



# Introduction à l'épidémiologie spatiale

Dr Jaber BELKHIRIA  
Dr Zied BOUSLAMA  
Institut Pasteur de Tunis  
4-6 Mars 2020

---

# Notions de base en épidémiologie



## **On Airs, Waters, and Places**

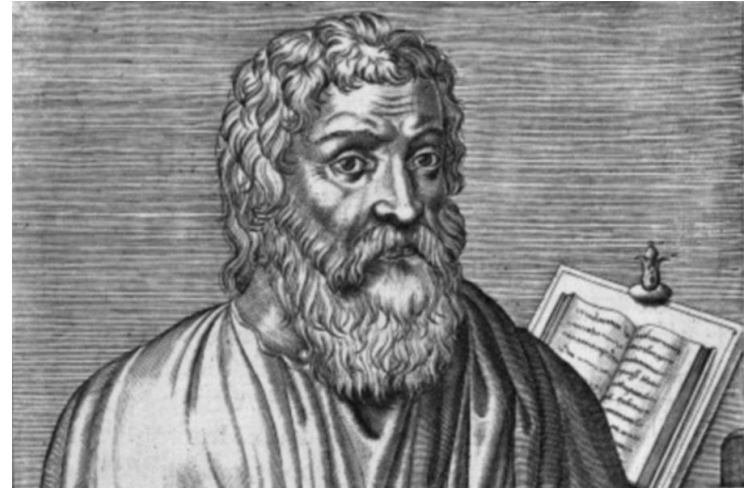
**By Hippocrates**

**Written 400 B.C.E**

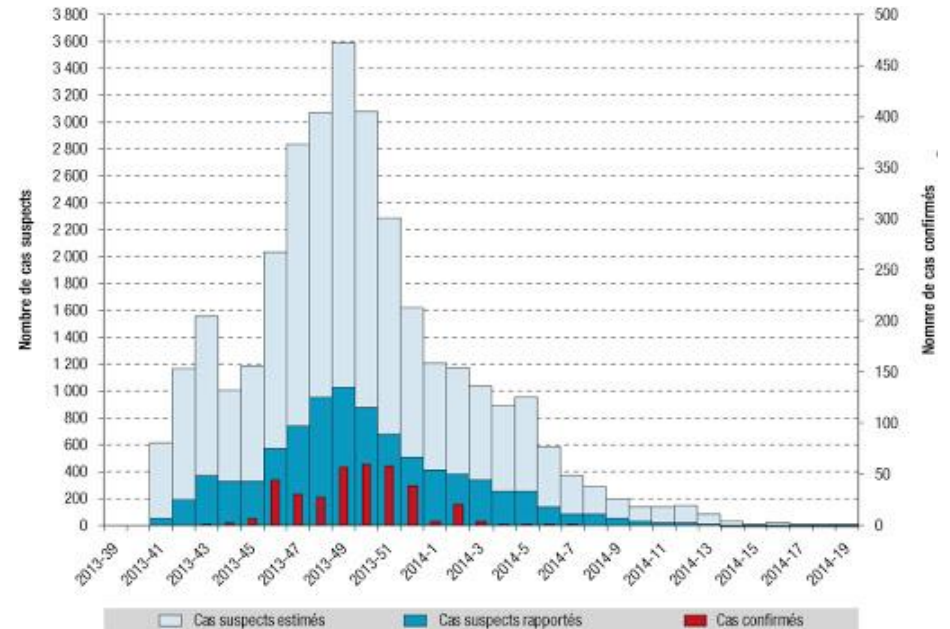
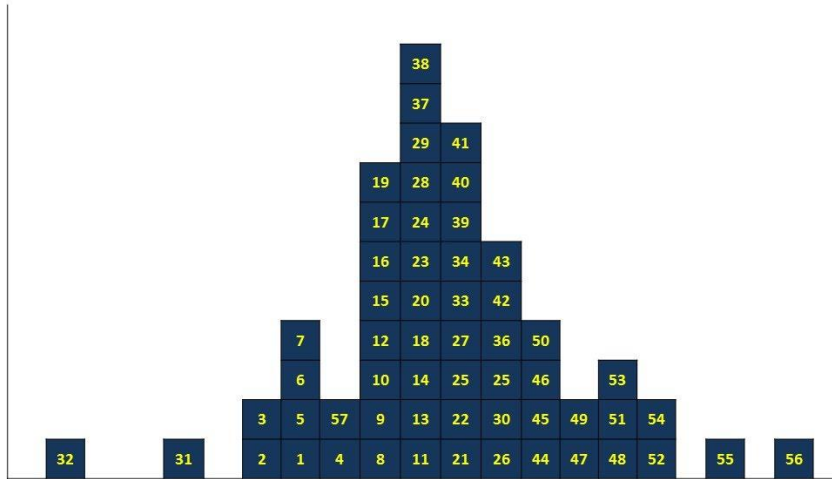
Quiconque désire enquêter sur la médecine, doit procéder ainsi:

il devrait considérer en premier:

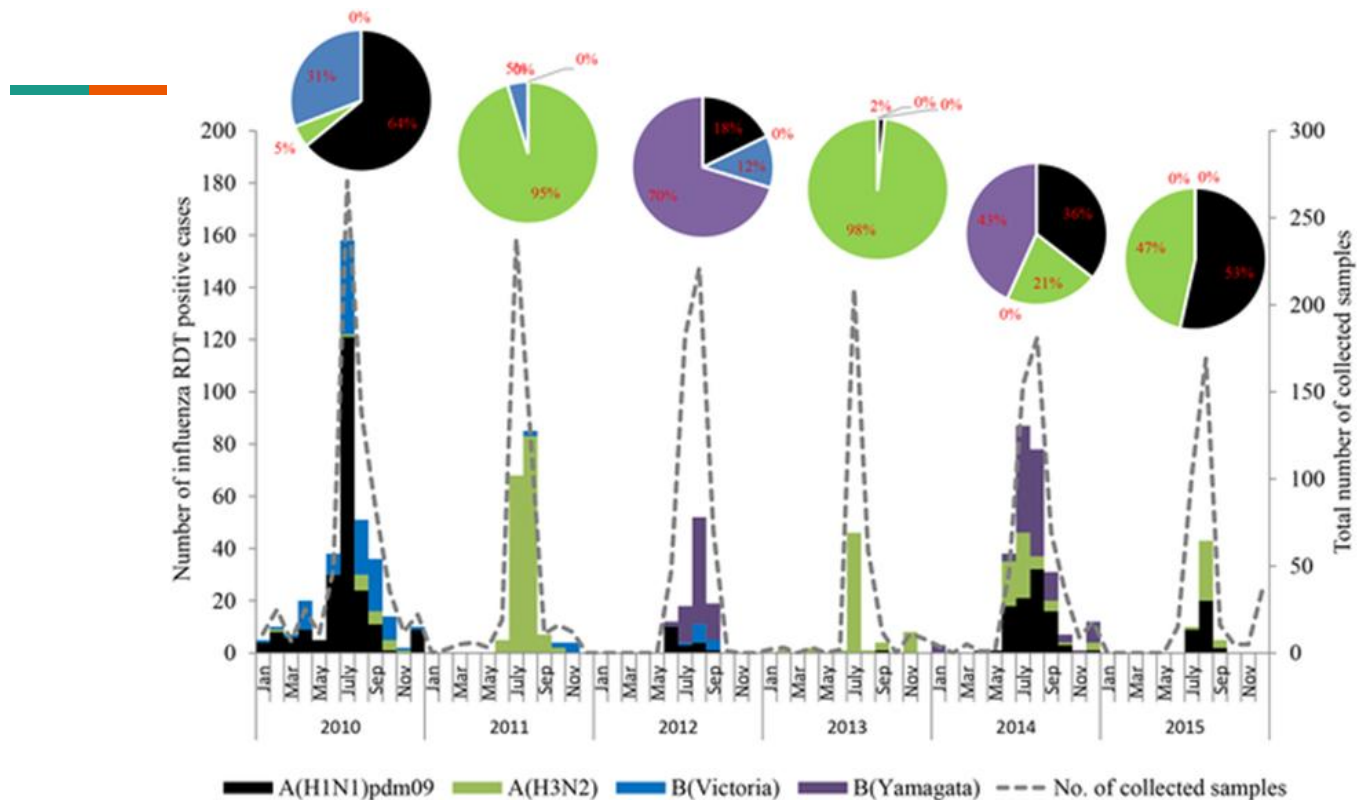
- Le saisons
- Les vents
- La chaleur et le froid
- La qualité des eaux
- L'eau que les habitants utilisent
- Le mode de vie des habitants
- Si un individu est nouvellement arrivé



