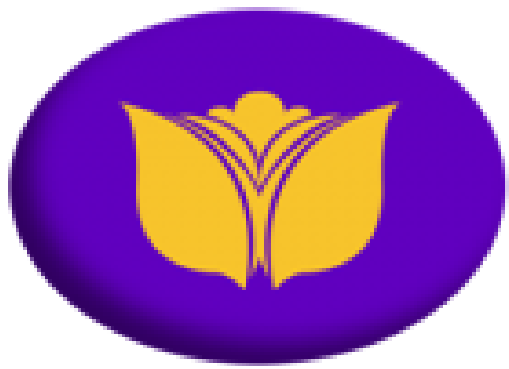
Cours Géostatistique

Présentation du module

M. Amadou MBAYE
Email : mbayeamadou@mbayeamadou.com
Site web : *www.mbayeamadou.com*



M1 Géomatique & Technologies numériques

Année universitaire: 2026-2027

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

L'enseignant

Présentation de l'enseignant
Amadou MBAYE

- Chercheur à l'Unité de modélisation mathématique et informatique des systèmes complexes (UMMISCO, IRD). Mes travaux portent sur l'intelligence artificielle appliquée à la santé, notamment à la néphrostomie percutanée.
- Enseignant en informatique, en analyse de données et en géomatique.
- Titulaire d'un master en géomatique, spécialité GNSS.
- Expérience en géomatique, en analyse spatiale et en cartographie.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Le module

Organisation du module

- **Niveau**
  Master 1.
- **Volume horaire**

  20 h de CM, 15 h de TD et 10 h de TP.
- **Prérequis**

  Notions de base en statistique,en probabilités et en calcul algébrique.
- **Logiciels**

  SPSS, ArcGIS et Python.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Prérequis

Notions de base en :

- statistique
- probabilités élémentaires
- calcul algébrique

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Compétence visée

Conduire une analyse de données géographiques, de l'échantillonnage à l'interprétation des résultats et de leur incertitude.

Objectifs

Décrire les données et tirer des conclusions à partir d'un échantillon

- Résumer une ou deux variables à l'aide de tableaux, de graphiques et d'indicateurs statistiques.
- Choisir un plan d'échantillonnage et estimer la précision d'une moyenne.
- Construire un intervalle de confiance, choisir un test statistique et interpréter son résultat.

Objectifs

Modéliser les relations entre variables et la dépendance spatiale

- Ajuster et interpréter une régression linéaire simple ou multiple.
- Interpréter une analyse en composantes principales (ACP) et distinguer les usages de l'analyse factorielle discriminante (AFD) et de la classification ascendante hiérarchique (CAH).
- Ajuster un variogramme et cartographier les valeurs prédites par krigeage ainsi que leur incertitude.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Plan du cours

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Plan du cours

1. Statistique descriptive
2. Échantillonnage
3. Inférence statistique et régression simple
4. Analyse statistique multivariée
5. Analyse spatiale et géostatistique

Chaque chapitre sera suivi de séances de travaux dirigés (TD),de travaux pratiques (TP) et travaux personnels de l'étudiant (TPE) .

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Définition de la géostatistique

