



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique



Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers
Département de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire

Mémoire
Pour l'obtention du diplôme de Master
En Géographie et Aménagement du territoire
Spécialité : Géomatique

**Utilisation des systèmes d'information géographiques
dans la prévision des risques liés aux réseaux urbains
dans la ville de Batna**

Présenté par :

BOUCEDIRA Khadidja

Devant le jury composé de :

BENDIB Abdelhalim	MCA	Encadreur
BOUTRID Mohamed Lamine	MCB	Président
GOURINE Belmahdi Farida	MAA	Examineur

Année Universitaire 2021-2022

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord ALLAH, le tout puissant.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ceux qui comptent énormément dans ma vie et qui est toujours un véritable point d'appui pour moi, aux plus chers à mon cœur :

Ma mère.

J'exprime mes sincères remerciements et ma très haute considération à mon encadreur Mr.

Bendib Abdelhalim pour son aide extraordinaire, ses judicieux conseils, sa rigueur scientifique et ses qualités humaines inspirant le profond respect.

Je remercie particulièrement tous mes enseignants pour m'avoir donné l'occasion de poser les premiers piliers de ce travail au niveau du master (2), pour leur générosité scientifique et surtout pour m'avoir transmis l'amour de la Géomatique.

Boucedira Khadidja

Dédicace

A mon pays, l'Algérie

A ma mère

A ma grand-mère Allah yarhamha

A mon frère et ma sœur

A mes enseignants

Résumé

Par son caractère urbain évolutif la ville de Batna constitue aujourd'hui un pôle d'attraction d'importance régionale. Des extensions spatiales traduites par un développement des multiples réseaux qui innervent la ville. Cette complexité des réseaux mit les habitants exposés quotidiennement aux différents risques à savoir l'explosion de gaz, la contamination des réseaux d'adduction en eau potable, la pollution ou encore le risque de choc électrique avec des voltages dangereux (10KV). Dans cette étude, on a réussi d'analyser et de mettre un diagnostic de la vulnérabilité aux risques par une analyse spatiale. Ceci exige l'utilisation des données Géo-spatiales et des interconnexions pour générer des scénarios et des prédictions utiles pour une décision plus précise et plus juste.

Abstract

By its evolving urban character, the city of Batna is today a center of attraction of regional importance. Spatial extensions translated by the development of multiple networks that innervate the city. This complexity of the networks put the inhabitants exposed daily to various risks, namely the explosion of gas, the contamination of the drinking water supply networks, pollution or the risk of electric shock with dangerous voltages (10KV). In this study, we succeeded in analyzing and diagnosing the vulnerability to risks through a spatial analysis. This requires the use of geospatial data and interconnections to generate useful scenarios and predictions for a more accurate and fair decision.

الملخص

من خلال طابعها الحضري المتطور، أصبحت مدينة باتنة اليوم مركز جذب ذو أهمية إقليمية. التوسعات المجالية للمدينة رافقها أيضا تطور وامتداد في مختلف الشبكات القاعدية التي تغذي المدينة. هذا التعقيد في الشبكات يعرض السكان بشكل يومي لمخاطر مختلفة، مثل انفجار الغاز، أو تلوث شبكات إمدادات مياه الشرب، أو التلوث، أو خطر الصدمة الكهربائية بجهد كهربائي خطير. في هذه الدراسة، نجحنا في تحليل وتشخيص قابلية التعرض للمخاطر من خلال التحليل المكاني. ويتطلب ذلك استخدام البيانات الجغرافية المكانية والترابط لتوليد سيناريوهات وتوقعات مفيدة لاتخاذ قرار أكثر دقة وإنصافاً.

