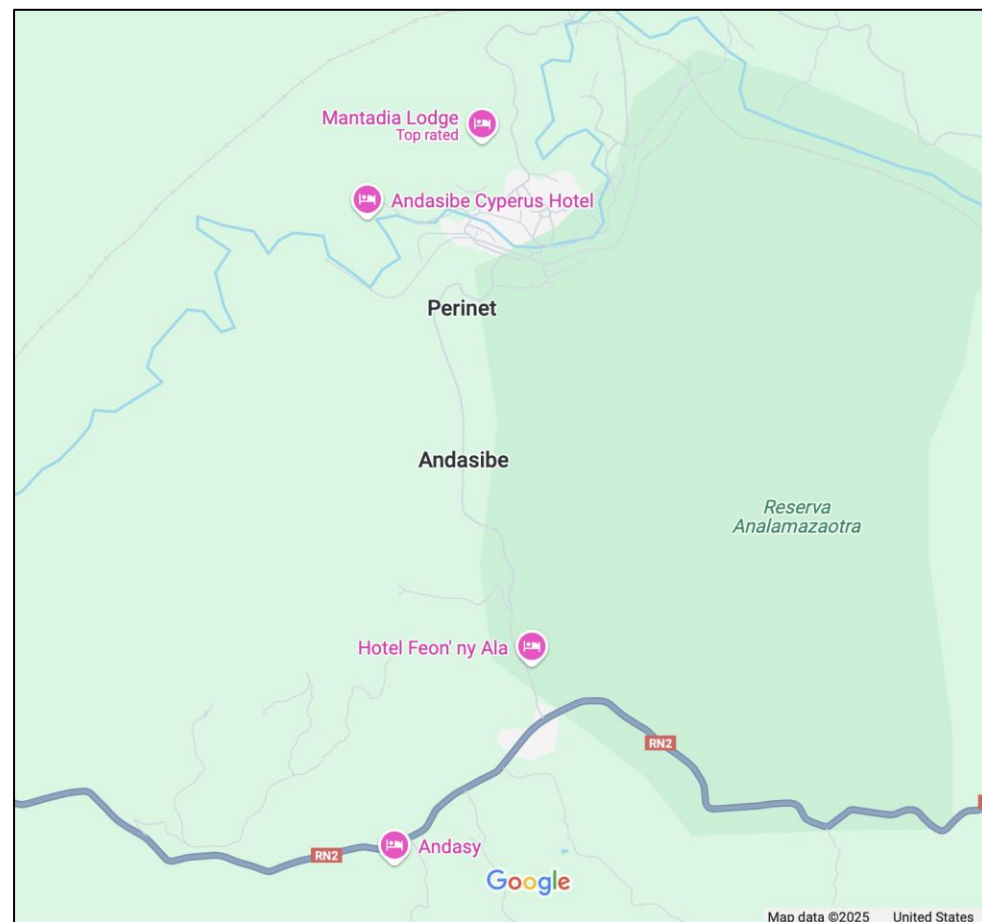
80	74	62	45	45	34	39	56
80	74	74	62	45	34	39	56
74	74	62	62	45	34	39	39
62	62	45	45	34	34	34	39
45	45	45	34	34	30	34	39



