

République du Sénégal



Un peuple – un but – une foi

Ministère de l'Economie, du Plan et de la Coopération (MEPC)

Agence nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD)



Ecole nationale de la Statistique et de l'Analyse économique -
Pierre NDIAYE (ENSAE - Dakar)



STATISTIQUES EXPLORATOIRES SPATIALES

RESUME DES TRAVAUX PRATIQUES

TP 1-TP6

Rédigé par :

Cheikh Mouhamadou Moustapha NDIAYE

*Elève ingénieur statisticien économiste
en troisième année de formation*

Sous la supervision de :

Mr. Aboubacar HEMA

ISE a IFPRI

Fevrier 2026

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre professeur Monsieur **Aboubacar HEMA** pour sa pédagogie exceptionnelle et ses précieux conseils de vie. Votre manière d'enseigner, basée sur le « learning by doing », nous a permis d'apprendre en agissant, de mieux comprendre les concepts et de les appliquer efficacement. Nous nous sommes imprégnés des statistiques exploratoires spatiales et comptons mettre en applications les connaissances apprises durant ce cours.

Au-delà des connaissances théoriques, vos précieux conseils et votre capacité à rendre les sujets complexes accessibles ont grandement contribué à notre progression. Merci d'avoir su créer un environnement d'apprentissage stimulant et inspirant. Nous espérons, dans le futur, avoir la chance de travailler avec vous sur des projets d'envergure pour vous prouver que ces 30h que nous avons passées n'auront aucunement été vaines.

Nous remercions également tout le corps administratif et professoral de l'ENSAE pour la qualité de l'enseignement reçu en particulier le directeur **M. Idrissa DIAGNE** ainsi que le chef de la filière de formation des ingénieurs statisticiens économistes **M. MAMADOU BALDE**.

Sommaire

Remerciements.....	1
Sommaire	1
Liste des figures.....	2
Introduction.....	3
TP 1 : Analyse Spatiale du paludisme au Senegal (2000-2024)/PYTHON.....	4
TP 2 : Analyse de la répartition spatiale des services sociaux de base au Tchad/GEE PYTHON ..	6

TP 3 : Analyse de l’accessibilité aux infrastructures au Sénégal /GEE	8
TP 4 : Analyse des données géospatiales portant sur les différentes catégories de terres en Ouganda/GEE PYTHON	11
TP 5 : Calcul de l'Indicateur ODD 11.3.1 pour la RDC/Logiciel utilise=R.....	14
TP 6 : Analyse des Indices Spectraux et Fusion avec les Données EHCVM pour le Niger/GEE	18
QUELQUES PROBLEMES ET RECOMMANDATIONS	22
Conclusion.....	23
Table des matières.....	24

Liste des figures

Figure 1: Résultat visuel du tp1	4
Figure 2: Incidence rate en 2000.....	5
Figure 3: Couches disponibles	9
Figure 4: Résultat en un seul clic sur la carte.....	9
Figure 5: Repartition des terres arables.....	12
Figure 6: Superficies et processus d’exclusion des terres	12
Figure 7 : Carte de la RDC.....	16
Figure 8 : Evolution population urbaine 2017 et 2020	16
Figure 9 : Evolution de la surface urbaine 2017et 2020	17

Introduction

Le cours de statistiques exploratoires spatiales se concentre sur l'utilisation de données satellitaires pour calculer divers indicateurs statistiques. Tout au long de ce cours, nous avons manipulé différents logiciels adaptés aux besoins spécifiques de chaque exercice pratique (TP) :

- ✦ Python a été utilisé pour le TP 1, permettant l'analyse de données et la création de modèles statistiques de base.
- ✦ Google Earth Engine (GEE) avec JavaScript a été appliqué lors des TP 3 et 6, offrant des outils puissants pour la visualisation et l'analyse spatiale à grande échelle.
- ✦ R a été l'outil principal pour les TP 5, notamment pour les analyses statistiques approfondies et la modélisation des données spatiales.
- ✦ GEE avec Python a été employé pour les TP 2 et 4, combinant la flexibilité de Python avec les capacités de traitement géospatial de GEE.

Ce parcours a permis d'acquérir une maîtrise progressive des techniques d'analyse statistique et des méthodes de traitement des données satellitaires, en utilisant des environnements de programmation variés et complémentaires.

1

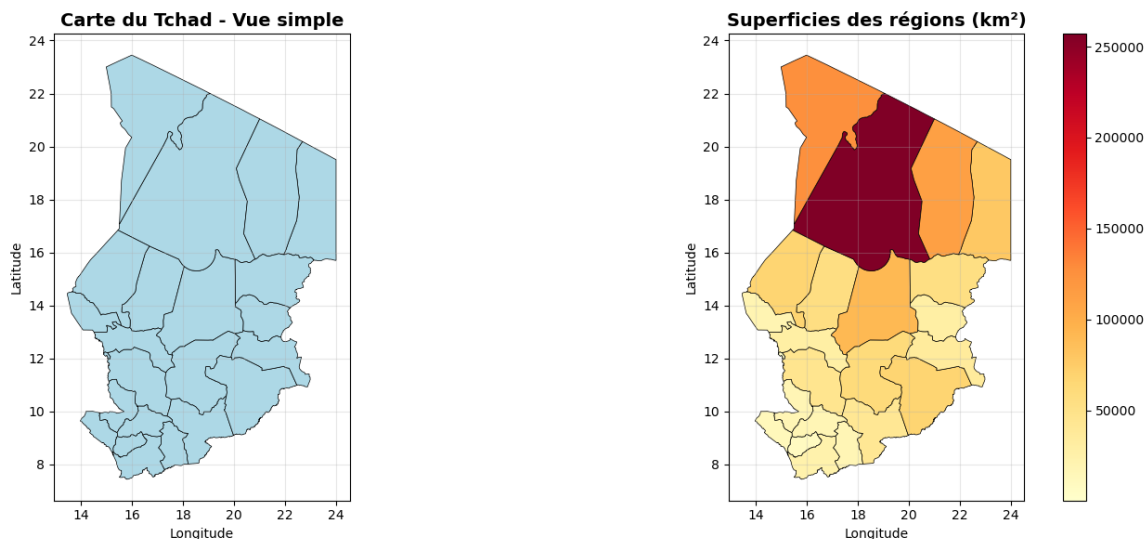
TP 1 : Analyse Spatiale du paludisme au Senegal (2000-2024)/PYTHON