Table de matières

Résumé

Introduction générale

Problématique

Plan de mémoire

Chapitre 1 : Généralités théoriques et aspects techniques

1- Introduction

2- La voirie et les réseaux divers VRD

2-1 Les réseaux d'assainissement et d'adduction en eau potable AEP

2-1-1 Les branchements au réseau d'assainissement

2-1-1-1 Le système séparatif

2-1-1-2 Le système unitaire

2-1-1-3 Le système mixte

2-1-2 Accessoires du réseau d'assainissement

2-1-2-1 Les regards

2-1-2-2 Les collecteurs

2-1-3 Canalisation du réseau d'assainissement

2-1-3-1 Canalisations des eaux usées

2-1-3-2 Canalisation des eaux pluviales

2-1-4 Les branchements au réseau d'AEP

2-1-4-1 Les canalisations d'eau potable

2-2 Le réseau d'électricité

2-2-1 Les transformateurs de puissance

2-2-2 Les postes électriques

2-2-3 Les lignes électriques

2-3 Le réseau de gaz

2-3-1 Canalisations d'une installation du Gaz

2-4 Le réseau viaire

3- La profondeur des réseaux urbains

3-1 Prendre en compte les réseaux enterrés existants

3-2 Bien choisir les matériaux de remblaiement

3-3 Veiller à la qualité du compactage

4- Objectif des réseaux urbains

4-1 Objectif du réseau d'AEP

4-2 Objectif du réseau d'assainissement

4-3 Objectif du réseau d'électricité

4-4 Objectif du réseau de gaz

5- Conclusion

Chapitre 2 : Présentation générale de cas d'étude la ville de Batna

- 1- Introduction
- 2- Présentation générale de la zone d'étude
 - 2-1 Situation géographique et cadre administratif
- 3- Données climatiques et météorologiques historiques pour Batna
- 4- Caractéristiques topographiques de la zone d'étude
 - 4-1 Les reliefs
 - 4-2 Les pentes
- 5- L'occupation des sols
- 6- Les caractéristiques socio-économiques
 - 6-1 Le cadre bâti
 - 6-1-1 Quartiers de la ville Batna
 - 6-1-2 Type de construction des logements
 - 6-2 Le cadre humain
 - 6-2-1 L'évolution de la population
 - 6-2-2 Densité de la population
- 7- Infrastructure et réseaux de communication
 - 7- Les activités commerciales et industrielles
 - 7-1 Les activités commerciales
 - 7-2 Les activités industrielles
- 8- Conclusion

Chapitre 3 : Analyse spatiale de la vulnérabilité aux risques liés aux réseaux urbains

- 1- Introduction
- 2- Collecte et traitement des données Géo-spatiales
 - 2-1 Réseau d'adduction en eau potable AEP
 - 2-2 Réseau d'assainissement
 - 2-3 Réseau d'électricité moyenne tension (10Kv)
 - 2-4 Réseau de gaz
 - 2-5 Réseau d'éclairage public
- 3- Interpolation et prédiction des risques potentiels
 - 3-1 Scénario d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz avec le réseau viaire)
 - 3-1-1 Processus
 - 3-1-2 Interpolation et validation des résultats
 - 3-2 Scénario d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d'éclairage public)
 - 3-2-1 Processus
 - 3-2-2 Interpolation et validation des résultats
 - 3-3 Scénario de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv avec le réseau viaire)
 - 3-3-1 Processus
 - 3-3-2 Interpolation et validation des résultats

3-4 Scénario de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement avec le réseau d'AEP)

3-4-1 Processus

3-4-2 Interpolation et validation des résultats

4- Conclusion

Conclusion générale

Références bibliographiques

Liste des abréviations

AEP	Adduction en Eau Potable
ANC	Agence Nationale du Cadastre
COS	Coefficient d'Occupation du Sol
ONS	Office National des Statistiques
RGPH	Recensement Général de la population et de l'Habitat
ONM	Office National de la Météorologie

Liste des figures

Figure 1. La ville et ses réseaux de servitudes souterraines

Figure 2. Le système séparatif

Figure 3. Le système unitaire

Figure 4. Le système pseudo séparatif

Figure 5. Description des réseaux d'eau potable

Figure 6. Positionnement des réseaux enterrés exemple de disposition de réseaux en tracés parallèles sous trottoir avec revêtement ou accotement

Figure 7. Les règles de distances entre les réseaux enterrés

Figure 8. Situation géographique de la zone d'étude

Figure 9. La température moyennes mensuelle "1991-2020"

Figure 10. La répartition mensuelle des précipitations (1991-2020)