# Courbe Epidémique



**Fig 1. The monthly incidence of influenza A(H1N1)pdm09, A(H3N2), B(Victoria) and B(Yamagata) viruses between 2010 and 2015 in Myanmar.**



# Black Death

# La peste noire

Plusieurs épidémies et pandémies  
du moyen age à auj'hui

dont : 1331 à 1351

## la peste noire

Chine Europe - Afrique

→ Pandémie



# Comment se transmet la peste ?

Au 14<sup>ième</sup> siècle, les médecins suspectaient une transmission aérienne ; d'où le port de masques en forme de tête d'oiseau pour se protéger de la peste





# Comment se transmet la peste ?

Etiologie : *Yersinia pestis* : Bactérie (Alexandre Yersin)

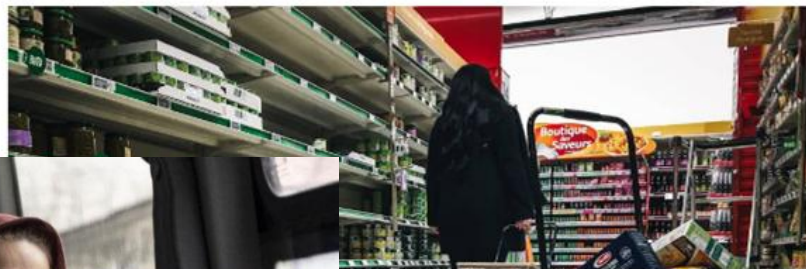
1894 : découverte du mode de transmission : puces



# Coronavirus : faut-il craindre une pénurie dans les supermarchés ?

BOURSORAMA AVEC AFP SERVICES • 03/03/2020 à 10:17

De nombreuses personnes se sont ruées dans les magasins pour constituer des stocks de produits de première nécessité et pallier à un éventuel confinement. Gouvernement et distributeurs ont appelé "à raison garder", excluant tout risque de pénurie.



# Définition de l'épidémiologie

**Etude des maladies et des facteurs de santé dans une population**

(Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures, B. Toma et al., 2010)

# Rôles de l'épidémiologie

**Décrire** l'évolution de l'épidémie

**Expliquer** les facteurs de risque

**Prédire les risques**

Construire des modèles de propagation des maladies et ainsi prédire leur apparition dans un territoire donné



## Que peut-on mesurer ?

Le nombre de malades    cas - foyers

L'exposition au risque

Les proportions (taux - ratio) : Nous appelons cela des indicateurs

- Nombre de cas par pays    /    par mois    /    par an



## Comment peut-on mesurer ?

- Moyenne
- médiane
- Ecart-type (standard deviation)
- Prévalence
- Incidence
- Taux de mortalité
- Taux de morbidité
- Taux de positivité



## Nombre de poulets retrouvés morts au Batiment A3

LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
5	3	8	3	15	45	9

Question : Le mardi de la semaine prochaine, à combien de morts peut-on s'attendre à observer dans ce bâtiment ?

# Population Mean Formula



$$\mu = \frac{\sum X}{N}$$





## Nombre de poulets retrouvés morts au Batiment A3

LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
5	3	8	3	15	45	9

$$\text{Moyenne} = 88 / 7 = 12,5714286$$





## Nombre de poulets retrouvés morts au Batiment A3

LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
5	3	8	3	15	45	9

$$\text{Moyenne} = 88 / 7 = 12,5714286$$

La moyenne est-elle informative ici ?



Données triées par ordre croissant

3	3	5	8	9	15	45
---	---	---	---	---	----	----



Données triées par ordre croissant



Médiane



# Le Mode

C'est la valeur la plus souvent observée

LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
5	3	8	3	15	45	9



# Le Mode

C'est la valeur la plus souvent observée

LUN	MAR	MER	JEU	VEN	SAM	DIM
5	3	8	3	15	45	9

**Mode = 3**



## Ecart - Type

Ecart-Type = Standard deviation

Calculé en tenant compte  
de toutes les observations

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$



# Ecart-type

Informe sur la dispersion des données

Plus l'écart-type est petit  $\longrightarrow$  plus la population est homogène

Ecart-Type = 14,8980663

Est-ce un grand nombre ???



# Ecart-type

Informe sur la dispersion des données

Plus l'écart-type est petit  $\longrightarrow$  plus la population est homogène

Ecart-Type = 14,8980663

Moyenne = 12,5714286 < E-type





# Titrage des anticorps chez les Volailles

Effectif dans l'élevage : 10 000 animaux

Moyenne des titres: 2000 Unités

Ecart-type: 200



# Titrage des anticorps chez les Volailles

Effectif dans l'élevage : 10 000 animaux

Moyenne des titres: 2000 Unités

Ecart-type: 200

**Coefficient de variation = Ecart-type / moyenne = 10%**

Question aux vétérinaires : Avez-vous déjà calculé cet indicateur lors d'analyses sérologiques faites sur un élevage d'animaux à grand effectif?

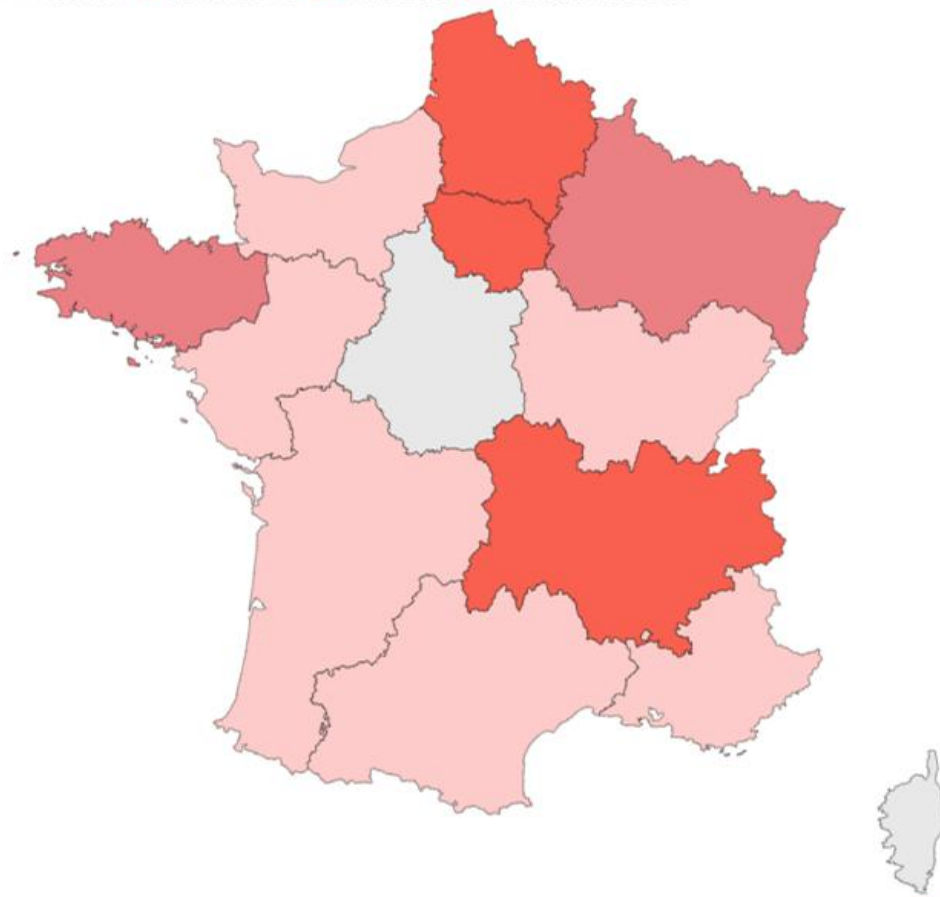


**Que peut-on mesurer pour une maladie ?**

## La propagation du **coronavirus** en France

191 cas confirmés • **3 morts** • **12 guéris**

Aucun cas   Au moins un cas   10 cas ou plus   Plusieurs dizaines de cas





# COVID ou nCoV ????

**Le nom du virus**  
(virologistes)

SARS-Cov-2

(expert

**Taxonomie**  
(ICTV)

Famille des Coronaviridae

**Le nom de la maladie**  
(OMS 2020)

COVID-19



## En France (2 Mars 2020)

Nombre de cas **191**

1 Cas = 1 malade confirmé au laboratoire

Nombre de morts **3**

Population française **66,99 millions (2019)**

Sources : [Eurostat](#), [ONS Royaume-Uni](#)



# Taux de Mortalité

Nombre de morts / population



## Taux de Mortalité

$$\text{Taux de mortalité} = 3 / 66990000 = 0,00000043$$





## Taux de létalité

Nombre de morts / Nombre de cas (ou malades)



## Taux de létalité

Nombre de morts / Nombre de cas (ou malades)

$$\text{Taux de létalité} = 3 / 191 = 0,0157$$



## Taux de morbidité

Nombre de malades / Population soumise au risque

$$191 / 6690000 = 0,000285117$$



# Prévalence - incidence



# Prévalence

Nombre total de cas ou de foyers d'une maladie, dans une population déterminée, sans distinguer de cas anciens ou nouveaux.