Les données utilisées pour ce premier TP provenaient du site malariaatlas.org pour les fichiers shapefiles (TCHAD), tandis que les fichiers raster provenaient du site GADM. Il fallait donc importer le raster contenant les informations sur le taux de malaria et le shapefile du Tchad et comprendre la logique. L'objectif principal de ce TP était d'analyser et de comprendre l'évolution spatio-temporelle du paludisme au Sénégal entre 2000 et 2024. Pour cela, nous avons utilisé les bibliothèques suivantes :

- **geopandas** : Manipulation et analyse de données géospatiales vectorielles(GADM).
- **pandas** : Gestion, nettoyage et structuration des données tabulaires.
- **fiona** : Lecture et écriture de fichiers SIG (shapefiles)
- **shapely** : Opérations géométriques (intersection, découpage, manipulation de polygones).
- **numpy** : Calculs numériques et opérations sur tableaux.
- **pathlib** : Gestion des chemins de fichiers et des dossiers du projet

Après avoir prévisualisé les données, nous avons généré des graphiques comme le suivant :

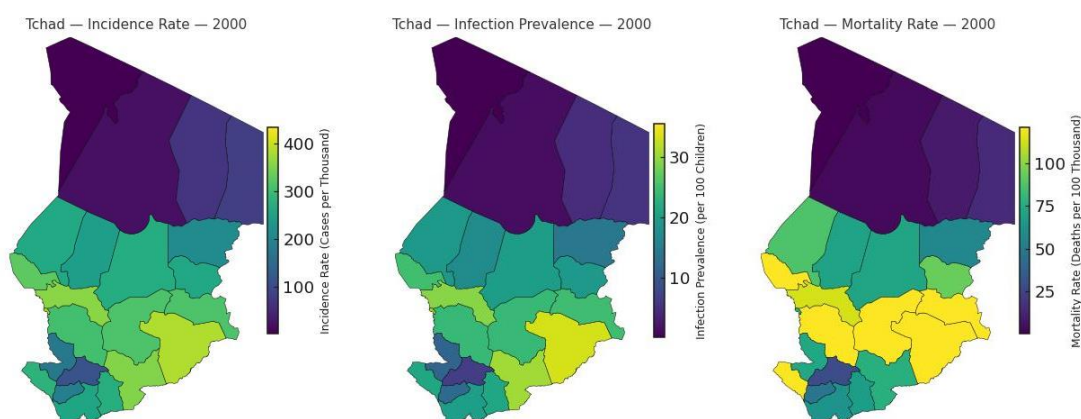
Figure 1: Résultat visuel du tp1



Source : malariaatlas, calcul de l'auteur

Cette carte représente les subdivisions administratives de premier niveau du TCHAD.
Une visualisation sur une carte donne le résultat suivant.

Figure 2: Incidence rate en 2000



Le principal défi est l'analyse et l'intégration cohérente de données géo spatiales hétérogènes (raster et vectorielles) sur une longue période temporelle (2000–2024) afin de produire des résultats fiables sur l'évolution du paludisme au TCHAD.

2

TP 2 : Analyse de la répartition spatiale des services sociaux de base au Tchad/GEE PYTHON

Les données utilisées pour ce deuxième TP provenaient principalement de OpenStreetMap pour les infrastructures et le réseau routier, de GADM pour les limites administratives, ainsi que de la World Database on Protected Areas (WDPA) pour les aires protégées du Tchad. Ces différentes sources ont permis de constituer un ensemble cohérent de données géospatiales vectorielles décrivant les services sociaux de base, l'occupation du sol, les infrastructures de transport et les zones protégées.

L'objectif principal de ce TP était d'analyser la répartition spatiale des services sociaux de base au Tchad et d'évaluer leur accessibilité territoriale. Il s'agissait notamment de cartographier la localisation des écoles, cliniques, pharmacies et autres points d'intérêt, d'analyser la densité et la connectivité du réseau routier, ainsi que d'identifier les régions sous-équipées en infrastructures sociales.

Pour atteindre cet objectif, le traitement géospatial a été réalisé à l'aide de Python et de Google Earth Engine, en utilisant les bibliothèques suivantes :

- **earthengine-api** : accès aux données et aux capacités de calcul de Google Earth Engine
- **geemap** : visualisation et manipulation interactive des données géospatiales issues de GEE
- **folium** : création de cartes interactives HTML
- **pandas** : gestion, nettoyage et analyse des données tabulaires (indicateurs régionaux, tableaux statistiques)

Après une phase de prévisualisation et de nettoyage des données, plusieurs cartes thématiques ont été produites, notamment des cartes de la répartition des aires protégées, du réseau routier national

et des services sociaux par région. Des tableaux synthétiques ont également été générés afin de quantifier la densité des équipements et leur distribution spatiale selon les divisions administratives.

Le principal défi de ce TP réside dans l'intégration et l'analyse de données géospatiales hétérogènes et volumineuses issues de sources multiples (OSM, GADM, WDPA), ainsi que dans le calcul d'indicateurs spatiaux pertinents permettant d'évaluer l'accessibilité et les inégalités territoriales des services sociaux à l'échelle nationale.