Vectors

Forms of spatial data
Formes de données spatiales

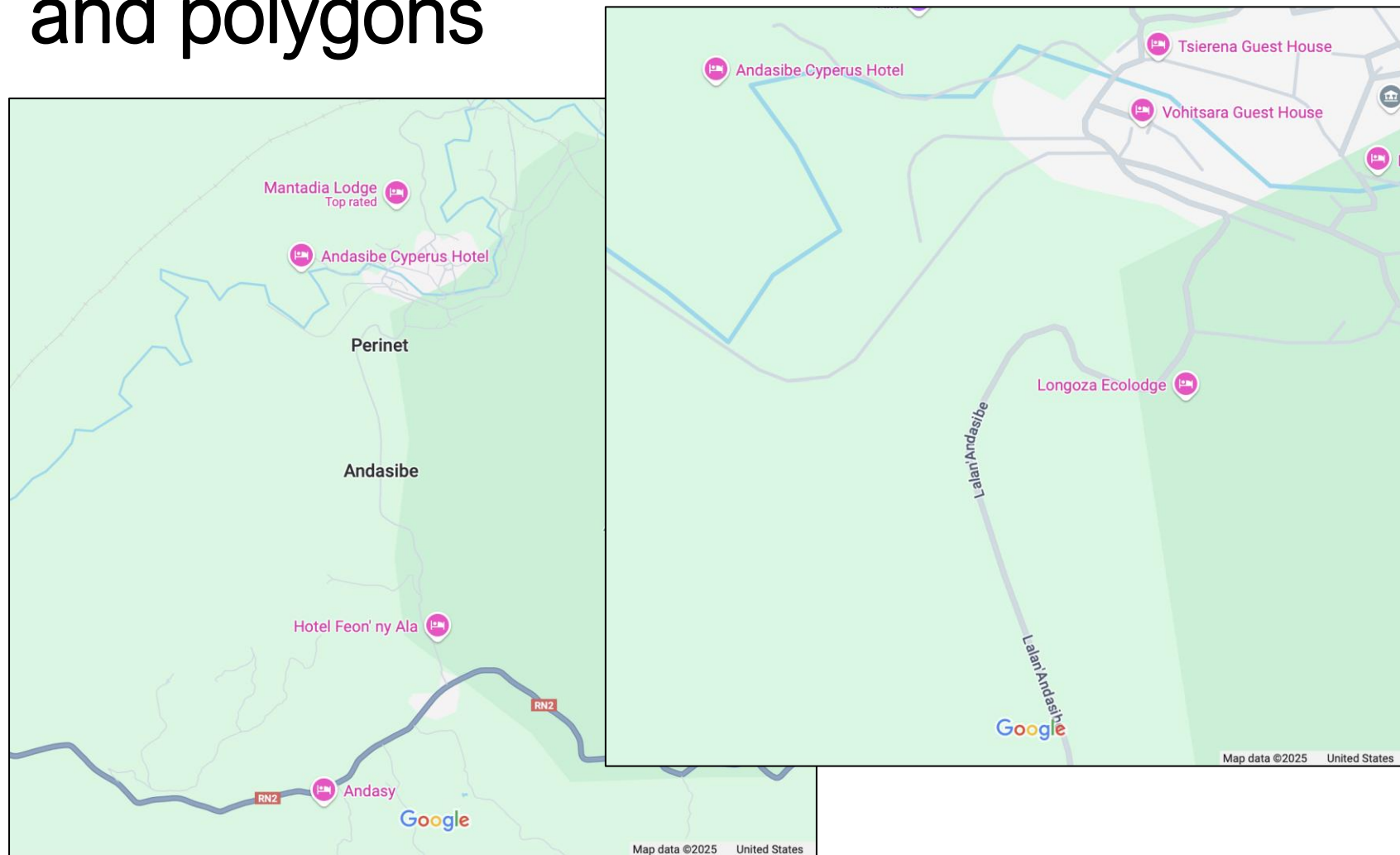
Points, lines
and polygons



Vectors

Forms of spatial data
Formes de données spatiales

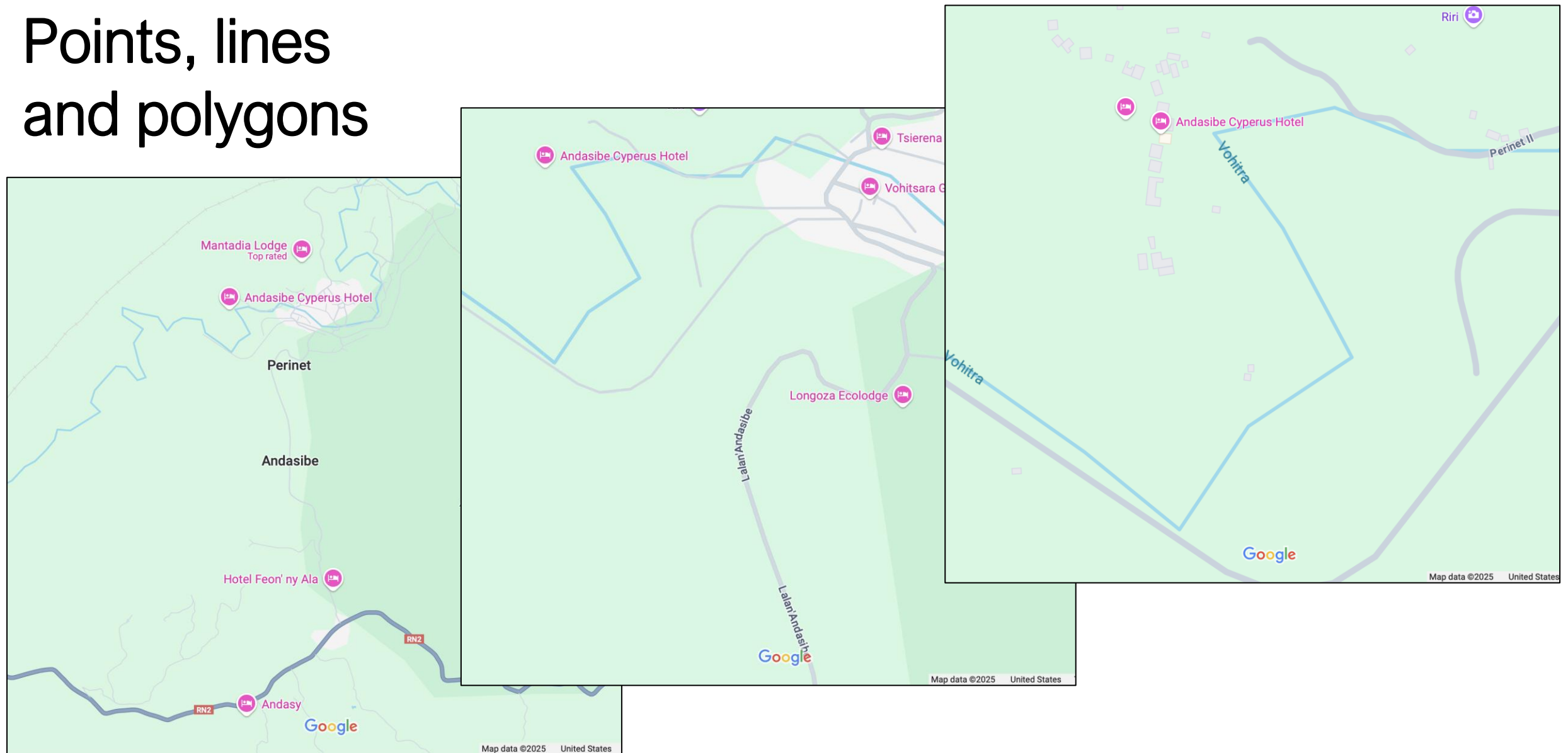
Points, lines