Figure 11. Profil topographique Nord-Sud

Figure 12. Carte hypsométrique de la commune de Batna

Figure 13. L'occupation des sols en 2018 de la commune de Batna

Figure 14. Secteur urbain de la commune de Batna

Figure 15. La répartition des logements de la ville Batna selon le type de construction

Figure 16. L'évolution de la population dans la ville de Batna entre 1966-2008

Figure 17. La densité de la population de la commune de Batna en 2008

Figure 18. Classification des voiries de la ville de Batna

Figure 19. Le réseau d'eau potable AEP dans la ville de Batna

Figure 20. Réseau d'assainissement de ville de Batna

Figure 21. Réseau d'électricité moyenne tension 10kv

Figure 22. Réseau de gaz de la ville de Batna

Figure 23. Réseau d'éclairage public dans la ville de Batna

Figure 24. Capture d'écran de la base de donnée utilisée dans les calculs

Figure 25. Capture d'écran de la méthode d'interpolation Kriging/Kokriging

Figure 26. Capture d'écran de la méthode d'interpolation Kriging/Kokriging type ordinaire

Figure 27. Capture d'écran de la validation des résultats par une droite de regression

Figure 28. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

Figure 29. Risque d'explosion de gaz (coisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

Figure 30. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

Figure 31. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

Figure 32. Explosion de gaz (réseau de gaz, moyenne tension 10Kv, éclairage public)

Figure 33. Récapitulation des statistique du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d'éclairage public)

Figure 34. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

Figure 35. Risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

Figure 36. Récapitulation des statistiques du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

Figure 37. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

Figure 38. Risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement et l'AEP)

Figure 39. Récapitulation des statistiques du risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement et l'AEP)

Liste des tableaux

Tableau 1. Récapitulatif des canalisations autorisée pour le gaz

Tableau 2. Température mensuelles pour la période (1991-2020)

Tableau 3. Précipitations moyennes mensuelles "climat Batna" dans la période (1991-2020)

Tableau 4. Répartition des altitudes dans la commune de Batna

Tableau 5. Recensements de l'année 1987 des quartiers de Batna

Tableau 6. Type de construction des logements

Tableau 7. l'évolution de la population de la ville Batna entre 1966-2008

Tableau 8. La densité de la population de la ville Batna en 2008

Tableau 9. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable AEP dans la ville de Batna

Tableau 10. Structure de réseau d'assainissement de la ville de Batna

Tableau 11. Caractéristique du réseau de gaz dans la ville de Batna

Tableau 12. Caractéristique des cables d'électricité de l'éclairage public dans la ville de Batna

Tableau 13. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz avec le réseau viaire)

Tableau 14. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

Tableau 15. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d'éclairage public)

Tableau 16. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv d'éclairage public)

Tableau 17. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv avec le réseau viaire)

Tableau 18. Récapitulation des statistiques du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

Tableau 19. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque de la fièvre typhoïde (coisement du réseau d'assinissement avec le réseau d'AEP)

Tableau 20. Récapitulation des statistique du risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assinissement et l'AEP)

Introduction générale

Les réseaux urbains sont nécessaires au fonctionnement de la ville. Il s'agit notamment des réseaux d'électricité, de gaz, de télécommunication, de transports urbains, d'eau potable, d'assainissement, de chauffage urbain, de navigation, ou encore d'éclairage public.

Au fil des années, ces réseaux ont accompagné le développement de nos territoires, se faisant à la fois source de services et de risque potentiel. Il en résulte qu'aujourd'hui le fonctionnement de nos territoires est conditionné par celui des réseaux qui le structurent, eux-mêmes fortement dépendants les uns des autres. L'organisation de notre société repose donc sur un système complexe et vulnérable mettant en jeu de nombreux acteurs de natures et d'intérêts variés, mais qui se retrouvent tous sur la notion d'obligation de continuité du service public qu'ils portent. (CEPRI, 2016)

Un territoire urbain ne fait jamais face à un seul risque, mais à un ensemble de risques en interactions. Sur un même espace, la défaillance des réseaux urbains ou le manque d'une information fidèle peut contribuer fortement à des dommages par des aléas d'explosion, de contamination ou de choc électrique. Ces aléas coexistent souvent avec des activités quotidiennes lors des travaux publics ou d'ouverture d'un nouveau tranché. Ceci peut conduire à des pannes d'électricité, de gaz et d'eau de longue durée, cela fait souffrir la population.