Prévalence des cas de Covid-19 du 1er Janvier à 02 Mars 2020 en France ?



# Incidence

Nombre de cas ou de foyers **nouveaux** d'une maladie dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.

Incidence du Covid-19 en France au Lundi 2 mars 2020 ?



# Incidence

Société

## **Coronavirus : 191 cas confirmés en France, soit 61 de plus en une journée**

En France, le bilan des cas confirmés de Covid-19 lundi est passé de 130 à 191. Douze régions sont touchées, dont cinq avec plus de dix cas. Retrouvez les informations de la journée de lundi.



# Incidence

Prévalence

Société

## Coronavirus : 191 cas confirmés en France, soit 61 de plus en une journée

En France, le bilan des cas confirmés de Covid-19 lundi est passé de 130 à 191. Douze régions sont touchées, dont cinq avec plus de dix cas. Retrouvez les informations de la journée de lundi.





# Incidence

Société

## Coronavirus : 191 cas confirmés en France, soit 61 de plus en une journée

En France, le bilan des cas confirmés de Covid-19 lundi est passé de 130 à 191. Douze régions sont touchées, dont cinq avec plus de dix cas. Retrouvez les informations de la journée de lundi.

Incidence



## Taux de Positivité

Nombre de cas positifs / Nombre de cas suspects

Qui peut calculer cet indicateur ?



## Taux de Positivité

Nombre de cas positifs / Nombre de cas suspects

Qui peut calculer cet indicateur ?

Laboratoire → Nombre d'échantillons reçus



## Taux de Positivité

Nombre de cas positifs / Nombre de cas suspects

Qui peut calculer cet indicateur ?

Laboratoire → Nombre d'échantillons reçus

Attention ! → identifiant unique (Num CIN)



## Taux de Positivité

Nombre de cas positifs / Nombre de cas suspects

Pourquoi a-t-on besoin de cet indicateur ?



## Taux de Positivité

Nombre de cas positifs / Nombre de cas suspects

Pourquoi a-t-on besoin de cet indicateur ?

→ **Evaluation de la surveillance**



# Comparaison de deux indicateurs



## Comparaison des Moyennes

	Moyenne
Batiment A	1632
Batiment B	1417,7





## Question

Est ce que les moyennes entre les bâtiments sont différentes ?



## Question

Il faut faire un test statistique ( test de compariason de deux moyennes)

Test t de Student

T-test



## t Test

résultat

La valeur p (p-value) de votre test est 0.67954121117537

Conclusion ?



# Hypothèses

H0: Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes

H1: Il y a une différence significative entre les moyennes



## p value

In statistical hypothesis testing, the **p-value** or probability value is the probability of obtaining ... The **p-value** is **defined** as the probability, under the null hypothesis  $H_0$



## Pourcentage de Positivité

	Positifs	Négatifs	TOTAL
Batiment A	7	3	10
Batiment B	9	1	10



## Pourcentage de Positivité

	% Positifs	% Négatifs	TOTAL
Batiment A	70	30	10
Batiment B	90	10	10

## Critical values of the Chi-square distribution with $d$ degrees of freedom

Probability of exceeding the critical value							
$d$	0.05	0.01	0.001	$d$	0.05	0.01	0.001
1	3.841	6.635	10.828	11	19.675	24.725	31.264
2	5.991	9.210	13.816	12	21.026	26.217	32.910
3	7.815	11.345	16.266	13	22.362	27.688	34.528
4	9.488	13.277	18.467	14	23.685	29.141	36.123
5	11.070	15.086	20.515	15	24.996	30.578	37.697
6	12.592	16.812	22.458	16	26.296	32.000	39.252
7	14.067	18.475	24.322	17	27.587	33.409	40.790
8	15.507	20.090	26.125	18	28.869	34.805	42.312
9	16.919	21.666	27.877	19	30.144	36.191	43.820
10	18.307	23.209	29.588	20	31.410	37.566	45.315





# test Chi<sup>2</sup>

Test de comparaison de deux pourcentages

- Excel
- Epi-Info
- SPSS
- R
- Google ..

---

# L'épidémiologie spatiale

## Epidémie de Cholera (Londres, 1854)



# Epidémie de Cholera (Londres, 1854)

Bactérie *Vibrio cholerae*

Gastro-entérite mortelle

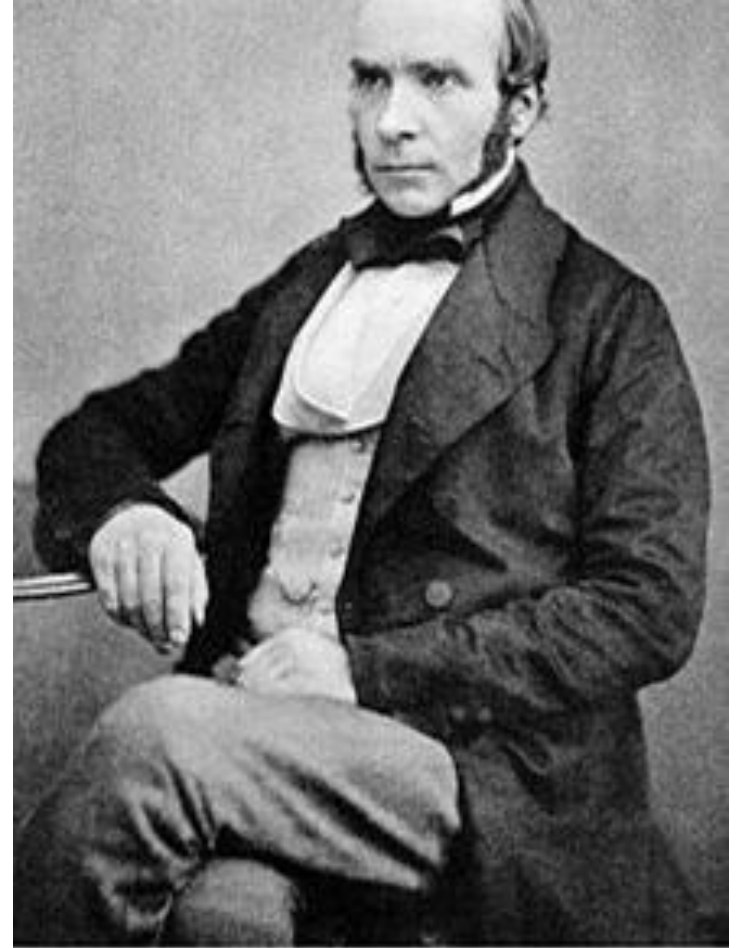
extrêmement contagieuse



**Jon Snow 1813 - 1858**



# John Snow 1813 - 1858



# Map of London



water pump







**Et aujourd'hui ?  
A quoi cela peut-il servir ?**

# Ministre de la santé

Abdellatif el Mekki

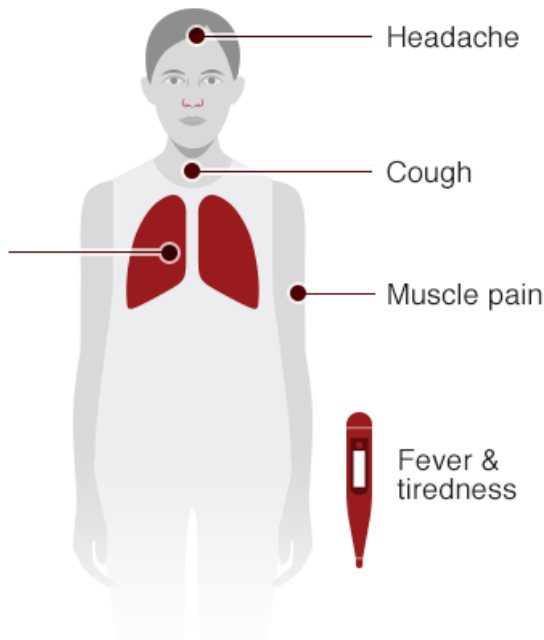
Vous a convoqué pour une mise à jour sur la situation épidémiologie de la maladie XXX en Tunisie