3

TP 3 : Analyse de l'accessibilité aux infrastructures au Sénégal /GEE

Les données utilisées pour ce TP3 provenaient principalement de sources géospatiales intégrées dans **Google Earth Engine**, incluant des données vectorielles sur les infrastructures sociales (santé, éducation), le réseau de transport, les ressources en eau et les limites administratives, ainsi que des données raster relatives à la population totale et à la densité de population. Ces données ont permis d'analyser l'accessibilité géographique des populations aux services de base sur l'ensemble du territoire du Sénégal.

L'objectif principal de ce TP était d'analyser et de visualiser, à travers une carte interactive, l'accès des populations aux infrastructures essentielles, notamment les services de santé, d'éducation, les routes et les ressources en eau. Il s'agissait d'évaluer la couverture spatiale de ces infrastructures, de quantifier les populations desservies ou non desservies, et d'identifier les zones à faible accessibilité afin de mettre en évidence les disparités territoriales.

Pour atteindre cet objectif, le projet a été entièrement développé dans **Google Earth Engine**, en utilisant l'API JavaScript pour le traitement géospatial et la création d'interfaces interactives. Les principaux outils et fonctionnalités mobilisés sont :

- **ee.FeatureCollection** : manipulation et analyse des données vectorielles (infrastructures, routes, localités)
- **ee.Image** : traitement des données raster (population, densité)
- **buffer()** : création de zones tampons d'accessibilité autour des infrastructures (5 km, 10 km, 20 km)
- **reduceRegion()** / **reduceRegions()** : calcul des statistiques zonales et de couverture
- **Map.addLayer()** : visualisation cartographique multi-couches
- **ui.Panel()** : création d'interfaces interactives (statistiques en temps réel, boutons, panneaux d'information)

Figure 3: Couches disponibles

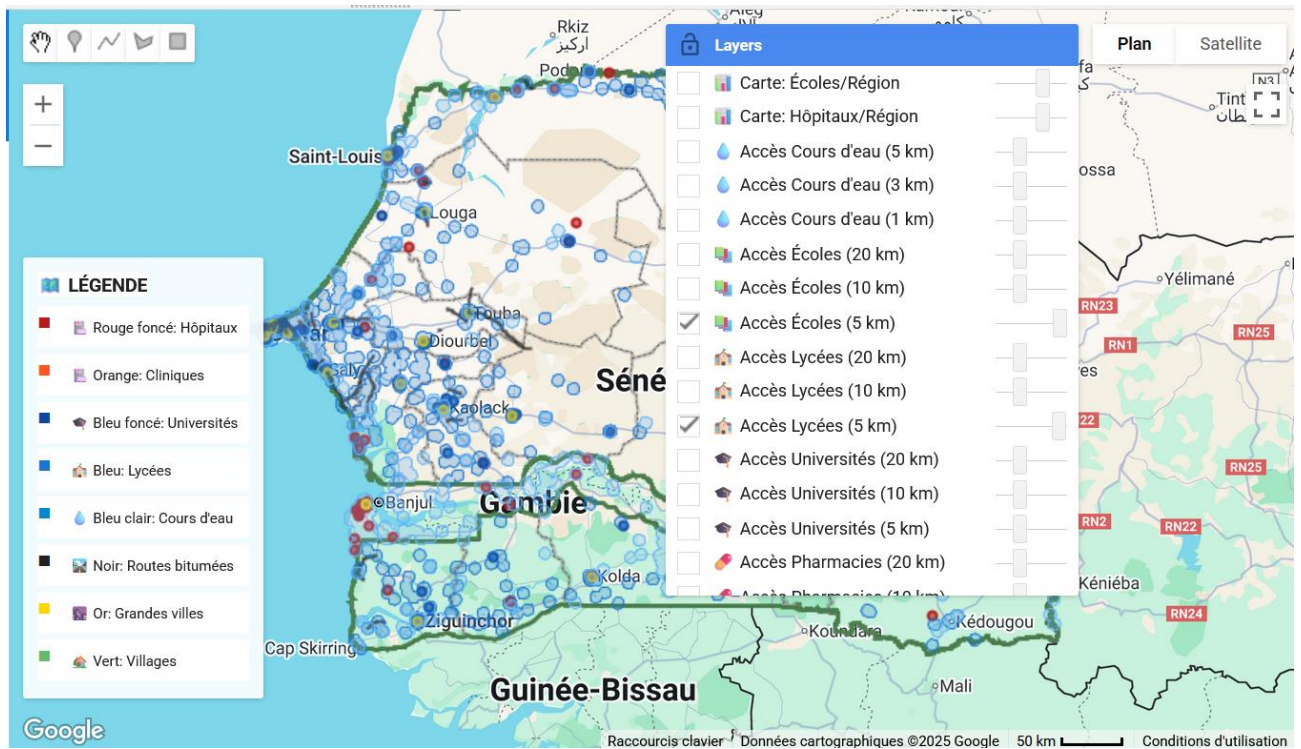
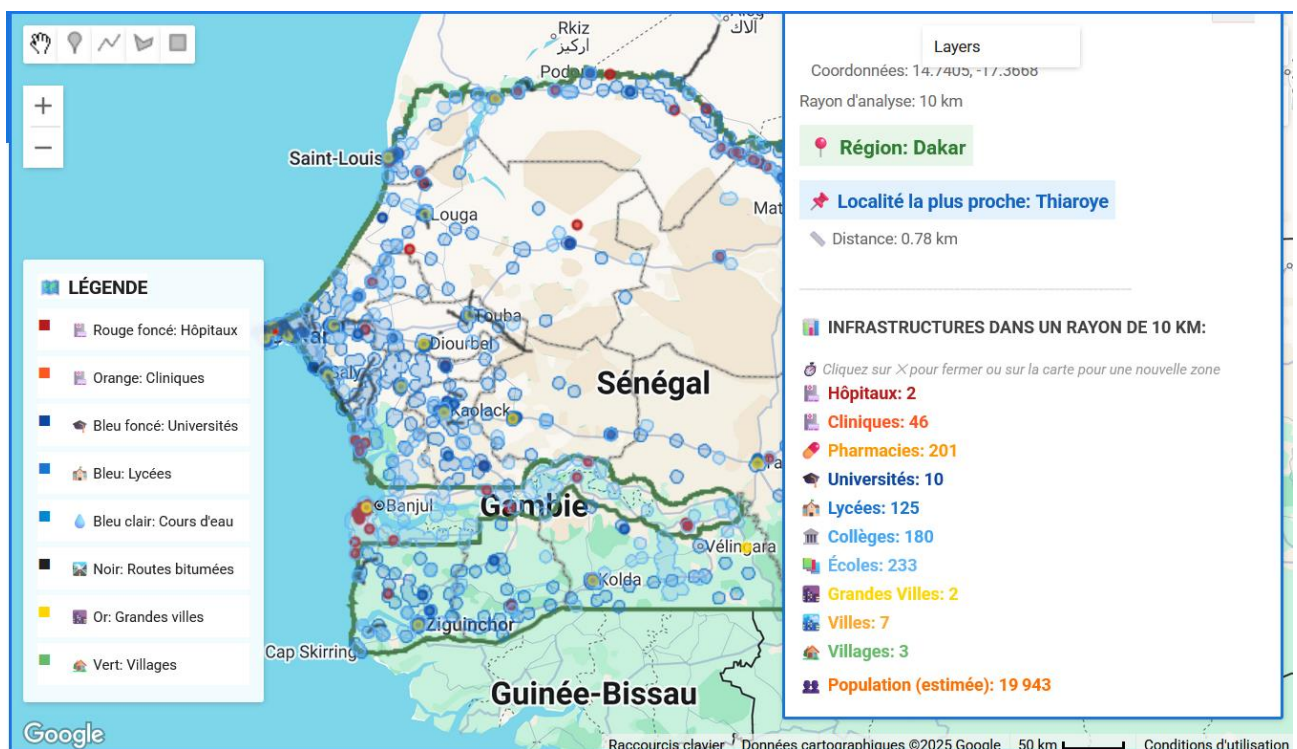


