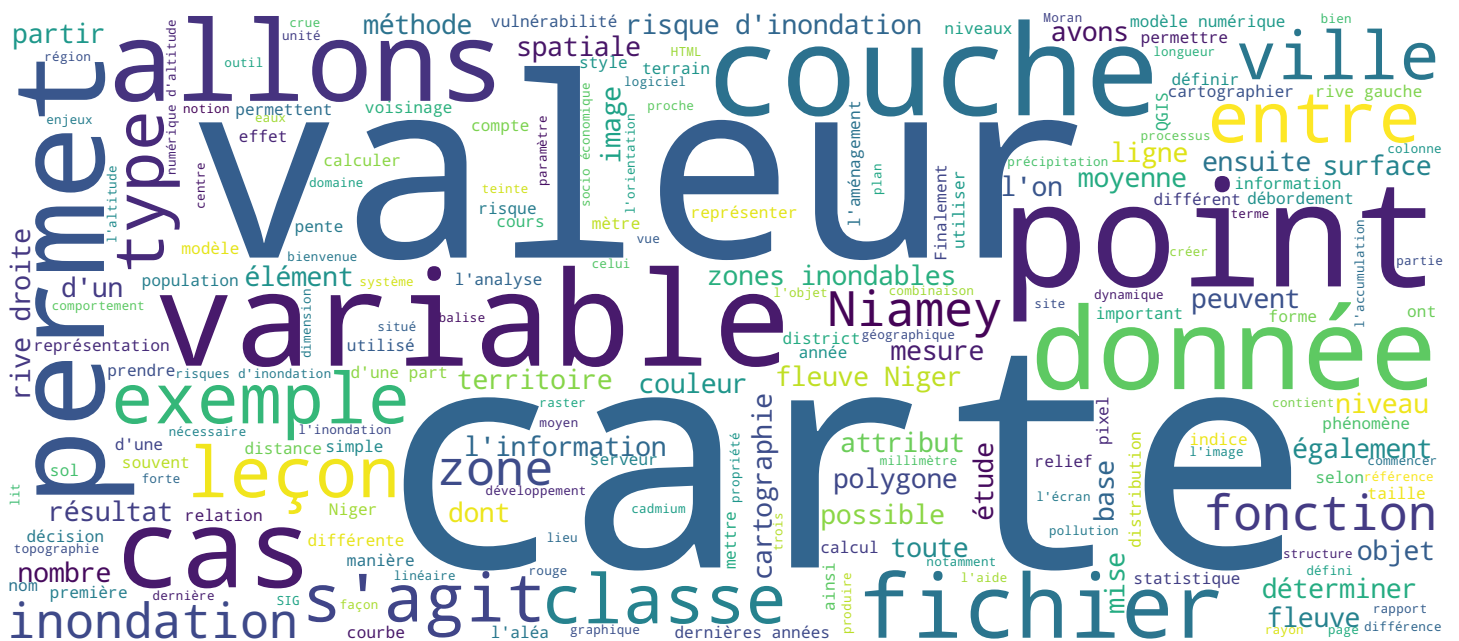


## Etude de cas – Risque d'inondation à Niamey

# Introduction aux systèmes d'information géographique

Stéphane Joost, Marc Soutter, Fernand Kouamé, Amadou Sall



## Search MOOC



## Video



# Risque d'inondation à Niamey



Introduction aux systèmes d'information géographique

Bonjour et bienvenue dans cette leçon qui porte sur la cartographie du risque d'inondation à Niamey au Niger. Cette leçon, qui est une étude de cas, montre comment utiliser les SIG pour cartographier les zones inondées et inondables afin de prendre des décisions pour l'aménagement du territoire. En effet, les inondations récentes et récurrentes de ces 15 dernières années ont fait resurgir dans la mémoire des habitants de Niamey, région sahélienne, des risques d'inondation. Ainsi, la seule explication logique à l'augmentation des inondations doit être recherchée dans la vulnérabilité croissante des populations, aux débordements du fleuve Niger et aux ruissellements suite aux pluies diluviennes, surtout dans les extensions urbaines proches des rives du fleuve. Cette leçon est basée sur l'analyse des mécanismes hydrométéorologiques et de l'occupation humaine. Mais cette étude ne permet pas d'aborder dans toutes ses facettes la problématique des inondations à Niamey. En revanche, elle contribue à proposer aux autorités compétentes des outils cartographiques pouvant les guider vers une meilleure gestion du risque d'inondation.