and polygons



Vectors

Forms of spatial data
Formes de données spatiales

Points, lines
and polygons



Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



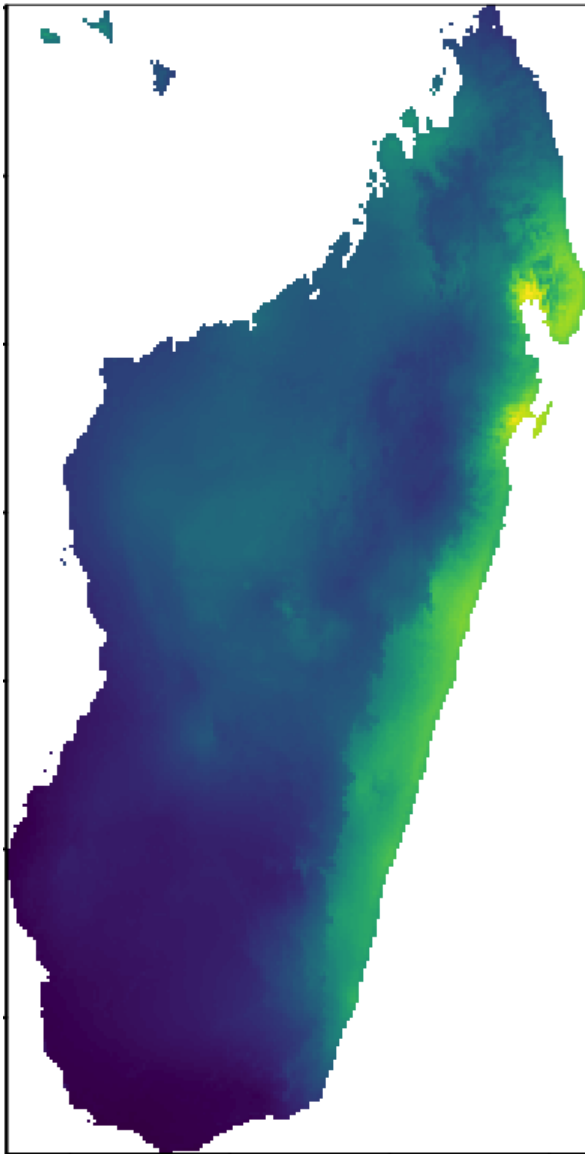
Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