**Comment allez-vous lui  
présenter les résultats?**

INCIDENCE  
prevalence  
Taux de mortalité

## Symptoms of coronavirus (Covid-19)



p value < 0.05

$$\chi_c^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

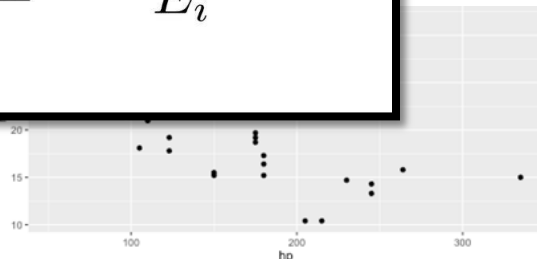
```
RStudio

Untitled1* x
Source on Save
Go to file/function
Addins

1 library(shiny)
2 library(miniUI)
3 library(ggplot2)
4
5 ggbrush <- function(data, xvar, yvar) {
6
7   ui <- miniPage(
8     gadgetTitleBar("Drag to select points"),
9     miniContentPanel(
10      # The brush="brush" argument means w
11      # brush events on the plot using inp
12      plotOutput("plot", height = "100%",
13      )
14    )
15  )
16  server <- function(input, output, sessio
17
18    # Render the plot
19    output$plot <- renderPlot({
20
32:2 (Top Level)

Console ~/
> ggbrush <- function(data, xvar, yvar) {
+
+   ui <- miniPage(
+     gadgetTitleBar("Drag to select points"),
+     miniContentPanel(
+       # Th ... [TRUNCATED]
+     )
+   }
+   ggbrush(mtcars, "hp", "mpg")
+ }

Listening on http://127.0.0.1:6176
```

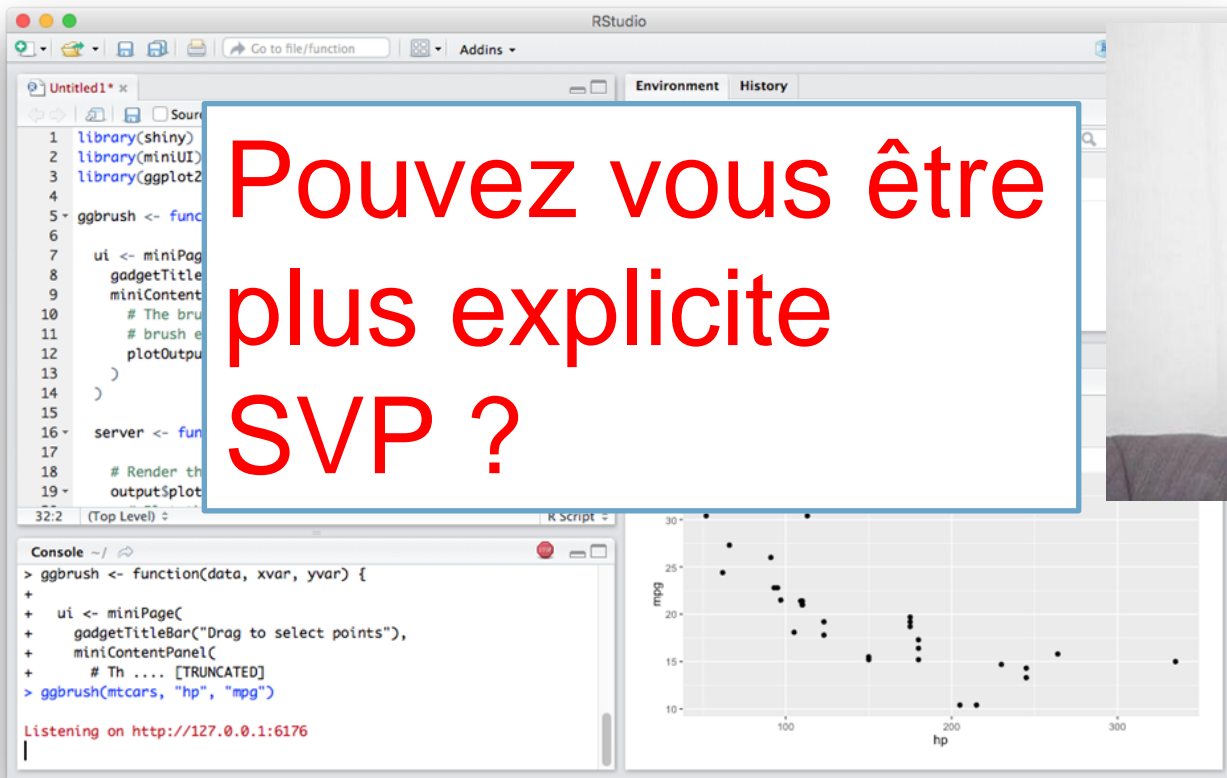


INCIDENCE  
prevalence

Taux de mortalité  $\alpha = 0.05$

Symptoms of coronavirus (Covid-19)

Pouvez vous être  
plus explicite  
SVP ?



Overview

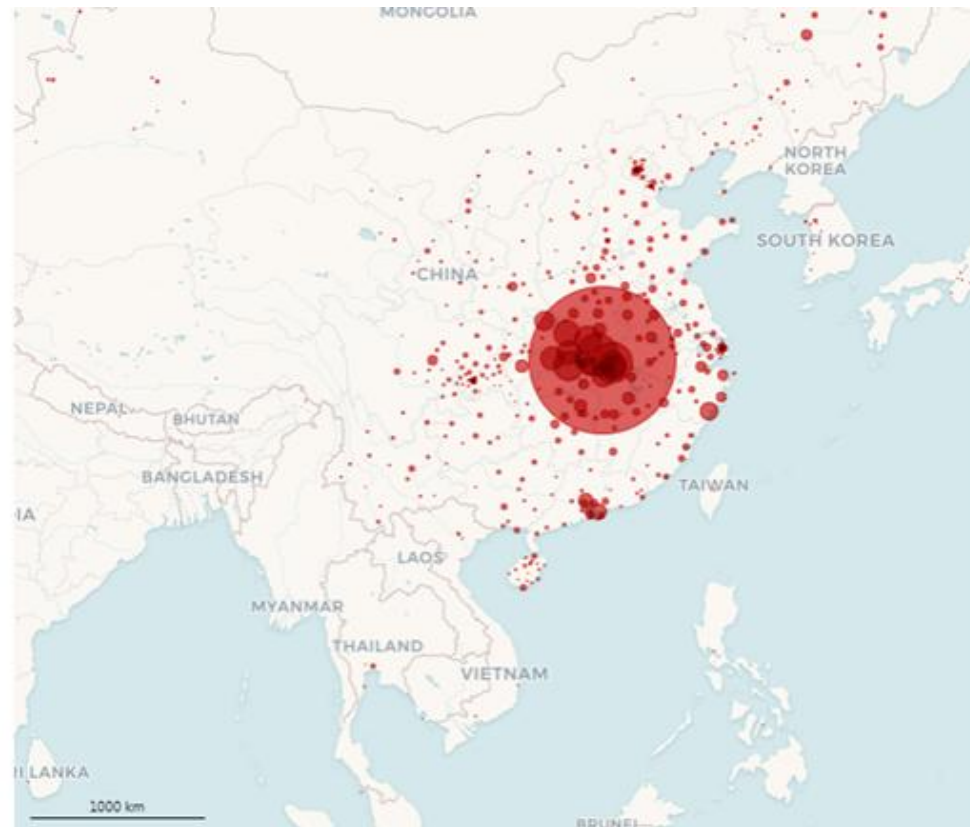
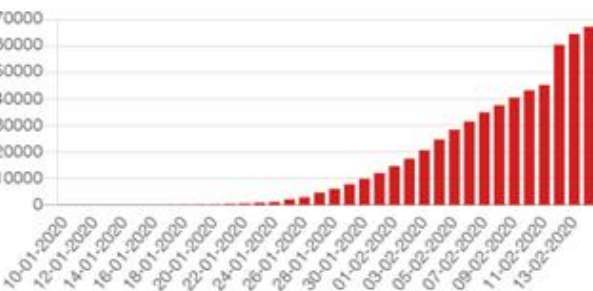
67096