Notes

Summary



0m 22s

# Risque d'inondation à Niamey

## Buts de la leçon

- Illustrer l'utilisation des SIG pour l'évaluation spatiale du risque à l'inondation de Niamey, ville sahélienne, de l'extrême Ouest du Niger
- Exploiter les cartes des zones inondées et inondables comme outils d'aide à la décision

Introduction aux systèmes d'information géographique

Cette leçon vise à illustrer l'utilisation des systèmes d'information géographique pour l'évaluation spatiale du risque à l'inondation de Niamey, ville sahélienne de l'extrême ouest du Niger d'une part et exploiter les cartes des zones inondées et inondables comme outils d'aide à la décision d'une part. Quelles sont les principales sections de cette leçon ?

## Notes

## Summary



1m 35s

# Ville de Niamey



Introduction aux systèmes d'information géographique

Pour commencer, il faut d'abord rappeler que Niamey est la capitale du Niger. La ville de Niamey, située dans l'extrême ouest du pays, avec environ 1'300'000 habitants en 2011, s'étale sur une superficie de 240 kilomètres à des altitudes variant de 180 à 250 mètres. Elle est coupée en deux par le fleuve Niger, ce qui a façonné d'ailleurs le développement du tissu urbain et périurbain.

Notes

Summary



2m 08s



# Ville de Niamey



- 1'300'000 habitants (2011)
- Superficie de 240 km<sup>2</sup>, avec des altitudes comprises entre 180 et 250 m
- Rive gauche plus développée, avec 4 arrondissements sur un plateau qui surplombe le fleuve avec une altitude de 220 m
- Arrondissement 5 en rive droite, dans une plaine alluviale située à une altitude de 200 m

Introduction aux systèmes d'information géographique

On distingue une rive gauche plus développée qu'une rive droite. La rive gauche qui abrite quatre arrondissements communaux est un plateau qui surplombe le fleuve à une altitude moyenne de 220 mètres et entaillé de nombreux talwegs dont le plus important est celui de Gountou Yéna, de direction nord-sud. Quant à la rive droite où se trouve la commune 5, c'est une plaine alluviale d'une altitude moyenne de 200 mètres. Les caractéristiques physiographiques de la ville de Niamey et les différents enjeux humains et économiques associés montrent que les inondations sont pour la plupart directement liées à la forte croissance humaine des 30 dernières années. En effet, la croissance démographique et le développement des activités socio-économiques ont amené la ville à s'étendre dans les zones inondables. C'est ainsi que depuis le début des années 70, Niamey est développée en rive droite du fleuve et l'urbanisation de ce site particulièrement exposé se poursuit actuellement.

Notes

Summary



2m 38s

# Ville de Niamey



- 1'300'000 habitants (2011)
- Superficie de 240 km<sup>2</sup>, avec des altitudes comprises entre 180 et 250 m
- Rive gauche plus développée, avec 4 arrondissements sur un plateau qui surplombe le fleuve avec une altitude de 220 m
- Arrondissement 5 en rive droite, dans une plaine alluviale située à une altitude de 200 m

Introduction aux systèmes d'information géographique

En rive gauche, les anciens quartiers de Goudel et Saga, très vulnérables, se densifient et étendent par lotissements de nouvelles parcelles. L'évaluation spatiale du risque d'inondation par croisement de l'aléa et de la vulnérabilité des enjeux permet de cartographier les zones à risque d'inondation dans la ville de Niamey.

Notes

Summary



3m 46s

# Problématique des inondations



- Catastrophes naturelles dues au débordement de cours d'eau et occasionnant des
  - Dommages aux personnes
  - Dommages aux biens et aux infrastructures
  - Dommages à l'environnement
- Fréquence en hausse, sans doute en lien avec les changements climatiques
- Les mesures de protection et de gestion des risques sont un sujet d'actualité

Introduction aux systèmes d'information géographique

Les inondations sont des catastrophes naturelles causant chaque année dans le monde des dommages aux personnes, notamment le décès de centaines de millions de personnes, des dommages à l'environnement et des destructions de biens et d'infrastructures estimés à plusieurs milliards de francs CFA. La fréquence des inondations est en hausse dans le monde au cours de ces dernières années, sans doute en lien avec les changements climatiques. Ce sujet est donc d'actualité et mérite qu'on y réfléchisse pour une meilleure gestion du risque à l'inondation.