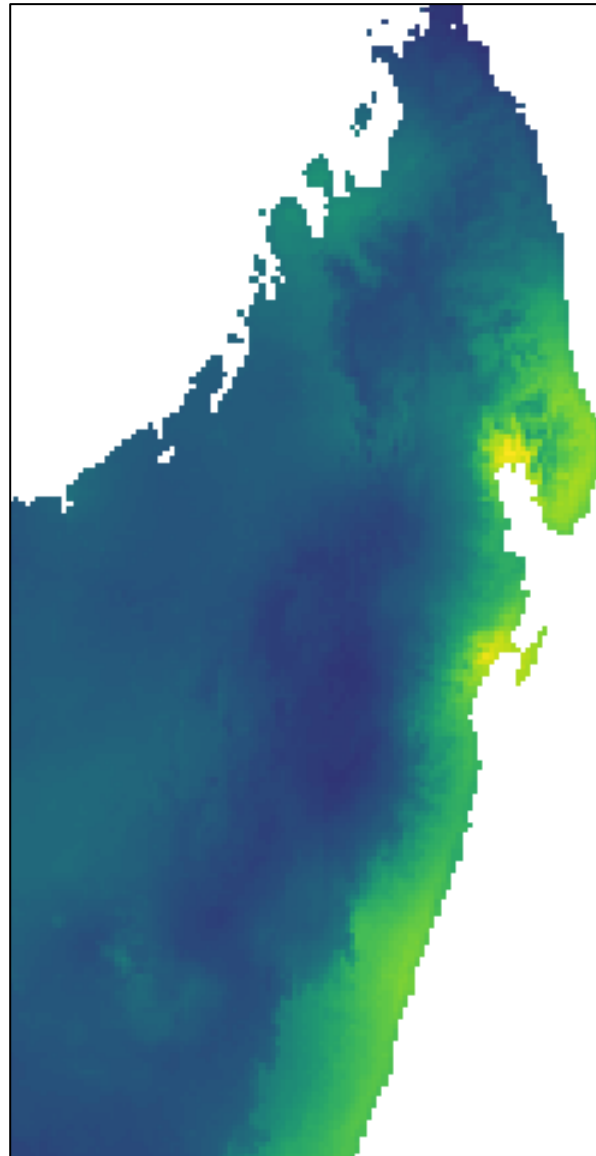
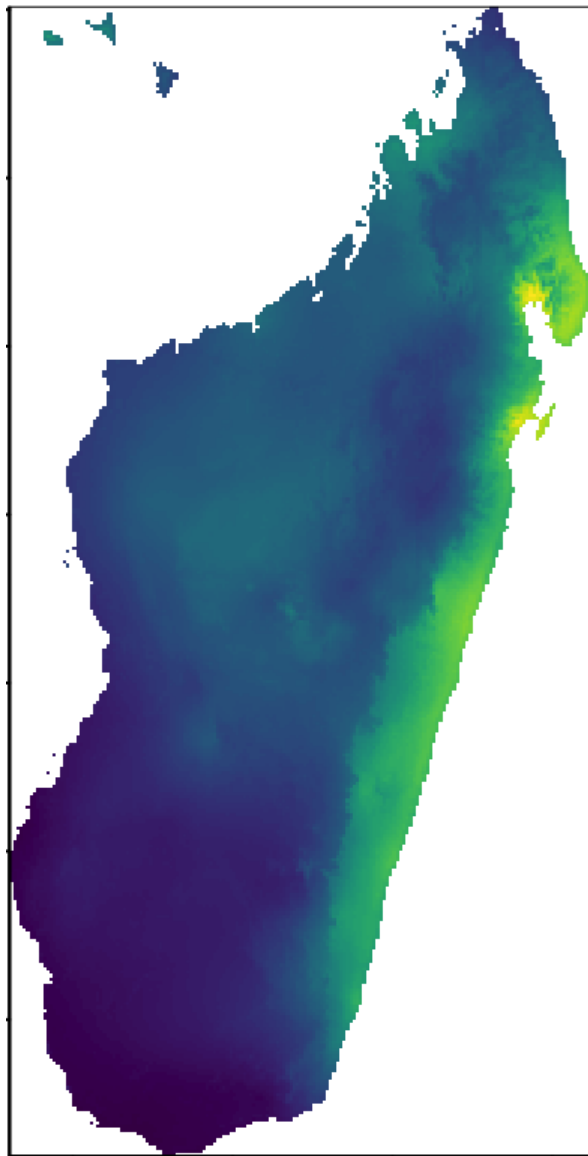
Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