Confirmed cases

1526

Deaths

Cumulative number of cases per day



Time

Cumulative

Daily

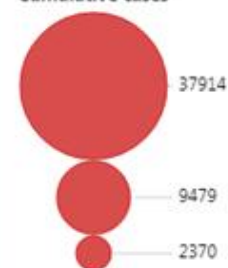
Indicator

Cases

Deaths

Legend

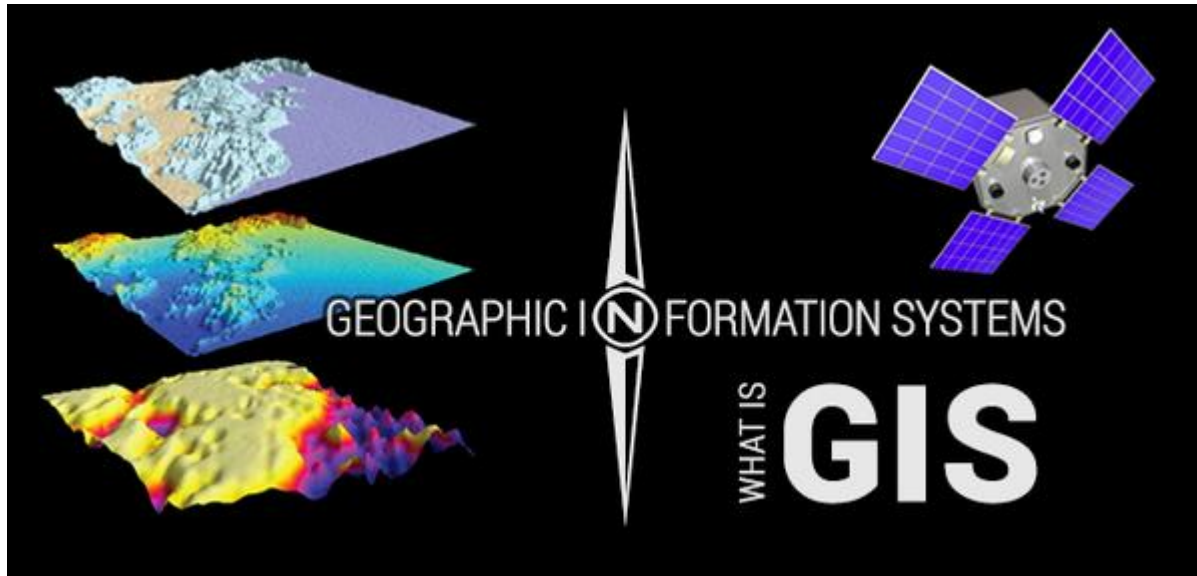
Cumulative cases



- Switch between city or regions, cumulative or daily and cases or deaths in the parameters.
- Use the slider to scroll through the days.
- Data for cities: starts on 23/01 for Beijing, and on 26/01 for Shanghai and Tianjin districts. No details for Taiwan.

**La cartographie est un moyen plus  
explicite pour présenter les résultats  
épidémiologiques**

# Geographic Information System (GIS)





# Overview

- Qu'est-ce que le GIS?
- Qui utilise le GIS?
- Que puis-je faire avec le GIS?
- Données dans GIS
- Logiciels
- Que devrait contenir une carte?

# Qu'est-ce que le GIS?

Geographic

Information

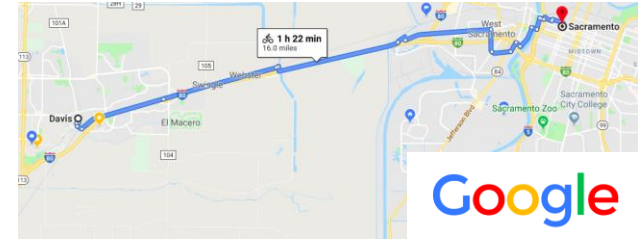
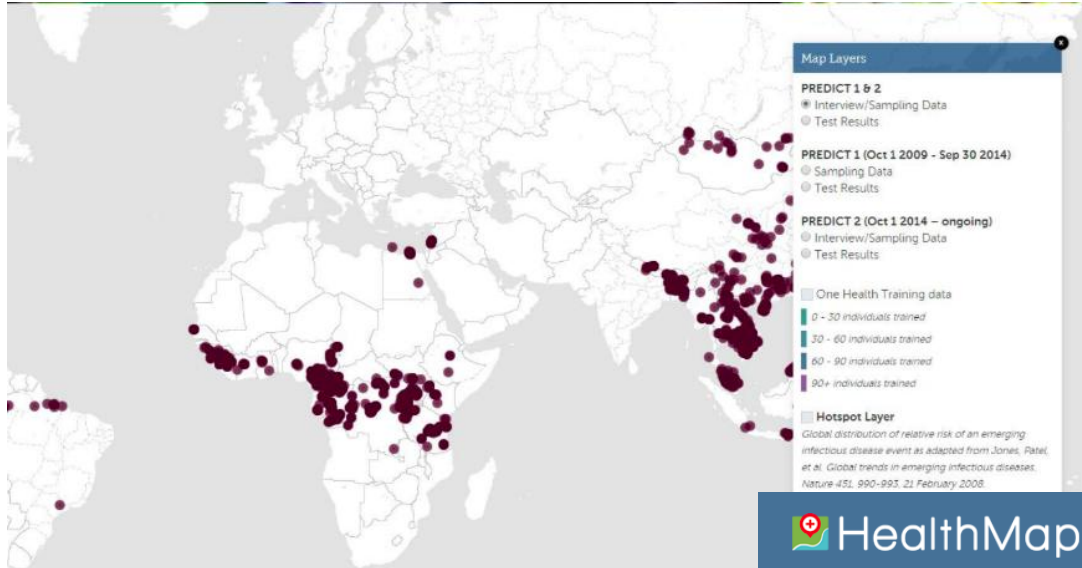
System



*«Les systèmes d'information géographique sont un outil informatique qui analyse, stocke, manipule et visualise les informations géographiques, généralement sur une carte. »*

*En d'autres termes: utiliser un logiciel pour connecter des données à une carte afin de les visualiser et de les analyser*

# Qui utilise le GIS?



# Que puis-je faire avec le GIS?

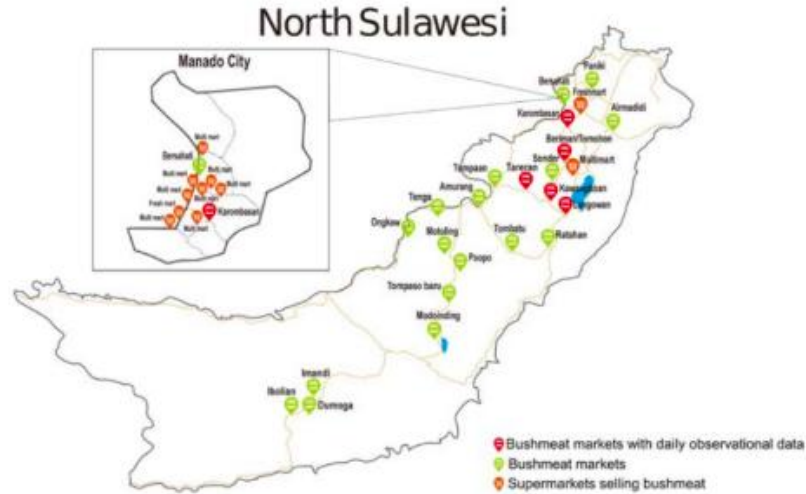
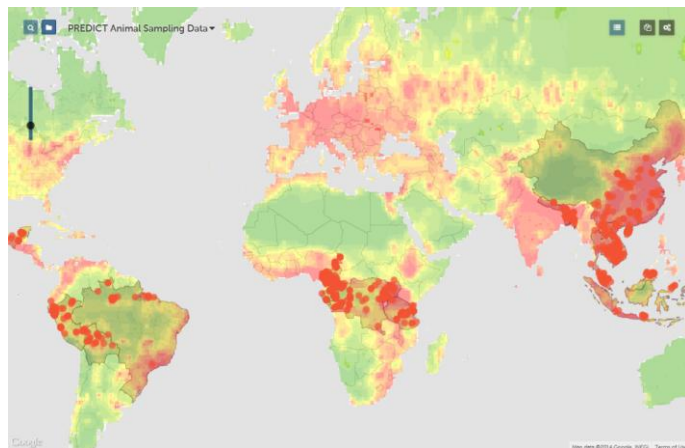


FIGURE 2. Map of the wildlife trade/value chain in North Sulawesi, Indonesia. Green markers indicate bushmeat markets surveyed by PREDICT, and red denotes markets where daily observational data were recently collected. Supermarkets where bushmeat is also available are marked in orange.