Notes

Summary



4m 16s

# Problématique des inondations



Inondation à Niamey en 2008 (Ali & Trebossen ,2009)

## Fréquence d'inondation élevée à Niamey

- Les plus récentes :  
1998, 2002, 2003, 2007, 2008, 2010, 2012  
et 2013
- Conséquences :  
nombreuses victimes, déplacements de  
populations et relogement, destruction  
d'infrastructures, etc.

Introduction aux systèmes d'information géographique

Les inondations dans les régions sahéliennes sont devenues de plus en plus récurrentes et le Niger n'est pas en marge. Durant ces dernières années, le Niger a connu une pluviométrie excédentaire avec des pluies diluviennes occasionnant des inondations sans précédent pratiquement dans toutes les régions du pays y compris Niamey, la capitale. Les digues de protection à Niamey, d'une hauteur de cinq mètres environ, de la rive droite avaient été totalement submergées lors de la dernière inondation. Ces inondations occasionnent de nombreux décès, des déplacements de population et des relogements, des destructions d'habitats et des champs.

Notes

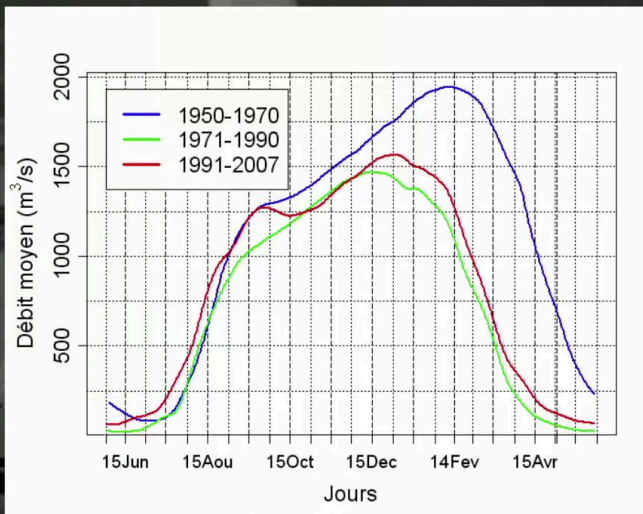
Summary



4m 50s



# Problématique des inondations



Chronique des débits journaliers à Niamey

## Causes des inondations – Les crues

### Régime hydrologique

- Deux crues saisonnières
  - ➔ Crue malienne (décembre-janvier) en provenance du haut bassin
  - ➔ Crue locale (saisons des pluies)
- La crue locale est devenue de plus en plus importante ces dernières années, c'est elle qui est cause des fréquentes inondations survenant en saison des pluies

Introduction aux systèmes d'information géographique

L'hydrologie du fleuve Niger à Niamey est bien connue grâce à la station de mesure de Niamey installée depuis 1928 et régulièrement suivie depuis 1944. Le régime hydrologique a deux crues. Il s'agit de la crue malienne qui a lieu de décembre à janvier en provenance du haut du bassin et de la crue locale qui a lieu en saison des pluies. Au cours des dernières années, la crue locale est devenue de plus en plus importante comme vous pouvez le constater sur le graphique et elle est la cause de fréquentes inondations en saison de pluie.

Notes

Summary



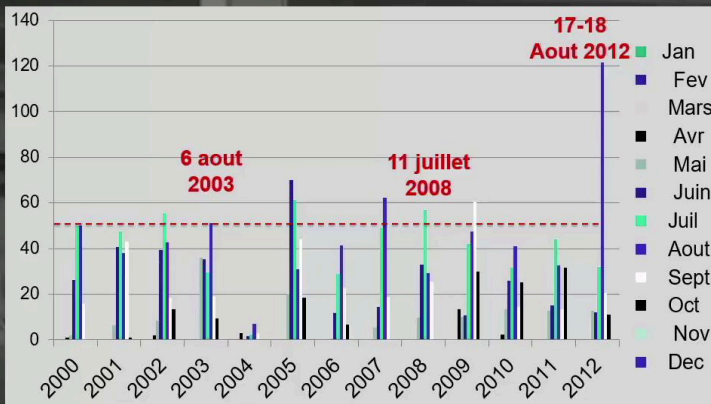
5m 31s

# Problématique des inondations

## Causes des inondations – Les crues

### Crues locales et pics de pluviométrie

- Pic de pluie journalière exceptionnel en août 2012
- Grande amplitude de la variabilité des pics journaliers maxima des mois de juillet-août (de 7 à 121 mm), avec des pointes à 50 mm/j atteintes ou dépassées presque chaque année depuis 2000