Figure 4: Résultat en un seul clic sur la carte



Après le chargement et la visualisation des différentes couches, des **zones tampons** ont été générées autour des infrastructures afin d'évaluer l'accessibilité géographique des populations. Des cartes ont été produites pour représenter la distribution spatiale des infrastructures et de la population, tandis que des statistiques nationales et régionales ont été calculées et exportées au format CSV.

L'interface interactive permet également d'obtenir des informations détaillées par simple clic sur la carte.

Le principal défi de ce TP réside dans l'intégration et l'analyse simultanée de données géospatiales hétérogènes (vectorielles et raster) à différentes échelles spatiales, ainsi que dans le calcul précis de l'accessibilité des populations aux services de base. Ce défi inclut également la gestion de l'interactivité, la lisibilité cartographique et la fiabilité des statistiques produites pour appuyer la planification territoriale et la prise de décision.

4

TP 4 : Analyse des données géospatiales portant sur les différentes catégories de terres en Ouganda/GEE PYTHON

Les données utilisées dans ce TP4 proviennent essentiellement des collections géospatiales disponibles sur **Google Earth Engine**, ainsi que d'un raster externe sur les terres cultivées issu de la base **Earth System Science Data (ESSD)**. L'analyse porte sur le territoire de l'Ouganda et repose sur des données raster à haute résolution permettant de caractériser différentes catégories de terres. L'ensemble du traitement est réalisé en **Python**, connecté à Google Earth Engine pour le chargement et le calcul des données, sans téléchargement local des jeux de données volumineux.

L'objectif principal de ce TP est **d'identifier et de cartographier les terres arables en Ouganda** à partir d'un processus de filtrage spatial progressif. Il s'agit de combiner les terres cultivées et les zones déboisées, puis d'exclure successivement les surfaces impropres à l'agriculture, notamment les zones imperméables, les pentes élevées, les eaux permanentes et les aires protégées. Cette approche permet d'estimer la superficie réellement exploitable pour l'agriculture, tant à l'échelle nationale que régionale.

Le traitement des données a été effectué à l'aide de bibliothèques Python spécialisées. L'accès aux collections satellitaires et le calcul des rasters ont été assurés par **earthengine-api**, tandis que **folium** a été utilisé pour la visualisation des différentes couches sur des cartes interactives. Les calculs numériques et la manipulation des rasters ont été réalisés avec **numpy**, l'organisation des résultats statistiques avec **pandas**, et la production de graphiques synthétiques (notamment le camembert final) avec **matplotlib.pyplot**. La gestion des fichiers de sortie a été assurée par la bibliothèque **os**.

Le script développé permet de générer plusieurs couches thématiques intermédiaires (terres cultivées, zones déboisées, surfaces imperméables, pentes, eaux permanentes, aires protégées), puis une carte finale des terres arables à une résolution de 30 mètres. Il permet également de calculer la superficie de chaque catégorie de terres, d'estimer la surface totale des terres arables par région et de déterminer la part des terres cultivées au sein des terres arables, aussi bien au niveau national que régional.