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

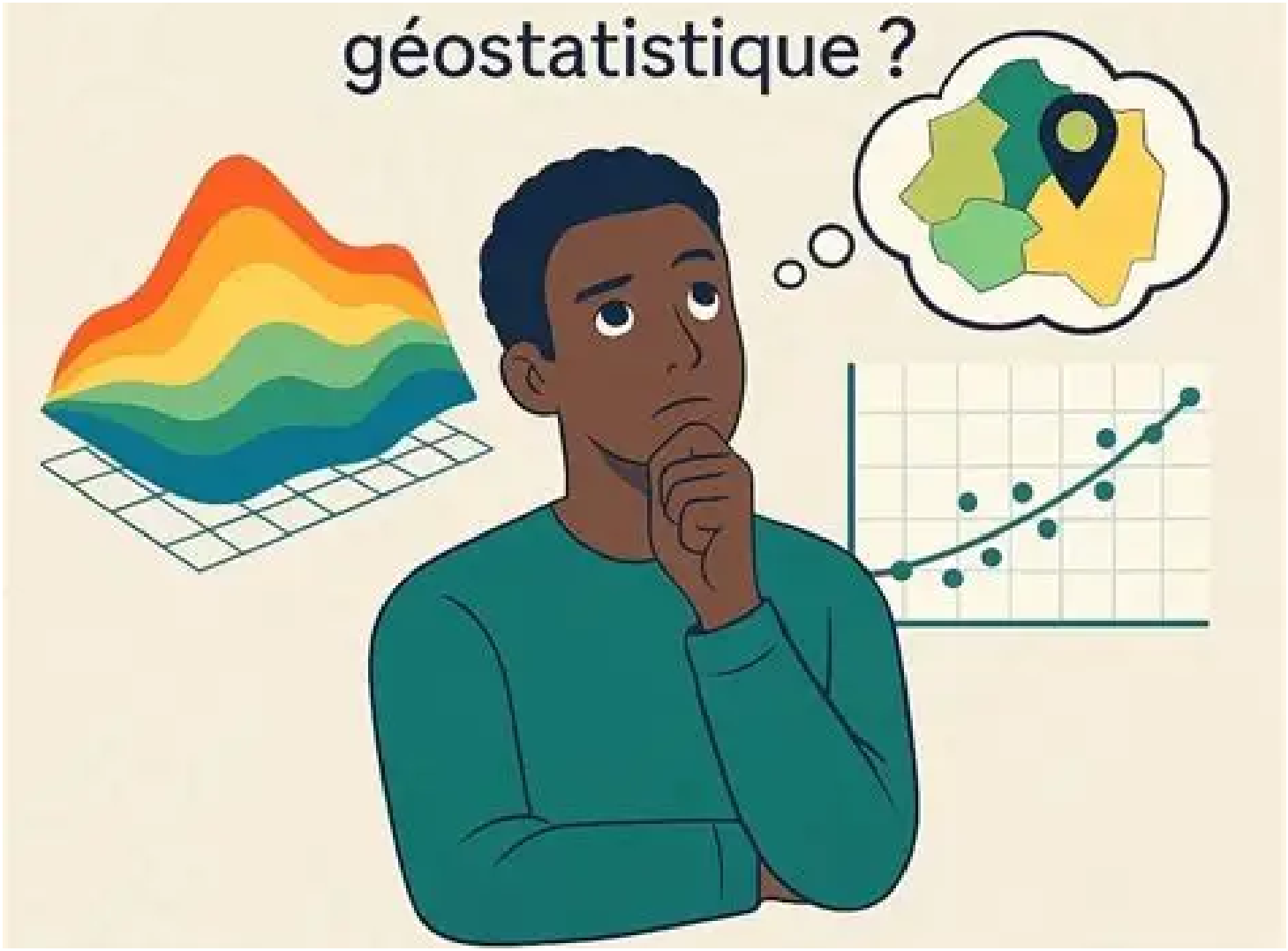
Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Observer la répartition d'un phénomène dans l'espace



Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Qu'est-ce que la géostatistique ?

Définition

La géostatistique regroupe des méthodes statistiques et probabilistes qui permettent d'étudier la variation d'un phénomène dans l'espace et d'estimer ses valeurs aux endroits où il n'a pas été mesuré.

- Une variable régionalisée est une grandeur dont la valeur dépend de la position dans l'espace.
- Le variogramme décrit la dépendance spatiale des observations.
- Le krigeage s'appuie sur cette dépendance pour estimer les valeurs aux endroits non mesurés.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Historique de la géostatistique

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Des fondements probabilistes aux applications minières

1930-1950 : Les fondements mathématiques

Les travaux de **Kolmogorov** et de **Wiener** sur les processus aléatoires posent des bases pour la prédiction à partir d'observations liées entre elles.

En géostatistique, cette idée s'applique à l'espace. On utilise la relation entre des mesures localisées pour estimer une valeur en un point non mesuré.

1951 : Les travaux de Dan G. Krige

L'ingénieur sud-africain **Dan G. Krige** publie des travaux sur l'estimation de la teneur en or à partir d'échantillons prélevés dans les mines du Witwatersrand.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

La formalisation de la géostatistique

Années 1960 : Les travaux de Georges Matheron

Georges Matheron formalise ces méthodes en France. En 1963, il publie *Principles of Geostatistics*.