Introduction aux systèmes d'information géographique

Les crues locales sont le plus souvent engendrées par des pics exceptionnels de pluviométrie. En août 2012, le pic journalier de 121 millimètres a occasionné 28 décès, plus de 51'000 sinistrés, plus de 4'500 maisons et plus de 250 hectares de champs détruits. L'analyse des pics pluviométriques journaliers à Niamey révèle une grande amplitude de la variabilité des pics journaliers maxima des mois de juillet et août, allant de 7 à 121 millimètres avec des pointes à 50 millimètres par jour atteintes ou dépassées presque chaque année depuis 2000.

Notes

Summary



6m 12s

# Problématique des inondations



Inondation dans le quartier Harobanda (rive droite) - Crue du 17-18 août 2012 (Amadou, 2012)

## Facteurs aggravants

- Imperméabilisation et/ou dégradation des sols, notamment en lien avec la déforestation et l'urbanisation  
moins d'infiltration et davantage de ruissellement
- Étalement de la ville de Niamey dans le lit majeur du fleuve Niger  
vulnérabilité accrue
- Défaut chronique d'entretien des cours d'eau  
capacité d'écoulement réduite, élévation des niveaux d'eau

Introduction aux systèmes d'information géographique

Quels sont les facteurs aggravants de ces inondations ? Nous allons nous intéresser aux facteurs qui sont engendrés par l'homme. Il s'agit de l'imperméabilisation et de la dégradation des sols, notamment en lien avec la déforestation et l'urbanisation, ce qui entraîne moins d'infiltration et davantage de ruissellement. Autrement important, c'est l'étalement de la ville de Niamey dans le lit majeur du fleuve, ce qui accentue la vulnérabilité de la ville et il faut ajouter aussi le défaut chronique d'entretien des cours d'eau qui entraîne un ensablement des fonds.

Notes

Summary



6m 50s

# Problématique des inondations

## Lutte contre les inondations

### Mesures d'aménagement

- Espace cours d'eau
- Zones inondables
- Aménagement des berges (digues) et amélioration de la capacité d'écoulement par élimination des obstacles dans le lit majeur
- Amélioration de l'infiltrabilité, diminution du ruissellement



Introduction aux systèmes d'information géographique

A la lumière des différentes causes d'inondation et des victimes enregistrées chaque année, plusieurs mesures peuvent être envisagées pour lutter contre le phénomène d'inondation, notamment des mesures d'aménagement d'une part et des mesures de prévention d'autre part. En ce qui concerne les mesures d'aménagement, il est indispensable de préserver l'espace cours d'eau et aussi d'éviter de coloniser les zones inondables.

Notes

Summary



7m 31s



# Problématique des inondations

## Lutte contre les inondations

### Mesures d'aménagement

- Espace cours d'eau
- Zones inondables
- Aménagement des berges (digues) et amélioration de la capacité d'écoulement par élimination des obstacles dans le lit majeur
- Amélioration de l'infiltrabilité, diminution du ruissellement



Introduction aux systèmes d'information géographique

Il s'agit aussi d'aménager les berges à la construction de digues, de désensabler le lit majeur pour améliorer la capacité d'écoulement dans le lit du fleuve, d'améliorer l'infiltrabilité des sols qui va permettre donc de diminuer le ruissellement.