Figure 5: Répartition des terres arables

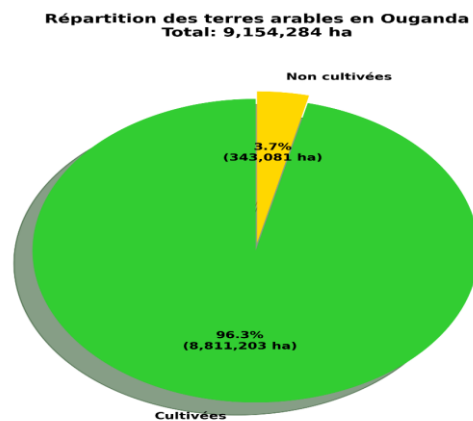
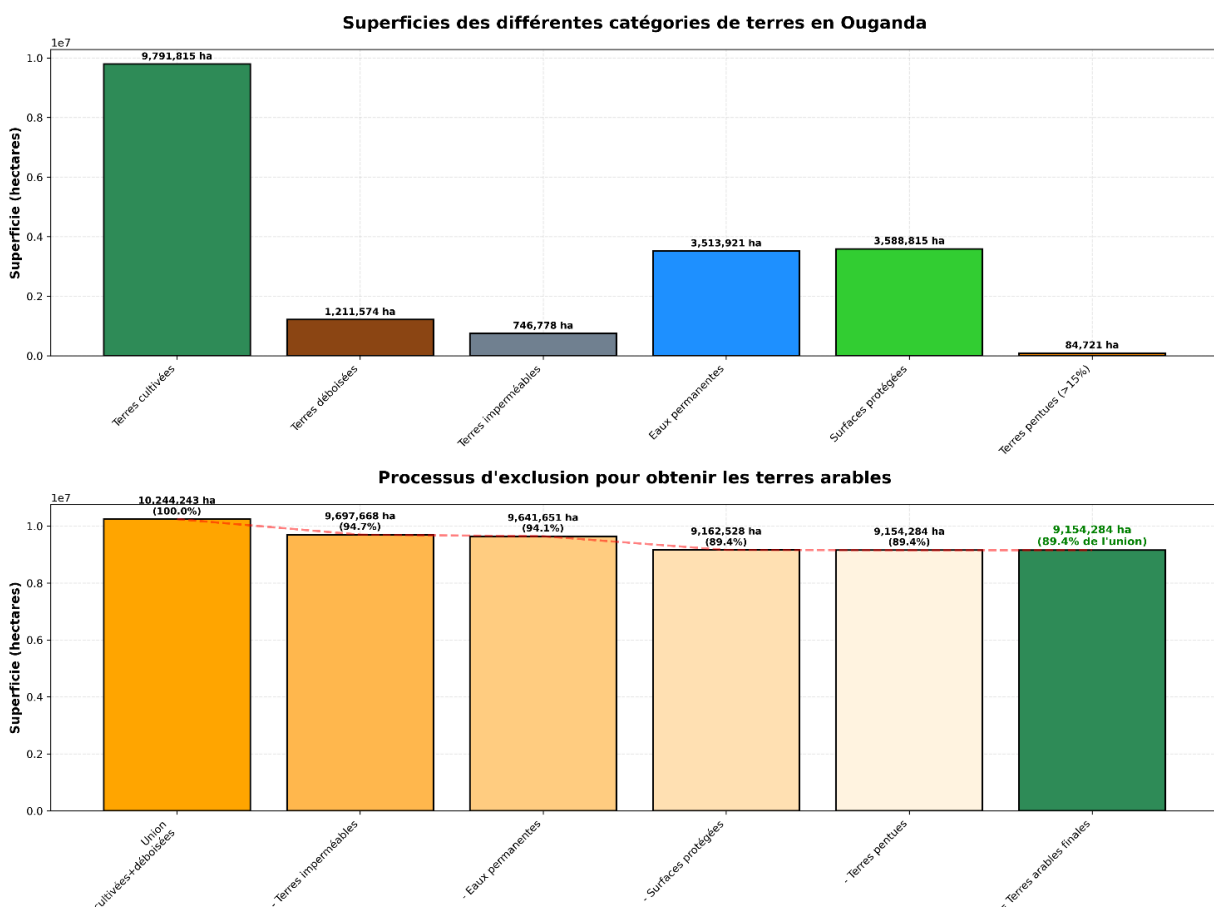


Figure 6: Superficies et processus d'exclusion des terres



Le principal défi de ce TP réside dans l'intégration et le traitement de données raster volumineuses et hétérogènes, issues de sources multiples et présentant des résolutions spatiales différentes.

L'importation du raster des terres cultivées, couvrant l'ensemble du continent africain, a notamment nécessité un prétraitement externe sous QGIS avant son intégration dans Google Earth Engine. La cohérence spatiale entre les différentes couches et la précision des calculs de superficies ont également constitué des enjeux importants.

Conclusion :

Ce TP a permis de mettre en œuvre une méthodologie rigoureuse pour l'identification des terres arables en Ouganda à partir de données géospatiales multi-sources. L'utilisation conjointe de Python et de Google Earth Engine a facilité le traitement de grands volumes de données et la production de résultats cartographiques et statistiques exploitables. Les résultats obtenus offrent une base solide pour l'analyse du potentiel agricole et peuvent contribuer à des réflexions plus larges sur la planification agricole, la gestion durable des terres et la sécurité alimentaire. Des prolongements possibles incluraient l'intégration de données climatiques ou socio-économiques afin d'enrichir l'analyse des facteurs influençant l'aptitude des terres à l'agriculture.

5

TP 5 : Calcul de l'Indicateur ODD 11.3.1 pour la RDC/Logiciel utilise=R

1. Données utilisées

Dans ce travail pratique, nous avons utilisé plusieurs données géospatiales provenant de sources ouvertes. Les données de population pour les années 2017 et 2020 proviennent de **WorldPop** et sont disponibles sous forme de rasters à une résolution de 1 km. Ces données représentent le nombre d'habitants par pixel.

Les données d'occupation du sol proviennent de **ESA WorldCover 2020**, avec une résolution de 10 m, ce qui permet d'identifier précisément les zones bâties. Les limites administratives nationales et provinciales de la RDC ont été obtenues à partir de **GADM**. Enfin, les zones urbaines ont été définies en respectant la méthodologie **DEGURBA**, conformément aux recommandations des Nations Unies.

2. Objectif du TP

L'objectif principal de ce TP est de calculer l'indicateur **ODD 11.3.1** pour la **République Démocratique du Congo** sur la période 2017–2020. Cet indicateur permet de comparer le taux de consommation des terres urbaines au taux de croissance de la population.