Or, la gestion des risques demeure focalisée sur des approches basées sur des scénarios par le biais des analyses spatiales intégrant les interactions entre les différents réseaux sur un même territoire.

Problématique

Le travail vise à contribuer les analyses spatiales et les données Géo-spatiales dans la prédiction des risques liés aux différents réseaux structurants la ville de Batna. C'est un système complexe dont le croisement et la juxtaposition des différent composants du réseau peuvent conduire à des situations de risque majeurs. Des risques d'explosion du gaz naturel, des risques sanitaires de contamination d'eau potable et même les risques liés aux chocs électriques lors des travaux sur la voirie peuvent avoir un déclenchement réel et imminent.

Le résultat du présent travail est une mise en œuvre d'une base de données précise et actualisée des différents réseaux de la ville, ainsi qu'un ensemble des cartes de prédiction des risques. Leur utilisation peut participer à la gestion des risques comme de préserver le budget public.

Plan de travail

La recherche que nous avons faite tourne autour de la ville de Batna, à travers laquelle nous montrons la zone d'étude, caractéristiques, ses potentialités et ses différents réseaux structurants. Pour comprendre la problématique nous structurons notre travail en trois chapitres complémentaires :

Le premier chapitre est une introduction. Il s'agit d'un ensemble de définitions et des notions théoriques sur les différents réseaux urbains, leurs caractéristiques et leur importance.

Le deuxième chapitre s'intéresse à la présentation de la zone d'étude afin que nous mettions en lumière la topographie, les caractéristiques socio-économiques qui s'incarnent dans le développement de la ville de Batna.

Le troisième chapitre est un développement d'un ensemble des scénarios liés aux différents risques des réseaux. A cet égard, des analyses spatiales, des extractions des entités ont été effectuées par le biais du logiciel ArcGIS et l'algorithme Kernel Density.

Chapitre 1 :

Généralités théoriques et aspects techniques (Principe général et fonctionnement d'un branchement aux réseaux d'infrastructures)

1- Introduction

La ville a traversé de plusieurs étapes depuis sa création, construisant des infrastructures, elle s'incarne dans les différents réseaux qui garantissent à la personne une vie facile et confortable dans un cadre urbain développé. Par ailleurs, suite à l'avènement de la révolution industrielle les réseaux structurants la ville deviennent rapidement des axes de développement et de connexion de plus en plus complexes sous forme de réseaux maillés interdépendants.

En effet, au XXème siècle les transports en commun, les réseaux de distribution d'électricité, de gaz, de communication, de chauffage urbain, de gestion des déchets, etc., viennent complexifier la structure de ce maillage ainsi que les relations d'interdépendance (Damien Serre , 2015).

2- La voirie et les réseaux divers VRD

VRD ce terme signifie Voirie et Réseaux Divers, ce qui s'applique à la réalisation des voies d'accès, la mise en œuvre des réseaux d'alimentation en eau, en électricité et en télécommunication. Elle touche également la construction et l'entretien des réseaux d'évacuation d'eau de pluie, ou des eaux usées permettant ainsi à un terrain de bénéficier d'une construction.

D'autant plus que les VRD prennent part à l'enjolivement d'un environnement urbain ou rural grâce à des travaux tels que l'enfouissement des réseaux, le pavage des rues ou la réfection des trottoirs.

Ces travaux sont désignés en fonction de l'aménagement prévu ou des besoins des habitants. Chaque projet est donc unique : construction de lotissement, de zone commerciale, de zone industrielle ou d'espace public. La réalisation est généralement réalisée après le gros œuvre. Mais certains préfèrent réaliser la tranche avant les fondations, en profitant du fait que les pelleteuses sont encore présentes sur le chantier. Les travaux de VRD sont donc nécessaires pendant la construction du chantier (K, Julie, 2021).