Notes

Summary



8m 00s

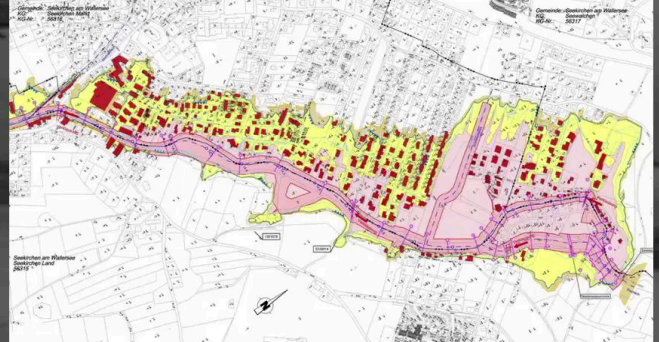
# Problématique des inondations

## Lutte contre les inondations

### Mesures de prévention

- Modélisation des crues et systèmes d'alerte
- Aménagement du territoire et cartes de danger

>> Nécessité de collecter des données, de modéliser le phénomène et de cartographier le risque d'inondation



Introduction aux systèmes d'information géographique

Alors, quant aux mesures de prévention, il y a l'aménagement du territoire et la cartographie du danger, il y a aussi la modélisation des crues et la mise en place de systèmes d'alerte. Ces mesures soulèvent la nécessité de collecter des données, de modéliser le phénomène et de cartographier le risque d'inondation, laquelle cartographie constitue l'intérêt de ce travail.

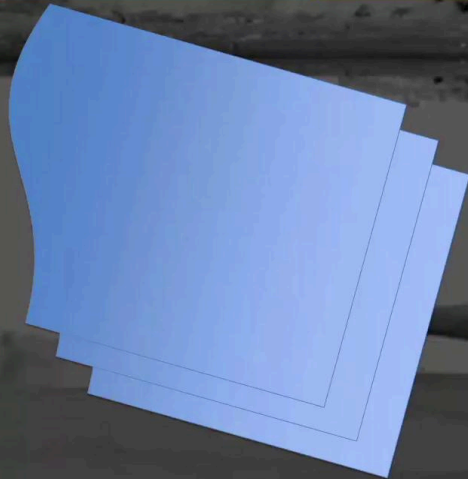
Notes

Summary



8m 24s

# Approche méthodologique



## Types de données

- Images satellitaires
- Cartes
- Données de terrain

## Données sur les facteurs du risque d'inondation

- Facteurs naturels
  - Topographie : pente, altitude
  - Hydrologie, météorologie
  - Géologie, hydrogéologie, etc
- Facteurs anthropiques
  - Occupation du sol
  - Bâti

Introduction aux systèmes d'informa

Moussa SY  
est connecté

Quelle est l'approche méthodologique à adopter ? Selon les approches d'étude du risque d'inondation se distinguent deux types de facteurs liés à l'inondation. Il s'agit des facteurs naturels contrôlant l'aléa, tels que la topographie qui donne des informations sur la pente, l'altitude, l'hydrologie, la météorologie, la géologie et l'hydrogéologie. Et aussi les facteurs anthropiques qui concernent l'occupation du sol et les bâtis. Ainsi, plusieurs types de données pourront être nécessaires à l'analyse spatiale du risque d'inondation. Il s'agit des images satellitaires, des cartes, des données de terrain, des données statistiques, etc.

Notes

Summary



9m 03s

# Approche méthodologique

Données

Analyse et  
cartographie  
des aléas

- Topographie : altitude, pente
- Hydrologie, météorologie
- Géologie, hydrogéologie, sols
- Végétation

Introduction aux systèmes d'information géographique

Il faut rappeler que la notion de risque est perçue comme l'éventuelle occurrence d'un aléa sur des enjeux potentiellement vulnérables. L'étude du risque d'inondation s'appuie sur deux principaux points : Premièrement l'analyse des aléas portant sur la connaissance des phénomènes naturels à l'origine des dommages, leur processus et leur fonctionnement. Il s'agit dans ce cas d'analyser les caractéristiques morphologiques, topographiques, géologiques, pédologiques et hydrauliques contrôlant le phénomène.

Notes

Summary



9m 47s



# Approche méthodologique

Données

Analyse et  
cartographie  
des aléas

- Topographie : altitude, pente
- Hydrologie, météorologie
- Géologie, hydrogéologie, sols
- Végétation

Cartographie  
des enjeux

- Occupation /utilisation du sol
- Sites

Aide à la prise  
de décision

- Zones inondables
- Zones inondées

Introduction aux systèmes d'information géographique

Deuxièmement, la cartographie et l'évaluation des vulnérabilités et des enjeux majeurs. Il s'agit d'intégrer des données sur les activités anthropiques et socio-économiques dans l'évaluation du risque d'inondation, tout en sachant que le risque d'inondation est de prime abord un objet social. Ces deux cartes, c'est-à-dire la carte de l'aléa et la carte des enjeux, sont combinées pour déterminer des zones inondables et inondées. C'est un outil d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire.