## VOIR LES DONNÉES ET CRÉER DES CARTES

# Que puis-je faire avec le GIS?



EFFECTUER UNE ANALYSE  
STATISTIQUE

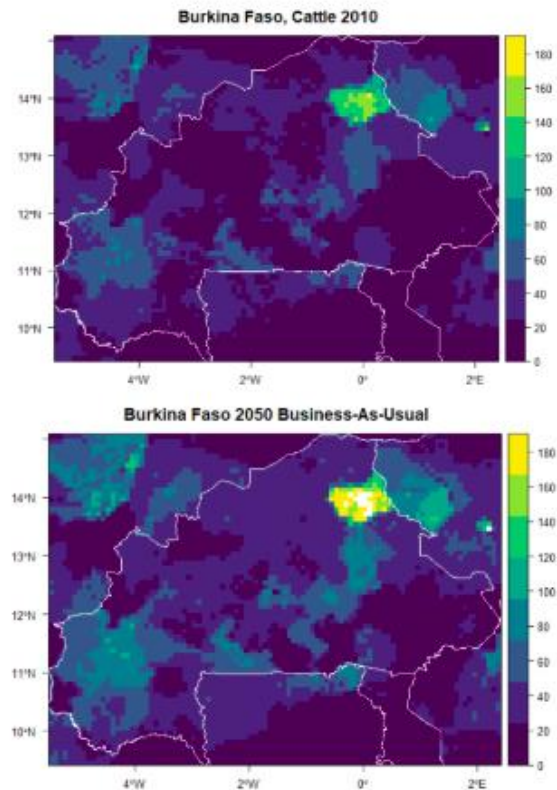
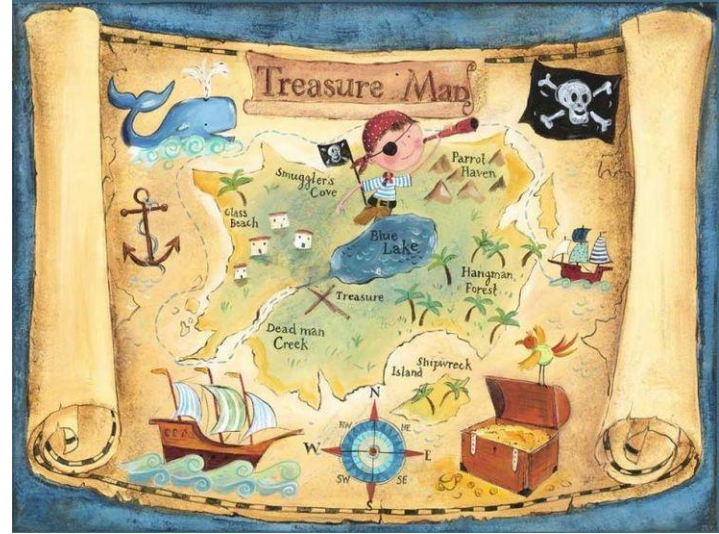


FIGURE 5. Forecasted changes in cattle density for Burkina Faso from 2010 to 2050 under a business-as-usual scenario. Maps produced by PREDICT as part of the Africa Sustainable Livestock 2050 (ASL2050) project in collaboration with FAO.

# Que puis-je faire avec le GIS?

Déterminer les perimetres,  
distances....

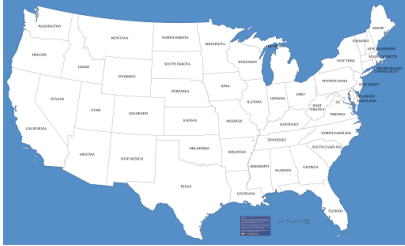


.... ET PLUS !

# Satellite imagery



# Shapefile



Un groupe de vectors  
+  
Database associée

# Raster



A matrix

# D'une image Satellite au GIS



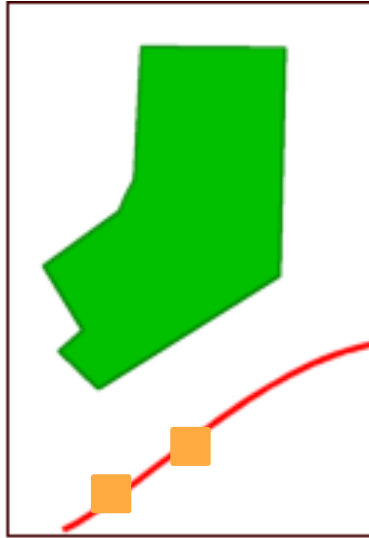
**Real World**



# D'une image Satellite au GIS



**Real World**

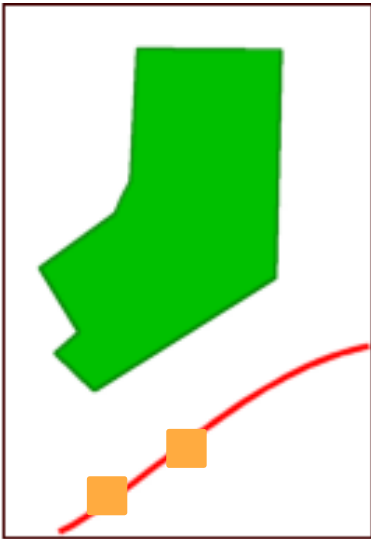


**Vector**

# D'une image Satellite au GIS



Real World

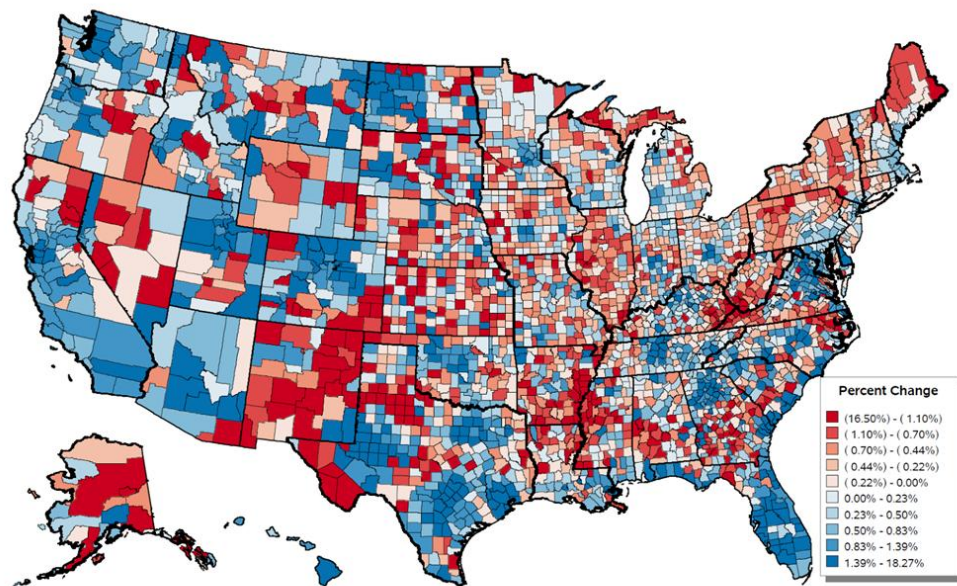


Vector

Field ID	Type	Label	Type
1	Polygon	Hospital	Charles N.
2	Polygon	Car	BMW
3	Polygon	Car	Lada
4	Line	Road	Highway