Figure 1. La ville et ses réseaux de servitudes souterraines

2-1 Les réseaux d'assainissement et d'adduction en eau potable AEP

Pour l'eau, il y eut d'abord la nécessité de délivrer l'eau potable dans les différents quartiers, donc de subdiviser le débit provenant de la source tout en assurant la pression nécessaire aux différents points de distribution. Le principe adopté est alors, schématiquement, celui de la distribution en arbre : conduites principales, secondaires, etc. Mais l'utilisation de plusieurs sources d'alimentation et les problèmes d'équilibrage obligent à tempérer ce principe par un minimum de mise en relation des racines, des branches entre elles, conduisant à un maillage du réseau qui devra être pris en compte pour le dimensionnement des canalisations (DUPUY, Gabriel, 2022).

Pour le réseau d'assainissement, les préoccupations de nettoyage hydraulique des rues amènent à combiner les lignes d'égout pour les adapter au maillage viaire. En même temps, toujours pour le dimensionnement des nouveaux égouts à construire, les ingénieurs devront travailler à l'échelle du bassin versant, unité hydrologiquement pertinente, que l'on devra considérer comme desservie par un ensemble de lignes d'égout connectées entre elles. Là encore, la figure dominante est celle de l'arbre, de l'égout secondaire au collecteur principal puis à l'émissaire, mais des liaisons transversales, des collecteurs de ceinture viennent mailler le système et renforcer sa topologie de réseau (DUPUY, Gabriel, 2022).

2-1-1 Les branchements au réseau d'assainissement

Pour comprendre le système d'assainissement ou tout simplement la notion de branchement, il faut différencier le réseau séparatif et unitaire ou encore l'assainissement collectif et autonome. Ces différents termes ont une importance dans la prise en charge des eaux usées mais surtout dans le traitement qui doit être appliqué une fois la collecte réalisée.

2-1-1-1 Le système séparatif

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et sous certaines réserves de certains effluents industriels alors que l'évacuation de toutes les eaux pluviales est assurée par un autre réseau (KERLOC'H Bruno(C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE,80), 2014).

Ce système d'assainissement collecte les eaux usées domestiques (salle bain, cuisine, WC, etc.) et les eaux pluviales dans deux réseaux différents et adaptés. Le réseau d'eaux usées doit

mener les eaux à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées. Le réseau d'eaux pluviales renvoie les eaux directement dans les rivières.

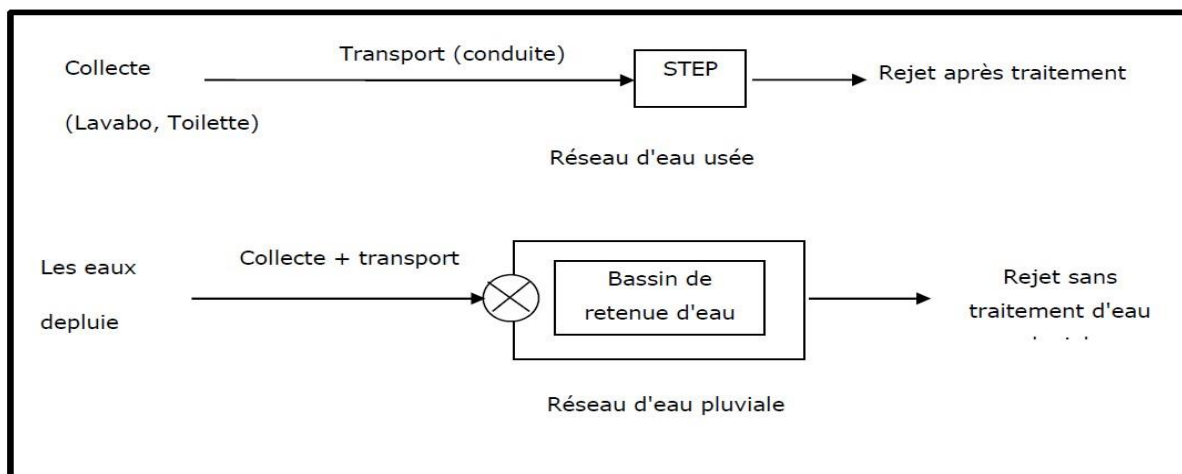


Figure 2. Le système séparatif (source : <https://geniecivilpdf.com/generalites-sur-le-reseau-dassainissement/>)

2-1-1-2 Le système unitaire

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau généralement pourvu de déversoirs d'orages permettant en cas d'orage le rejet direct, par surverse, d'une partie des eaux dans le milieu naturel. Le réseau unitaire va collecter dans la même canalisation aussi bien les eaux usées que les eaux pluviales. Toutes les eaux vont à une station d'épuration pour qu'elles y soient traitées.