Notes

Summary

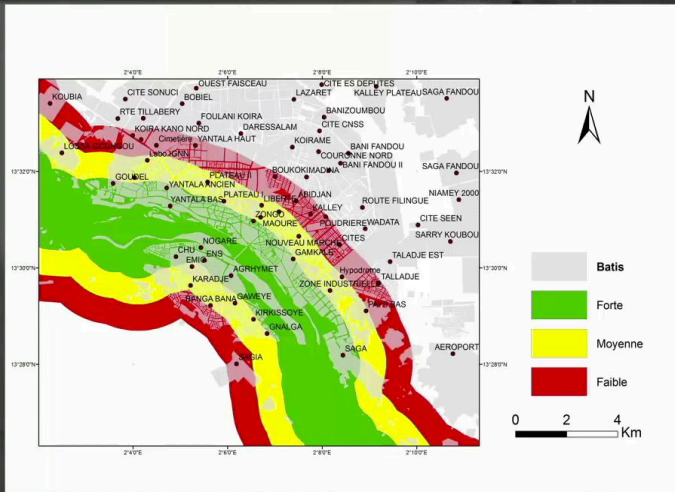


10m 16s

# Approche méthodologique

## Analyse et cartographie des aléas

- Aléa au débordement direct du fleuve
  - Analyse des débits du Niger à Niamey
  - Détermination de la crue centennale et estimation de son rayon d'influence
  - Exposition au débordement direct du fleuve
- Aléa à l'accumulation des eaux
  - Production d'un MNT
  - Calcul de l'indice de Beven
  - Niveau d'accumulation des eaux ruisselées



Introduction aux systèmes d'information géographique

La cartographie de l'aléa d'inondation se base sur l'analyse des facteurs naturels, notamment la morphologie, la topographie, la géologie, la pédologie, qui influencent le développement et l'ampleur des inondations, comme nous l'avons dit tout à l'heure. Sur la base des données disponibles dans le cas de cette étude, les aléas les plus pertinents définis sont l'exposition au débordement du fleuve Niger et l'exposition à l'accumulation des eaux de ruissellement suite à une pluie diluvienne. Ainsi l'aléa au débordement direct du fleuve est-il déterminé à partir de l'analyse d'une série de données historiques : le débit du Niger à Niamey permettant de définir la crue centennale, c'est-à-dire une crue qui revient en moyenne tous les 100 ans. La crue centennale est souvent utilisée comme événement de référence pour la mise en place des plans de prévention des risques d'inondation. Le rayon d'influence d'une telle crue contribue à déterminer l'exposition au débordement du Niger. Dans cette étude, c'est un rayon de 400 mètres qui est défini. La distance linéaire de chaque unité par rapport au lit du fleuve détermine son niveau d'exposition et elle est présentée par une zone tampon de part et d'autre du fleuve. Plus l'entité est proche du tracé du fleuve, plus son exposition au débordement est forte.

Notes

Summary



10m 50s

# Approche méthodologique

## Analyse et cartographie des aléas

- Aléa au débordement direct du fleuve
  - Analyse des débits du Niger à Niamey
  - Détermination de la crue centennale et estimation de son rayon d'influence
  - Exposition au débordement direct du fleuve
- Aléa à l'accumulation des eaux
  - Production d'un MNT
  - Calcul de l'indice de Beven
  - Niveau d'accumulation des eaux ruisselées

Introduction aux systèmes d'information géographique

En ce qui concerne l'aléa à l'accumulation des eaux, la variable la plus représentative ici est l'indice topographique ou indice de Beven. Il se calcule à partir du MNT obtenu à partir des données ASTER DEM. C'est le logarithme népérien du rapport de la surface de l'année en un point donné sur la pente. Cet indice renseigne sur la répartition spatiale du niveau d'accumulation des eaux de ruissellement de chaque entité. Les autres facteurs sont considérés constants et n'ont pas d'effets remarquables sur le phénomène d'inondation et ne seront pas pris en compte dans cette étude.