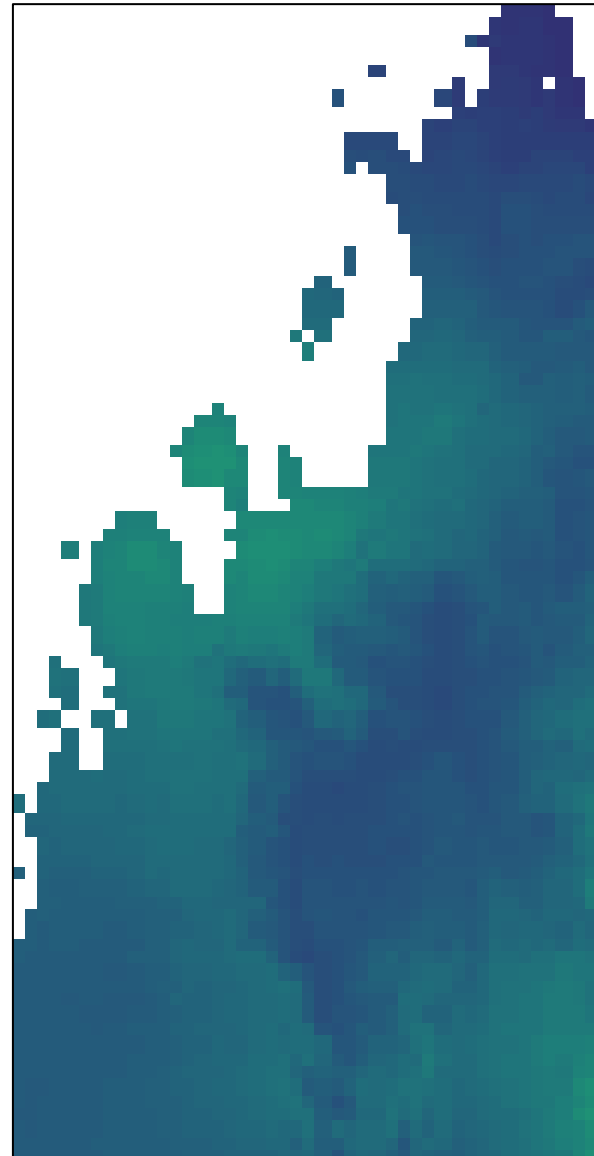
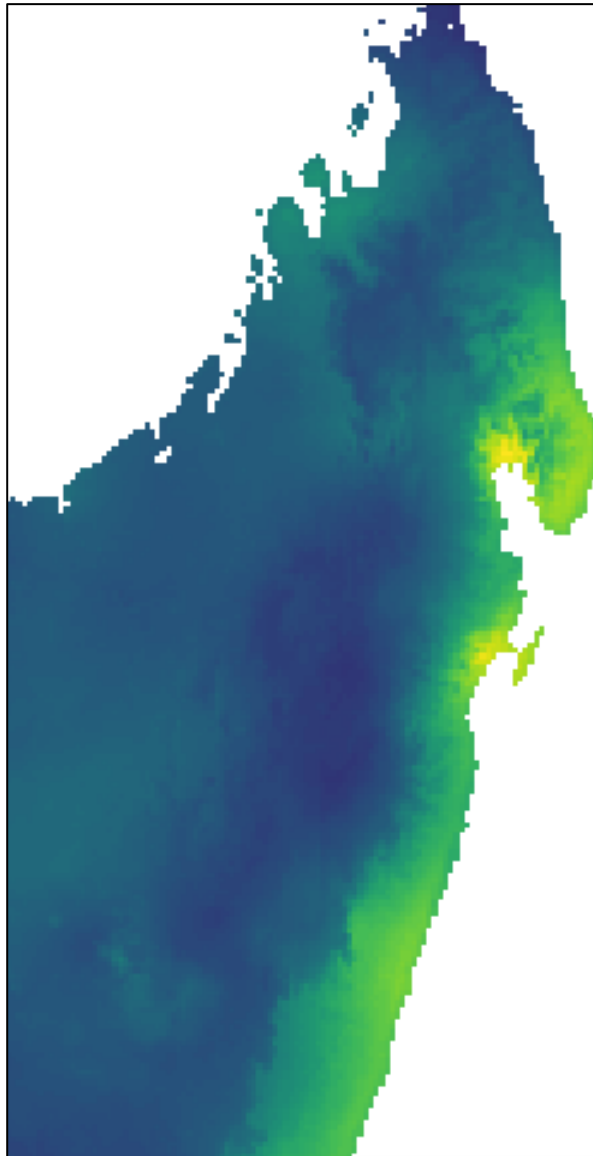