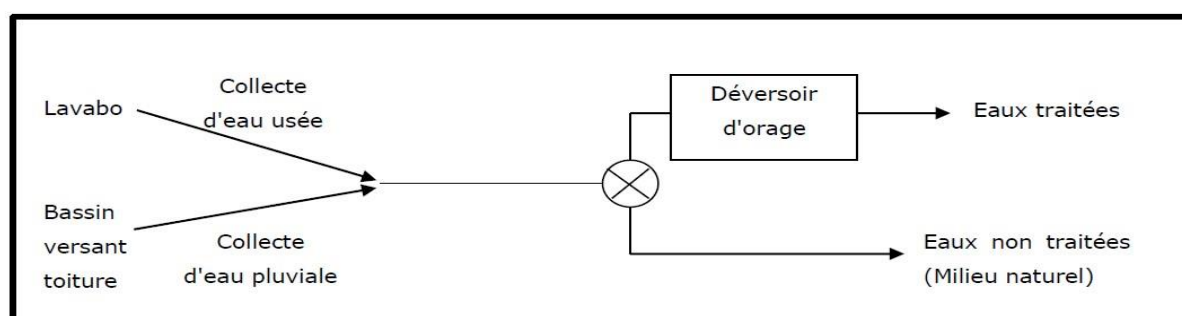


Figure 3. Le système unitaire (source : <https://geniecivilpdf.com/generalites-sur-le-reseau-dassainissement/>)

2-1-1-3 Le système mixte

On appelle communément système mixte, un réseau constitué suivant les zones en partie d'un système unitaire et d'un système séparatif.

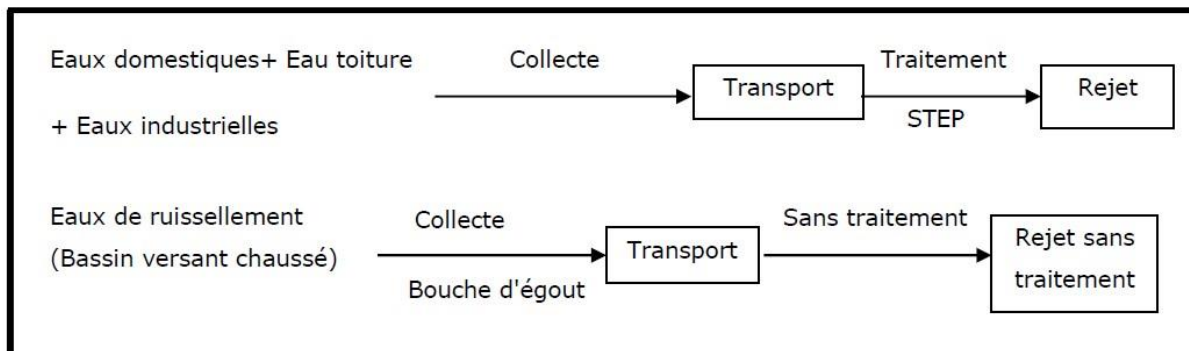


Figure 4. Le système pseudo séparatif (source : <https://geniecivilpdf.com/generalites-sur-le-reseau-dassainissement/>)

2-1-2 Accessoires du réseau d'assainissement

2-1-2-1 Les regards

Ce sont des compartiments en maçonnerie ou préfabriqué munis d'un couvercle amovible, ils permettent l'accès aux canalisations pour d'éventuels branchements, et notamment pour le curage de ces derniers. Ils existent plusieurs types de regards :