Notes

Summary



12m 11s

# Approche méthodologique

Aléa au débordement



Aléa à l'accumulation

Carte des zones inondables

## Cartographie des zones inondables

- Analyse et combinaison des cartes
- Reclassification (3 classes : faible, moyen, fort)

Introduction aux systèmes d'information géographique

Une fois que les deux cartes, c'est-à-dire l'aléa au débordement et l'aléa à l'accumulation, sont déterminés, nous allons construire donc la carte des zones inondables. Pour cela, selon que l'inondabilité est faible, moyenne ou forte, nous allons procéder à une reclassification des images à partir de trois critères et ces trois critères portent notamment sur les facteurs aggravant l'inondation en tenant compte donc des éléments topographiques, hydrologiques et hydrogéologiques. La combinaison de ces deux cartes d'aléa permet donc de déterminer la carte des zones inondables de la ville de Niamey.

Notes

Summary



12m 45s



# Approche méthodologique

## Cartographie des enjeux

- Dynamique de l'occupation du sol
  - Occupation du sol en 1998 (Landsat TM)
  - Occupation du sol en 2013 (Landsat OLI)

Introduction aux systèmes d'information géographique

L'un des éléments les plus importants est la carte des enjeux. Cette carte a été réalisée en faisant une cartographie de la dynamique de l'occupation du sol entre les années 1998 et 2013 à l'aide des images Landsat TM de 1998 et Landsat OLI de 2013. L'objectif ici est de montrer que le bâti a évolué au fil des années, ce qui montre donc un intérêt particulier pour cette étude où les populations sont devenues vulnérables à cause de la croissance urbaine.

Notes

Summary

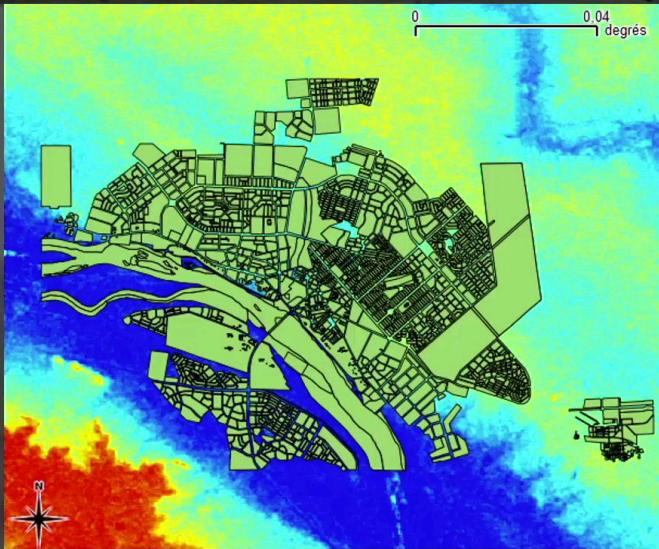


13m 29s

# Approche méthodologique

## Cartographie des enjeux

- Dynamique de l'occupation du sol
  - Occupation du sol en 1998 (Landsat TM)
  - Occupation du sol en 2013 (Landsat OLI)
- Carte des bâtis
  - Digitalisation des bâtis
  - Surimposition sur le MNT



Introduction aux systèmes d'information géographique

La classification supervisée des images suivie d'une validation par des missions de terrain a permis donc d'établir une dynamique de l'occupation du sol. Ensuite, nous allons digitaliser les bâtiments pour produire la carte des bâtis. Cette carte surimposée au modèle numérique d'altitude montre bien qu'une partie de la ville est sur le lit du fleuve Niger, et les enjeux concernent donc les activités économiques, socio-économiques et comment allons-nous caractériser ces activités pour déterminer la carte des enjeux? Ici, nous n'avons pas retenu un critère spécifique concernant les bâtiments administratifs, les entreprises publiques et privées, et les habitats. Nous les avons considérés comme étant de même niveau de vulnérabilité. Ainsi la vulnérabilité du bâti est considérée comme étant unique et peut permettre donc de cartographier les enjeux que nous allons coupler aux aléas par la suite pour nous aider à prendre des décisions pour l'aménagement du territoire.