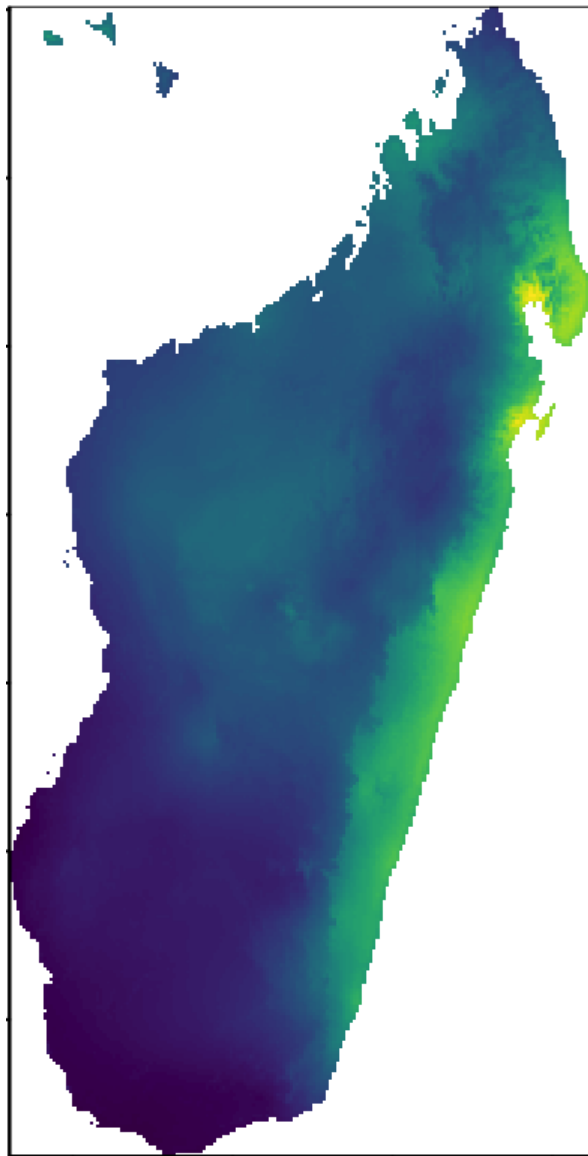
Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