Plus précisément, il s'agissait de :

- mesurer l'évolution des surfaces bâties dans les principales villes,
- analyser la croissance de la population urbaine,
- calculer le ratio entre ces deux évolutions,

- et évaluer si la croissance urbaine est plutôt efficace (densification) ou marquée par un étalement urbain.

3. Outils et bibliothèques utilisés

L'ensemble du travail a été réalisé en **R** à l'aide de plusieurs packages :

- **terra** pour le traitement des données raster,
- **sf** pour la manipulation des données vectorielles,
- **tidyverse** pour le nettoyage et l'analyse des données,
- **exactextractr** pour le calcul des statistiques zonales,
- **ggplot2** pour la réalisation des cartes et des graphiques.

Ces outils ont permis de traiter les données, de réaliser les calculs nécessaires et de produire les résultats finaux.

4. Méthodologie

La première étape a consisté à calculer la densité de population à partir des données WorldPop, puis à identifier les cellules ayant une densité supérieure ou égale à 1500 habitants par km². Ces cellules ont ensuite été regroupées afin de former des grappes urbaines, qui ont été classées selon la méthodologie DEGURBA en centres urbains, grappes urbaines ou zones rurales.

Ensuite, les données d'occupation du sol ont été utilisées pour extraire les zones bâties. Les surfaces bâties ont été calculées pour chaque zone urbaine et comparées entre 2017 et 2020.

Enfin, l'indicateur ODD 11.3.1 a été calculé à partir des formules du taux de consommation des terres (LCR) et du taux de croissance de la population (PGR), puis interprété pour chaque ville.

5. Quelques résultats

Figure 7 : Carte de la RDC

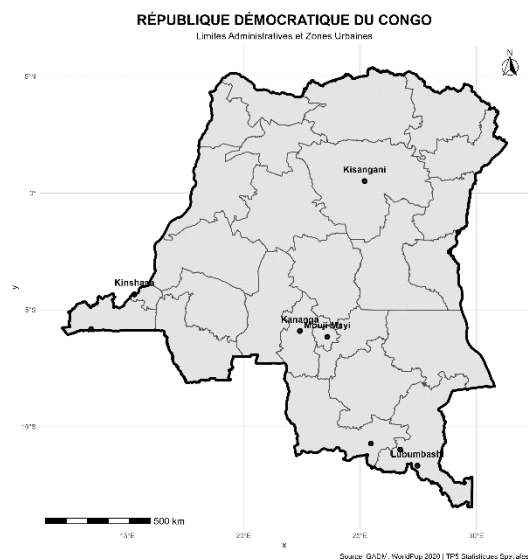


Figure 8 : Evolution population urbaine 2017 et 2020

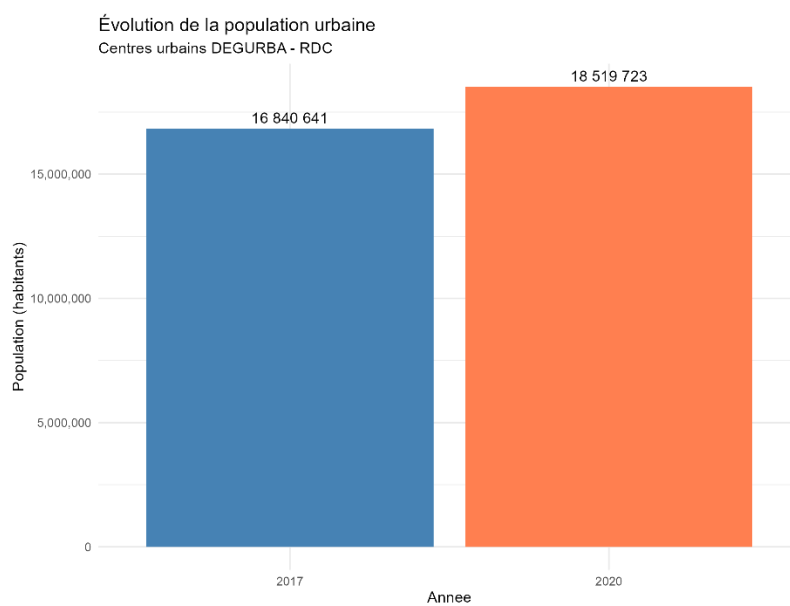
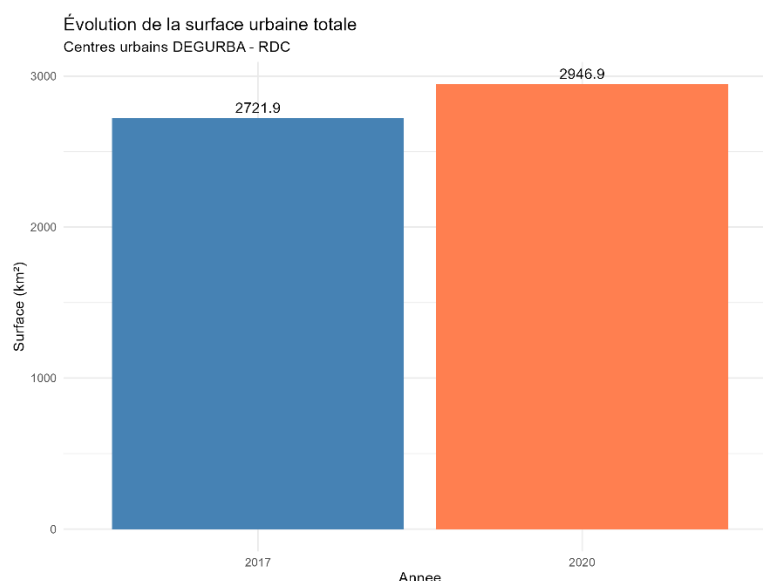


Figure 9 : Evolution de la surface urbaine 2017et 2020



6. Principal défi rencontré

Le principal défi de ce TP a été de travailler avec des données de résolutions différentes, notamment les données de population à 1 km et les données d'occupation du sol à 10 m. Il a donc fallu harmoniser ces données afin d'obtenir des résultats cohérents. L'application stricte de la méthodologie DEGURBA a également nécessité une attention particulière pour garantir la fiabilité des résultats.