# Shapefile example

## 2013 to 2014 Population Change

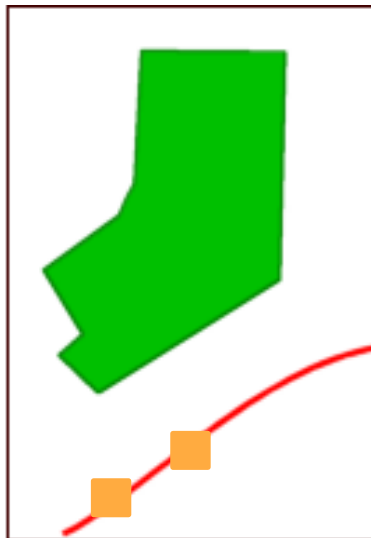


Source: US Census Bureau, 2014 Population Estimates

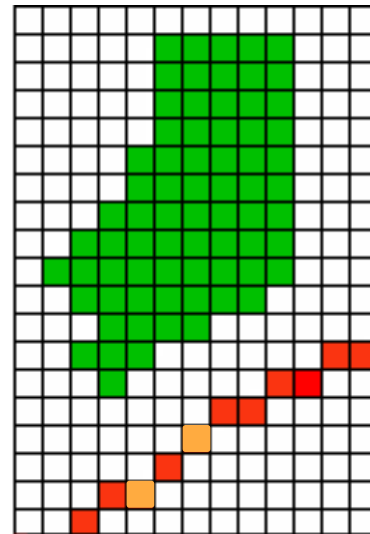
# D'une image Satellite au GIS



**Real World**

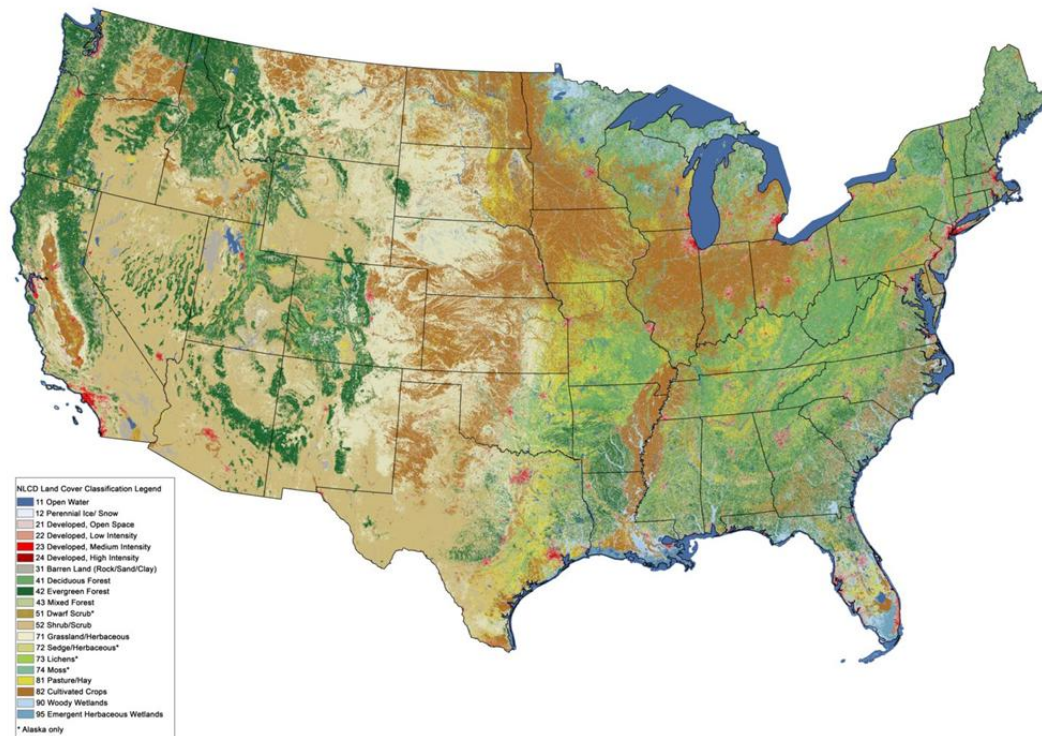


**Vector**



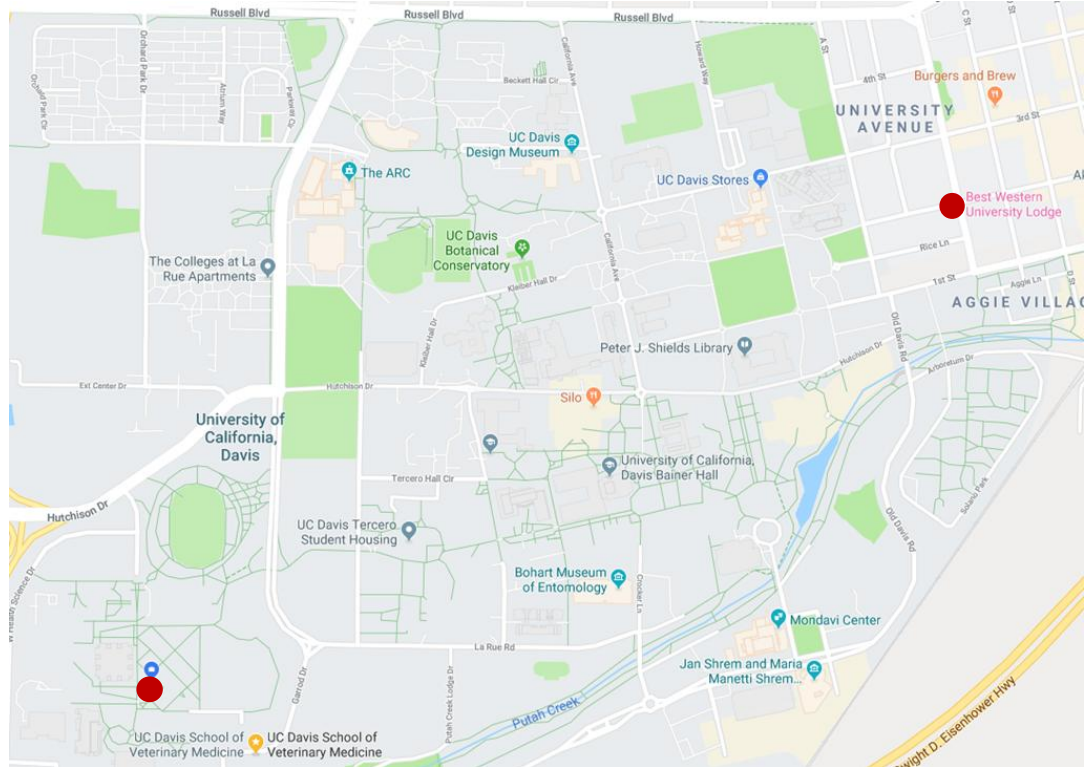
**Raster**

# Raster Example



# Vector Data

- Points

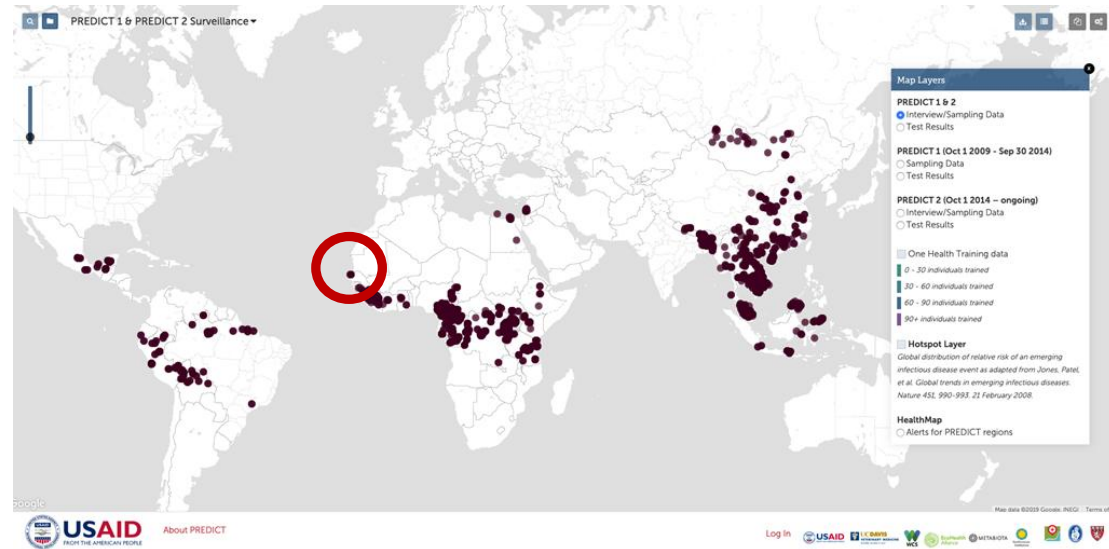
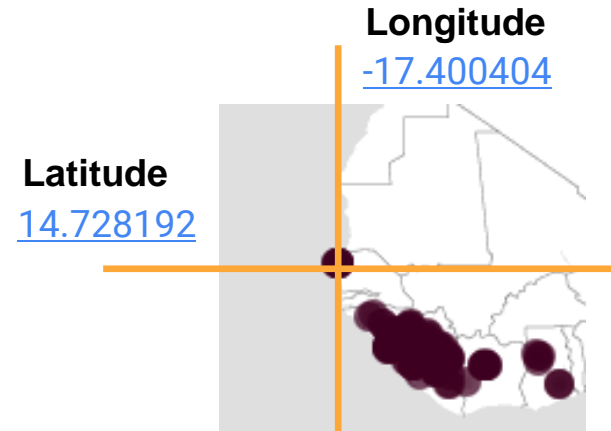


# Vector Data: Point

A point is defined by its coordinates: **Latitude** and **Longitude**

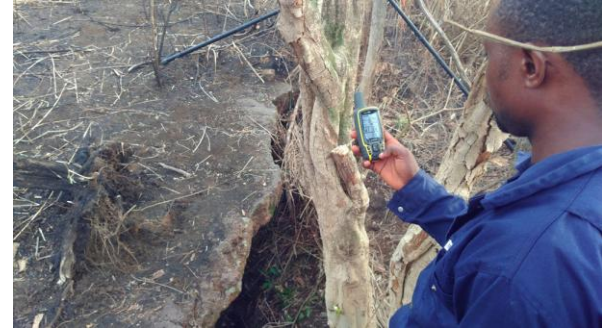
There are different units for coordinates.