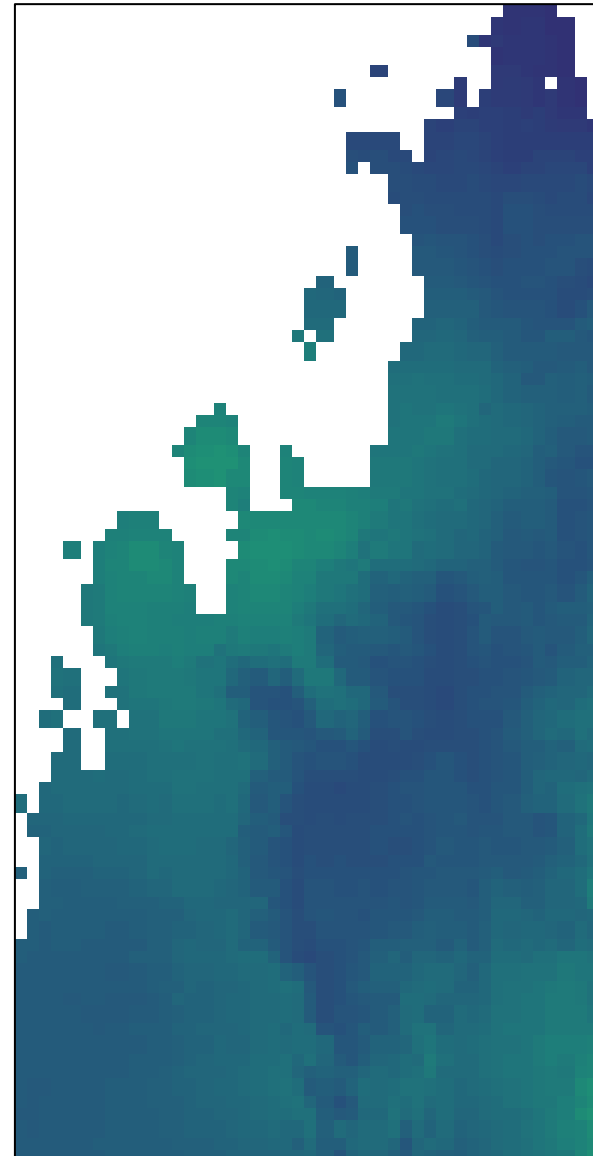
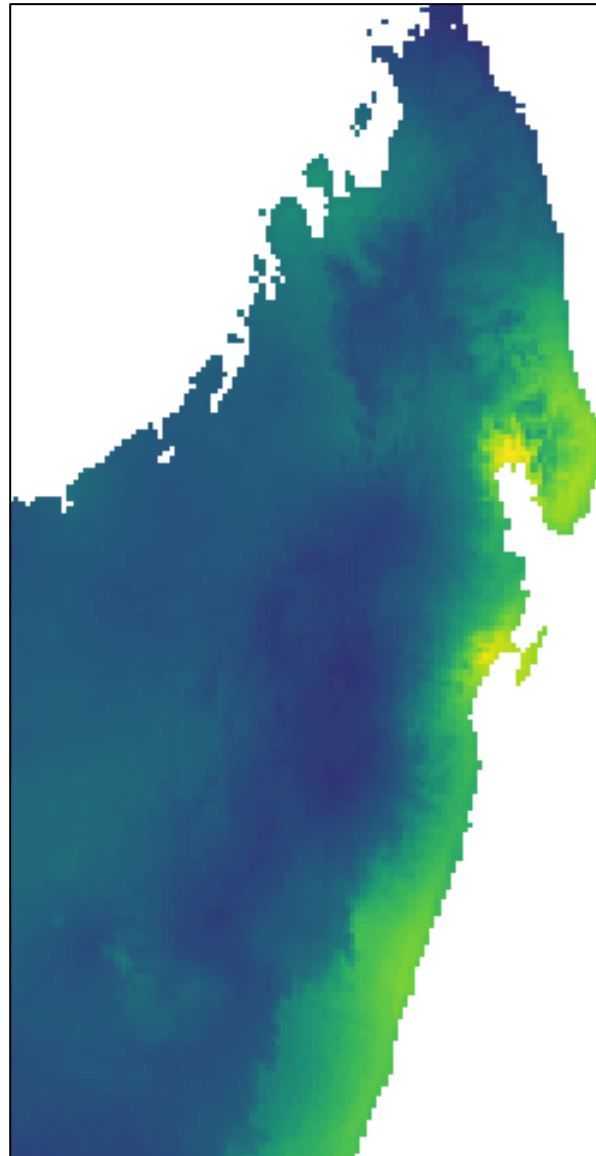
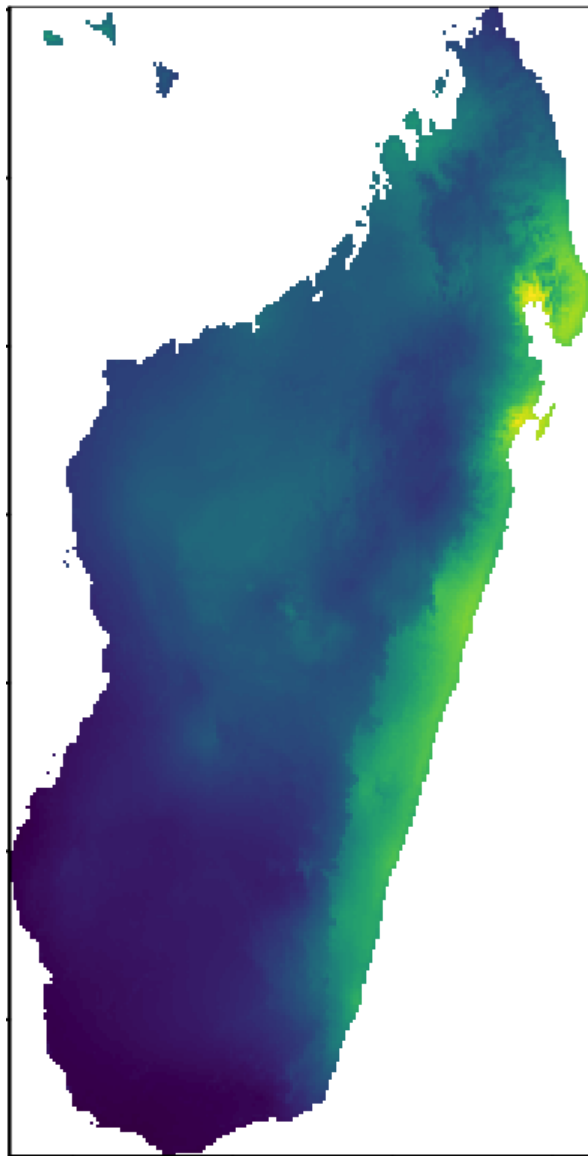
Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