7. Conclusion

Ce TP a permis de mieux comprendre les dynamiques d'urbanisation en République Démocratique du Congo à travers le calcul de l'indicateur ODD 11.3.1. Les résultats montrent que certaines villes connaissent une croissance urbaine relativement maîtrisée, tandis que d'autres présentent un étalement urbain plus important par rapport à la croissance de la population.

Ce travail montre l'intérêt des outils de statistique spatiale pour analyser les phénomènes urbains et fournit des éléments utiles pour le suivi des Objectifs de Développement Durable. Il constitue également une bonne base pour approfondir l'analyse sur d'autres périodes ou à des échelles plus fines.

6

TP 6 : Analyse des Indices Spectraux et Fusion avec les Données EHCVM pour le Niger/GEE

1. Description générale du projet

Ce travail pratique a pour objectif de calculer, analyser et cartographier plusieurs indices spectraux environnementaux (NDVI, EVI, NDWI, NDMI, MDVI) ainsi que la température de surface terrestre (LST) sur l'ensemble du Niger pour la période juin à septembre 2022.

Les traitements s'appuient sur des images satellitaires Sentinel-2 et MODIS, chargées et prétraitées via Google Earth Engine. GEE est utilisé uniquement comme plateforme d'accès aux données et de calcul spatial, tandis que les résultats exportés (rasters et tableaux statistiques) sont destinés à être exploités ultérieurement dans des environnements d'analyse locaux (Python, R, Stata, QGIS).

L'objectif final est de produire des indicateurs spatialisés cohérents, exploitables pour des analyses socio-environnementales, notamment à travers une fusion avec les données EHCVM (Enquête Harmonisée sur le Bien-être des Ménages).

2. Données et outils mobilisés

Données satellitaires

- **Sentinel-2 Level-2A**
 - Bandes utilisées : B2, B3, B4, B8, B11
 - Filtrage nuage < 20 %

- Composite médian sur la période étudiée
- **MODIS MOD11A2**
 - Température de surface (LST)
 - Résolution : 1 km
 - Conversion en degrés Celsius

Données administratives et socio-économiques

- Limites administratives : **GADM / FAO GAUL** (ADM0, ADM1, ADM2)
- Données socio-économiques : **EHCVM Niger 2021** (converties de Stata vers CSV pour intégration)

3. Méthodologie et traitement

Le script principal, exécuté dans Google Earth Engine (API JavaScript), permet de :

- charger et découper les images satellitaires sur l'emprise du **Niger**,
- calculer les indices spectraux (NDVI, EVI, NDWI, NDMI, MDVI),
- estimer la température de surface à partir des données MODIS,
- agréger les statistiques par **région** et **département**,
- préparer les exports sous forme de **GeoTIFF** et de **fichiers CSV**.

Les données exportées constituent une **base prête pour la fusion avec l'EHCVM**, afin d'étudier les relations entre conditions environnementales et bien-être des ménages.

4. Résultats obtenus

Le projet a permis la production de :

- **rasters thématiques** (indices spectraux, LST, bandes Sentinel-2),
- **tables statistiques agrégées** aux niveaux régional et départemental,
- un **fichier template** facilitant la fusion avec les données EHCVM.

Ces résultats offrent une vision spatialisée des dynamiques de végétation, d'humidité, d'eau de surface et de température sur le Niger en 2022.

ADM2_CODE	NDVI_mean	NDVI_stdDev	NDVI_min	NDVI_max	EVI_mean	EVI_stdDev	NDVI_min	EVI_max	NDWI_mean	NDWI_min	MDWI_min	MDVI_std	MDVI_max
22551	0.065422	0.015356	-0.100520	0.687616	0.106194	0.039667	-4.057025	24.768949	-0.223405	-0.731119	0.125694	0.337881	0.39
22552	0.058603	0.009186	-0.049761	0.693929	0.092253	0.015967	-1.029687	32.586503	-0.223405	-0.457118	0.125794	0.330881	0.12
22553	0.092253	0.015667	-0.035667	0.757276	0.120018	0.039667	-2.518765	31.784849	-0.101124	-0.752119	0.105206	0.231674	0.04
22553	0.106194	0.039667	-0.031897	0.775288	0.120049	0.039667	-2.056781	37.225540	-0.392240	-0.751119	0.102471	0.303824	0.52

ADM2_CODE	NDVI_mean	NDVI_stdDev	NDVI_min	NDVI_max	NDWI_mean	NDWI_stdDev	NDWI_min	NDMI_mean	NDMI_min	MDVI_min	MDVI_max	MDVI_std	MDVI_max
22557	0.170910	0.099347	-0.137087	0.692489	-0.252405	-0.24224	-0.751119	-0.125701	-0.335881	-0.099881	-0.337881	0.390182	0.00
22558	0.380407	0.289655	-0.948486	5.626503	-0.225894	-0.412601	-0.617249	-0.012246	-0.065544	-0.678277	-0.229744	0.239465	0.00
22559	0.201121	0.012268	-0.946655	3.325258	0.250036	-0.523876	-0.811781	-0.362240	-0.043242	-0.319257	-0.296684	0.280664	0.00
22560	0.233304	0.033674	-0.027230	3.375227	0.235247	-0.573380	-0.517457	-0.396240	-0.062158	-0.376087	-0.249983	0.251849	0.33