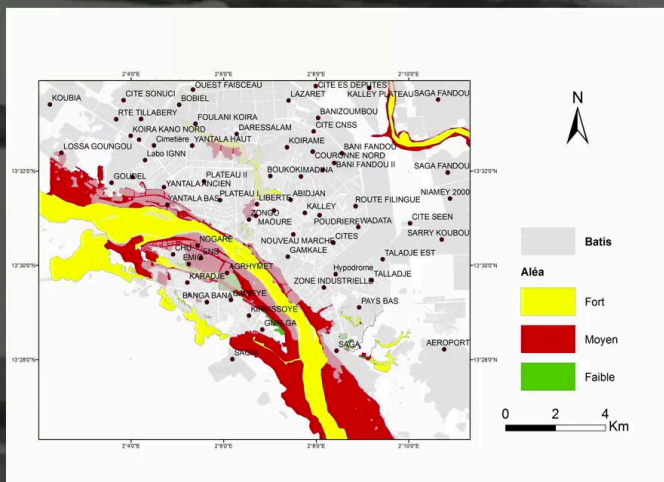
Notes

Summary

14m 01s



# Résultats



La carte établie à partir de la combinaison de différents facteurs, l'aléa et la vulnérabilité des enjeux, constitue un élément important qui permet une prise de décision. Et c'est l'objet donc de cette étude qui vous permet de savoir que l'analyse spatiale peut permettre d'identifier des zones qui peuvent être aménagées, des zones qui peuvent être protégées contre les inondations. Et c'est l'intérêt de ce travail qui permet aux décideurs de la ville de Niamey de pouvoir orienter les activités d'aménagement et les lotissements futurs pour l'étalement de la ville qui continue sa croissance sur les deux rives du fleuve Niger. L'analyse des cartes d'occupation du sol montre bien une croissance de l'espace bâti entre 1998 et 2013, laquelle croissance est plus marquée au niveau de la rive gauche du fleuve Niger. On observe que les zones situées aux abords même du fleuve concentrent des activités économiques variées et certaines infrastructures stratégiques. L'un des résultats les plus importants au cours de cette étude, c'est la carte des risques d'inondation. Au vu de la topographie, de l'hydrographie, du climat et du régime du fleuve Niger, la ville de Niamey présente des risques d'inondation évidents au regard donc et à l'analyse de cette carte.

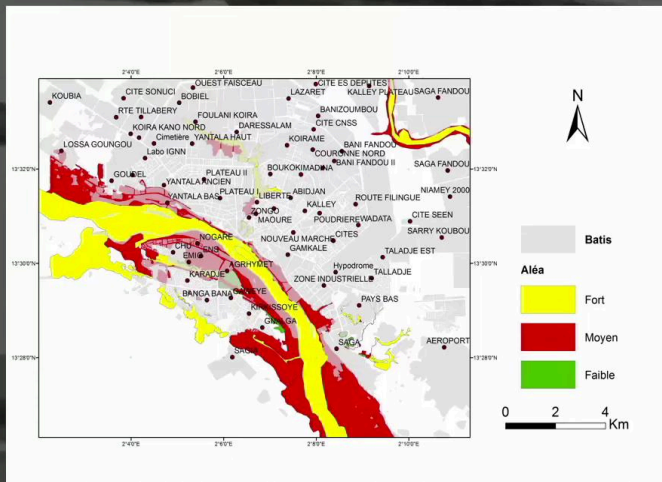
Notes

Summary



15m 19s

# Résultats



En rive droite, les quartiers de Lamordé et Nogaré sont les plus vulnérables et, dans une moindre mesure, ceux de Karadjé et de l'université. En rive gauche, les quartiers de Goubel et de Saga seraient les plus exposés. Au niveau des infrastructures, citons qu'en rive droite, l'AGRHYMET, le CHU, l'INS et même les MIG sont dans des zones inondables. Quelles sont les mesures à prendre ? Cette carte est un exemple de cas de décision. Elle a été établie de façon très simple, mais elle a l'avantage de situer les zones inondables de Niamey. Elle pourra servir de base dans les prochaines attributions de parcelles dans les zones riveraines du fleuve tout en évitant les zones présentant un danger. La perturbation climatique étant un phénomène naturel, l'action préventive à travers la modélisation des crues et la mise en place d'un système d'alerte semble être une solution au problème d'inondation à Niamey.

Notes

Summary



17m 02s