Rasters

Forms of spatial data
Formes de données spatiales



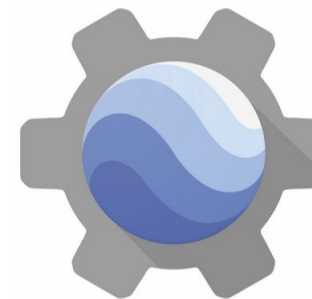
Programs

R



- Free and open source
- Lots of mapping and spatial statistical capabilities
- Gratuit et open source
- De nombreuses capacités de cartographie et d'analyse statistique spatiale

Google Earth Engine



- Free to use online interface
- Runs analysis on Google Servers
- Pro: no downloading large spatial datasets and high computational power
- Con: requires a good internet connection and coding is in python
- Interface en ligne gratuite
- L'analyse s'exécute sur les serveurs de Google
- Avantage : pas besoin de télécharger de grands jeux de données spatiales et puissance de calcul élevée
- Inconvénient : nécessite une bonne connexion Internet et le codage se fait en Python
- À utiliser pour : l'analyse de grands rasters, la télédétection et certains modèles spatiaux

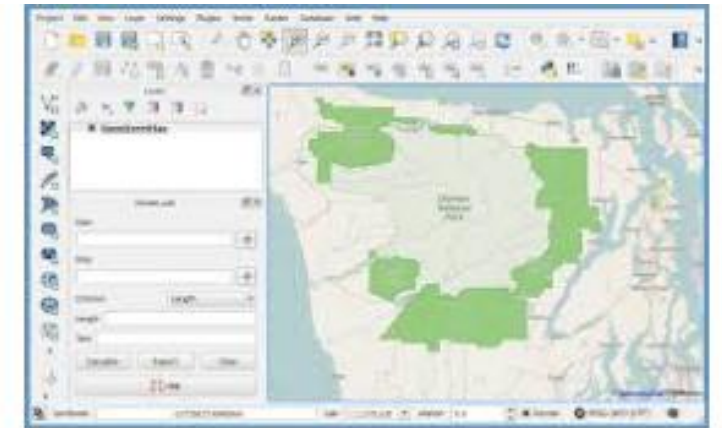
Programs

ArcGIS



- Most commonly used mapping software
- Extensive mapping and spatial analysis capabilities
- Expensive software, available only on Windows
- Logiciel de cartographie le plus couramment utilise
- Capacités étendues de cartographie et d'analyse spatiale
- Logiciel coûteux, disponible uniquement sous Windows

QGIS



- Free and open source
- Comparable to ArcGIS
- Fewer capabilities, but can still do most common mapping things
- Gratuit et open source
- Comparable à ArcGIS
- Moins de fonctionnalités, mais permet tout de même de réaliser la plupart des tâches cartographiques courantes

When to use?

R



- Use for: spatial statistics and most spatial models
- Quand utiliser : les statistiques spatiales et la plupart des modèles spatiaux

Google Earth Engine



- Use for: analyzing large rasters, remote sensing, and some spatial models
- À utiliser pour : l'analyse de grands rasters, la télédétection et certains modèles spatiaux

QGIS



- Use for: Visualizing data, making maps, and basic analysis
- Utilisation : visualiser des données, créer des cartes et faire des analyses de base

ArcGIS



- Use for: Visualizing data, making maps, and basic analysis (but only if someone else is paying for **it**)
- Utilisation : visualiser des données, créer des cartes et faire des analyses de base (mais seulement si quelqu'un d'autre paie).

Where to Find Spatial Data

Où Trouver des Données Spatiales

Socio-economic Socio-économique

- **Religion**
 - <https://icr.ethz.ch/data/side>
- **Livestock density**
 - fao.org/livestock-systems/global-distributions
- **Income**
 - datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.dk1j0
- **Urban-rural continuum**
 - figshare.com/articles/dataset/Urban-rural_continuum/12579572
- **Road density**
 - <https://www.globio.info/download-grip-dataset>
- **Population density**
 - www.worldpop.org
- **Education**
 - ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/lmic-education-geospatial-estimates-2000-2017
- **Nighttime light**
 - eogdata.mines.edu/products/vnl/

Ecological Écologique

- **Lakes and rivers**
 - www.hydrosheds.org/products
- **Water cover**
 - global-surface-water.appspot.com
- **Tree cover**
 - glad.earthengine.app/view/global-forest-change
- **Species richness**
 - www.iucnredlist.org/resources/spatial-data-download
- **Climate**
 - www.worldclim.org
- **Species ranges**
 - www.iucnredlist.org
- **Land Cover**
 - uploads.users.earthengine.app/view/habitat-types-map
- **Species Locations**
 - www.gbif.org
- **Elevation**
 - R package: rnat.earthdata.nasa.gov/
- **Protected areas**
 - www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa

Public Health Santé publique

- **Child mortality**
 - ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/africa-under-5-and-neonatal-mortality-geospatial-estimates-2000-2015
- **Access to healthcare**
 - malariaatlas.org/project-resources/accessibility-to-healthcare
- **Global Burden of Disease**
 - www.healthdata.org/research-analysis/gbd-data
- **Malaria parasite rate**
 - data.malariaatlas.org/maps?layers=Malaria:202406_Global_Pf_Parasite_Rate
- **Vaccination rates**
 - <https://www.healthdata.org/research-analysis/health-risks-issues/vaccine-coverage-data>
- **HIV Prevalence**
 - ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/sub-saharan-africa-hiv-prevalence-geospatial-estimates-2000-2018
- **Drinking Water and Sanitation Facilities Access**
 - ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/lmic-wash-access-geospatial-estimates-2000-2017
- **Child Growth Failure**
 - ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/lmic-child-growth-failure-geospatial-estimates-2000-2017