ADM2_CODE	ADM2_mean	NDVI_stdDev	NDVI_min	NDVI_max	MDVI_mean	NDVI_stdDev	NDWI_min	MDVI_mean	MDVI_min	MDVI_max	MDVI_std	MDVI_max	MDVI_max
22557	0.170910	0.079947	-0.137087	0.692489	0.380407	0.289655	0.367744	-0.023113	-0.391247	-0.363501	-0.457346	0.392543	0.67
22558	0.248084	0.315324	-0.037129	0.607324	0.948486	0.037201	-0.562769	-0.041724	-0.081284	-0.412434	0.617743	0.345774	0.08
22559	0.255271	0.313655	-0.039223	0.687549	0.236621	0.037201	0.534271	-0.244043	-0.286764	-0.538774	0.137306	0.299802	0.25
22560	0.39761	0.312262	-0.037201	0.785000	0.138078	0.037201	0.540728	-0.293249	-0.266729	-0.339664	0.238866	0.302384	0.34
22561	0.Aguie	0.246502	-0.137467	0.738854	0.250834	0.047601	-0.617249	-0.342544	-0.348244	-0.418544	0.081443	0.311263	0.34
22562	0.Dakoro	0.289655	-0.037249	0.688724	0.129574	0.037601	-0.540754	-0.325703	-0.364035	-0.337504	0.296263	0.299644	0.38
22567	0.Loga	0.137434	0.139119	0.366574	0.120368	0.047601	0.562299	-0.325762	-0.364108	-0.337506	0.296503	0.255672	0.34

5. Principal défi du projet

Le principal défi de ce TP réside dans l'harmonisation et l'agrégation de données satellitaires hétérogènes, provenant de capteurs différents (Sentinel-2 et MODIS), avec des résolutions spatiales et des échelles d'analyse distinctes, tout en garantissant leur compatibilité avec des données socio-économiques non spatiales (EHCVM).

Il s'agit notamment de produire des indicateurs environnementaux fiables, spatialement cohérents et directement exploitables pour des analyses statistiques multi-échelles.

6. Conclusion

Ce TP6 a permis de démontrer l'intérêt de l'utilisation conjointe de Google Earth Engine pour le calcul et l'extraction des données environnementales, et d'outils d'analyse locaux pour leur exploitation approfondie.

La production d'indices spectraux et de statistiques agrégées à différentes échelles administratives constitue une étape clé pour relier dynamiques environnementales et conditions de vie des populations.

Les résultats obtenus offrent une base solide pour des analyses futures intégrant pleinement les données EHCVM, ouvrant ainsi la voie à des études approfondies sur les interactions entre environnement, climat et bien-être au Niger.

QUELQUES PROBLEMES ET RECOMMANDATIONS

TP	Problèmes rencontrés (réels)	Recommandations associées
TP1 – Paludisme (Tchad)	Difficulté à combiner correctement les données raster (taux de paludisme) et vectérielles (limites administratives) sur une longue période (2000–2024).	Harmoniser les systèmes de projection et vérifier systématiquement les métadonnées avant les analyses spatio-temporelles.
TP2 – Services sociaux (Tchad)	Forte hétérogénéité des données OSM et couverture inégale selon les régions, ce qui peut biaiser l'analyse des équipements.	Croiser les données OSM avec d'autres sources officielles lorsque c'est possible et interpréter les résultats avec prudence.
TP3 – Accessibilité aux services (Sénégal)	Calcul des zones tampons sensible aux choix de distance (5, 10, 20 km), influençant directement les taux de couverture.	Tester plusieurs distances et justifier les seuils retenus selon le contexte géographique et démographique.
TP4 – Terres arables (Ouganda)	Gestion de rasters volumineux et impossibilité de stocker certaines données sur GitHub (fichiers > 400 Mo).	Découper les rasters à l'emprise d'étude et privilégier le traitement direct dans GEE pour les données lourdes.
TP5 – ODD 11.3.1 (RDC)	Application stricte de la méthodologie DEGURBA complexe et sensible aux seuils de densité et de population.	Documenter clairement chaque étape méthodologique pour garantir la transparence et la reproductibilité.
TP6 – Indices spectraux & EHCVM (Niger)	Difficulté de fusion entre données environnementales (indices, LST) et données socio-économiques EHCVM .	Mettre en place des clés spatiales claires (région, département) et vérifier la cohérence spatiale avant la fusion.

Conclusion

Après 30 heures de cours, et 6 travaux pratiques, nous avons eu à relever des challenges, rencontrer des problèmes et à tout faire pour les résoudre. Nous en sommes sortis plus aguerris et plus conscients de l'importance des données spatiales et des précautions à prendre quant à leur manipulation.

Table des matières

Table des matières

Remerciements.....	1
Sommaire	1
Liste des figures.....	2
Introduction.....	3
TP 1 : Analyse Spatiale du paludisme au Senegal (2000-2024)/PYTHON.....	4
TP 2 : Analyse de la répartition spatiale des services sociaux de base au Tchad/GEE PYTHON ..	6
TP 3 : Analyse de l'accessibilité aux infrastructures au Sénégal /GEE.....	8
TP 4 : Analyse des données géospatiales portant sur les différentes catégories de terres en Ouganda/GEE PYTHON	11
TP 5 : Calcul de l'Indicateur ODD 11.3.1 pour la RDC/Logiciel utilise=R.....	14
1. Données utilisées.....	14
2. Objectif du TP	14
3. Outils et bibliothèques utilisés	15
4. Méthodologie.....	15
5. Quelques résultats.....	16
6. Principal défi rencontré	17
7. Conclusion.....	17
TP 6 : Analyse des Indices Spectraux et Fusion avec les Données EHCVM pour le Niger/GEE	18
1. Description générale du projet	18
2. Données et outils mobilisés.....	18
3. Méthodologie et traitement	19

4. Résultats obtenus.....	19
5. Principal défi du projet.....	20
6. Conclusion.....	20
QUELQUES PROBLEMES ET RECOMMANDATIONS	22
Conclusion.....	23
Table des matières.....	24