Le terme krigeage rend hommage à Dan G. Krige.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Évolution Théorique de la géostatistique

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Évolution des méthodes géostatistiques

Krigeage linéaire

Le krigeage simple et le krigeage ordinaire estiment une valeur en un point non mesuré à partir d'une somme pondérée des observations.

Géostatistique des indicateurs

Le krigeage des indicateurs permet d'estimer la probabilité de dépasser un seuil de pollution ou de rencontrer un faciès géologique donné.

Simulation conditionnelle

Elle produit plusieurs cartes possibles qui respectent les observations et reproduisent la structure spatiale du modèle. On peut ainsi comparer plusieurs répartitions plausibles des faciès dans le sous-sol.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Quelques domaines d'application

Domaines d'application de la géostatistique

Développée à l'origine pour estimer la teneur des gisements miniers, la géostatistique s'applique aujourd'hui à de nombreux phénomènes qui varient dans l'espace :

- **Pétrole et gaz** : Estimer la porosité et la perméabilité à l'intérieur d'un réservoir.
- **Environnement** : Cartographier les concentrations de polluants dans les sols, les eaux souterraines ou l'air.
- **Hydrologie et météorologie** : Estimer les précipitations entre les stations et cartographier les niveaux des nappes phréatiques.
- **Sciences de la Terre** : Cartographier les propriétés des sols, caractériser les terrains en géotechnique et analyser des images de télédétection.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

Tendances actuelles

Couplage avec les modèles numériques de simulation

Couplage avec les modèles numériques

L'assimilation de données combine des observations et les résultats d'un modèle numérique pour actualiser les estimations d'un phénomène.

Exemple : Intégration des mesures de niveau d'eau pour actualiser l'état simulé d'une nappe phréatique.

Couplage avec le big data et l'IA

Big data et Machine leaning

L'apprentissage automatique peut exploiter de grands volumes de données, comme les images satellitaires et les mesures de capteurs. La géostatistique permet de tenir compte de la dépendance spatiale dans les prédictions.

Exemple : Prédire la température à partir d'images satellitaires et de mesures de stations, puis utiliser le krigeage pour corriger les erreurs spatialement structurées.

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

De l'observation à la carte

Le module

Plan du cours

Définition

Historique

Évolution Théorique

Applications

Tendances actuelles

De l'observation à la carte

Références

De l'observation à la carte

La géostatistique nous aide à répondre à une question centrale en géomatique.

Comment passer de quelques mesures localisées à une carte qui indique à la fois les valeurs estimées et leur incertitude ?

Nous commencerons par la première étape de cette démarche : décrire les données observées.

Merci pour votre attention.

Références

[1] D. G. Krige (1951).

A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand.

Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 52(6).

[2] G. Matheron (1963).

Principles of geostatistics.

Economic Geology, 58(8), 1246–1266.

[3] R. Webster et M. A. Oliver (2007).

Geostatistics for Environmental Scientists, 2e édition. Wiley.

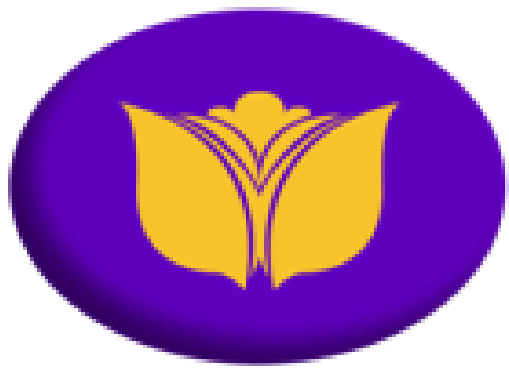
[4] J.-P. Chilès et P. Delfiner (2012).

Geostatistics : Modeling Spatial Uncertainty, 2e édition. Wiley.

Cours Géostatistique

Présentation du module

M. Amadou MBAYE
Email : mbayeamadou@mbayeamadou.com
Site web : *www.mbayeamadou.com*



M1 Géomatique & Technologies numériques

Année universitaire: 2026-2027