Both latitude and longitude have to be in the same unit





# Vector Data: Point



Can you identify what is the location of this point without using your computer?

**38.532194, -121.761469**



# Vector Data: Point

Latitude: - 90 to 90

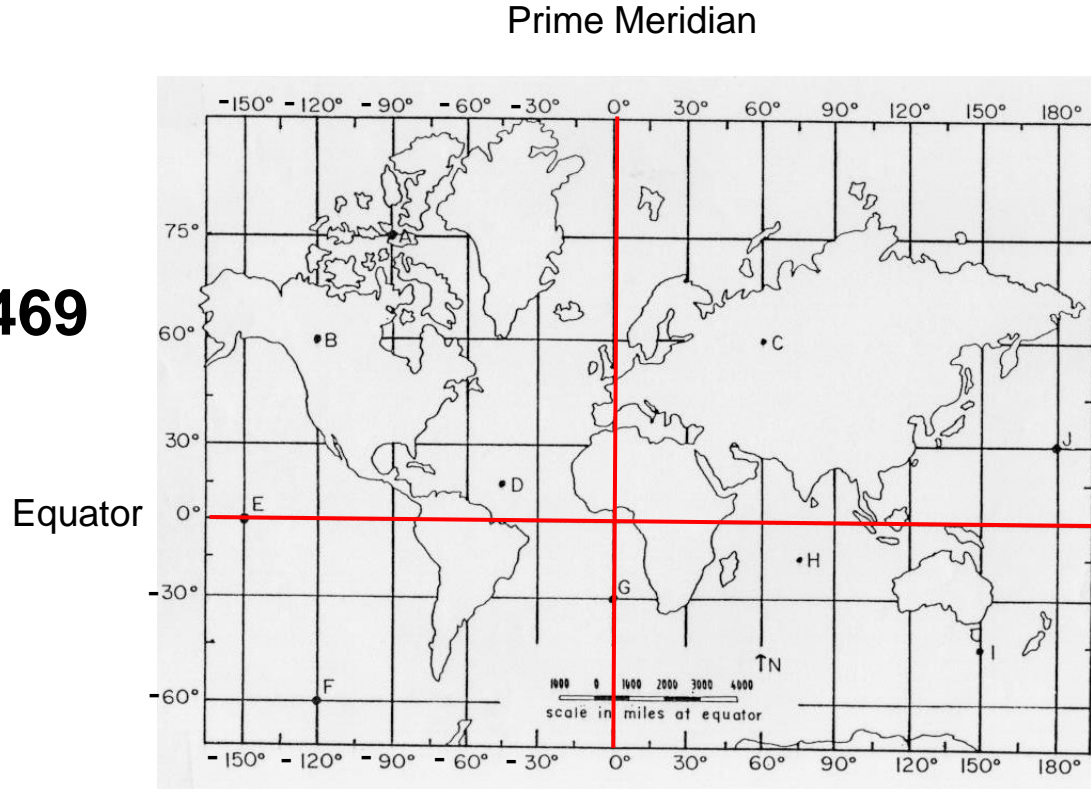
Longitude : -180 to 180

**38.532194, -121.761469**

Thus !!

**38.532194** is a Latitude

**-121.761469** is a Longitude

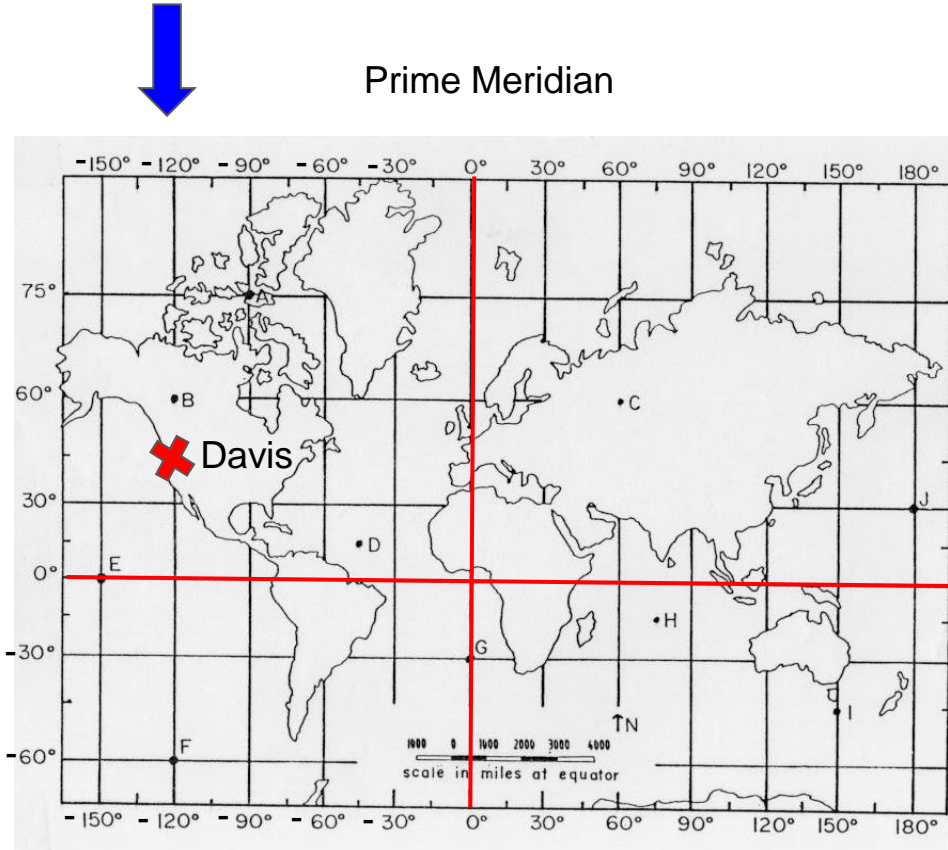


# Vector Data: Point

**38.532194, -121.761469**



Equator





# Concept of layering in GIS

Layer 5

Layer 4

Layer 3

Layer 2

Layer 1

Base map

# What are the GIS software's?

Free



Other GIS softwares



You have to pay



ArcGIS

QGIS



Jaber Belkhiria

13.66 · DVM MPVM PhD · [Edit](#)

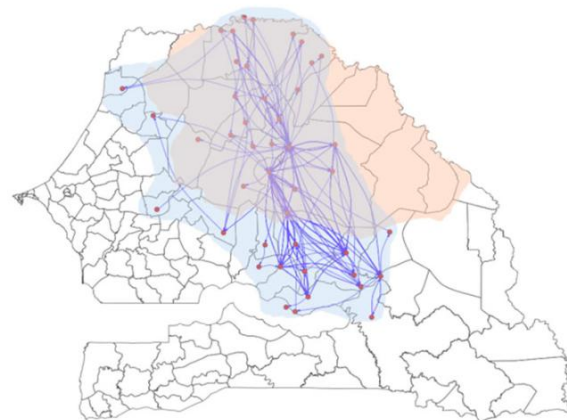
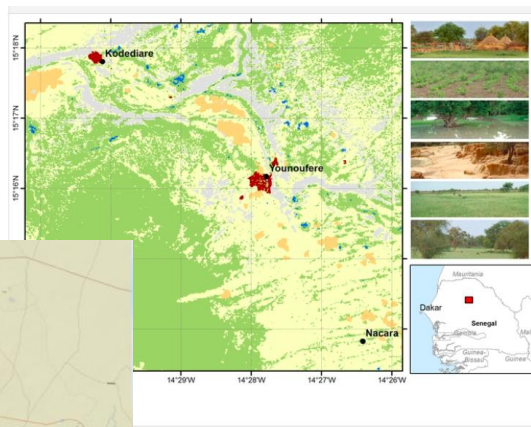


Figure 3