- **Regard de visite :** ils permettent la surveillance et le curage des égouts ainsi que leur aération qui est assurée grâce à une fonte sur le couvercle du regard.
- **Regard chute :** ce sont des regards analogues aux regards de visite, seulement la chute est plus importante, ce type de regard est prévu lorsque les canalisations sont disposées en forte pente, ce qui entraîne des vitesses très importantes, la chute des effluents dans ces regards permet de briser la vitesse d'écoulement.
- **Bouche d'égout :** destinées à recueillir les eaux usées de la chaussée, elles doivent être sélectives pour permettre la retenue du maximum de déchets, elles sont généralement disposées sous le trottoir.
- **Regard avaloir :** ils sont généralement placés aux points bas des caniveaux destinés à la collecte des eaux de ruissellement depuis le caniveau jusqu'à l'égout.

- **Regards à grille** : ce sont des regards de petites dimensions, couverts par une grille en fonte, il sert à évacuer les eaux de ruissellement des parcs, allées piétonnes et des pelouses.
- **Regards de façade** : ils sont utilisés pour les branchements particuliers, disposés plus près de la façade de la propriété à raccorder.
- **Regards de branchement** : servent au branchement du réseau sanitaire d'un immeuble au réseau d'assainissement, les regards siphonés sont conseillés pour éviter les relents des mauvaises odeurs.
- **Déversoirs d'orage** : c'est un ouvrage en béton armé de section rectangulaire, sa fonction est d'évacuer les pointes exceptionnelles de débit d'orage vers un milieu récepteur, en d'autres termes, il est prévu pour soulager le réseau sanitaire en période d'orage.

2-1-2-2 Les collecteurs

Ils sont constitués par des canalisations enterrées alignées allons de regard en regard avec un diamètre et une pente suffisante pour éviter toutes les stagnations. Les matériaux utilisés pour les conduites sont le PEHD (Polyéthylène à haute densité) et le PVC (Polychlorure de Vinyle non plastifié).

Les collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales peuvent être implantés dans l'axe de la voie ou bien sous trottoir.

2-1-3 Canalisation du réseau d'assainissement

2-1-3-1 Canalisations des eaux usées

Les canalisations eaux usées sont généralement circulaires. Les contraintes de calage des canalisations d'eaux usées sont :

- diamètre minimum de 200 mm pour éviter les risques d'obstruction
- pente minimum : 0,002 m/m

Le relèvement des eaux par pompage ne pourra dans certains cas être évité

- couverture minimale de la canalisation : 80 cm

En dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition en béton pour éviter son écrasement sous les charges roulantes.

- regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par caméra. Distance standard : 50m
- regard à chaque changement de pente ou de direction
- vitesse maximum : 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux. Sinon, il est nécessaire d'adopter un tuyau en matériau résistant tel que la fonte ou le polyéthylène à haute densité (Bruno, KERLOC'H).

2-1-3-2 Canalisation des eaux pluviales

Les contraintes de calage des canalisations d'eaux pluviales sont :

- Diamètre minimum de 300 mm pour éviter les risques d'obstruction.
- Pente minimum : 0,003 m/m

Le relèvement des eaux par pompage sera si possible évité car les débits d'eaux pluviales peuvent être importants.

- Couverture minimale de la canalisation : 80 cm

En dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition pour éviter son écrasement sous les charges roulantes (Bruno, KERLOC'H).

- Regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par caméra.
- Regard à chaque changement de pente ou de direction.
- Vitesse maximum : 4 m/s afin d'éviter l'abrasion des tuyaux.

Sinon, il est nécessaire d'adopter un tuyau en matériau résistant tel que la fonte ou le polyéthylène à haute densité.

Il est donc important de vérifier la vitesse de l'eau dans les canalisations pour le débit de pointe à évacuer.

2-1-4 Les branchements au réseau d'AEP

Les réseaux sont de plus en plus divisés en sous-secteurs. Les raisons peuvent être multiples.

Il y a deux types de partition : (1) partition hydraulique : l'objectif est alors d'avoir des zones de pression homogènes. (2) partition d'exploitation : pour subdiviser un réseau en sous-réseaux afin de maîtriser par comptage les flux entrants et sortants pour déterminer une variabilité spatiale de la demande et des fuites.

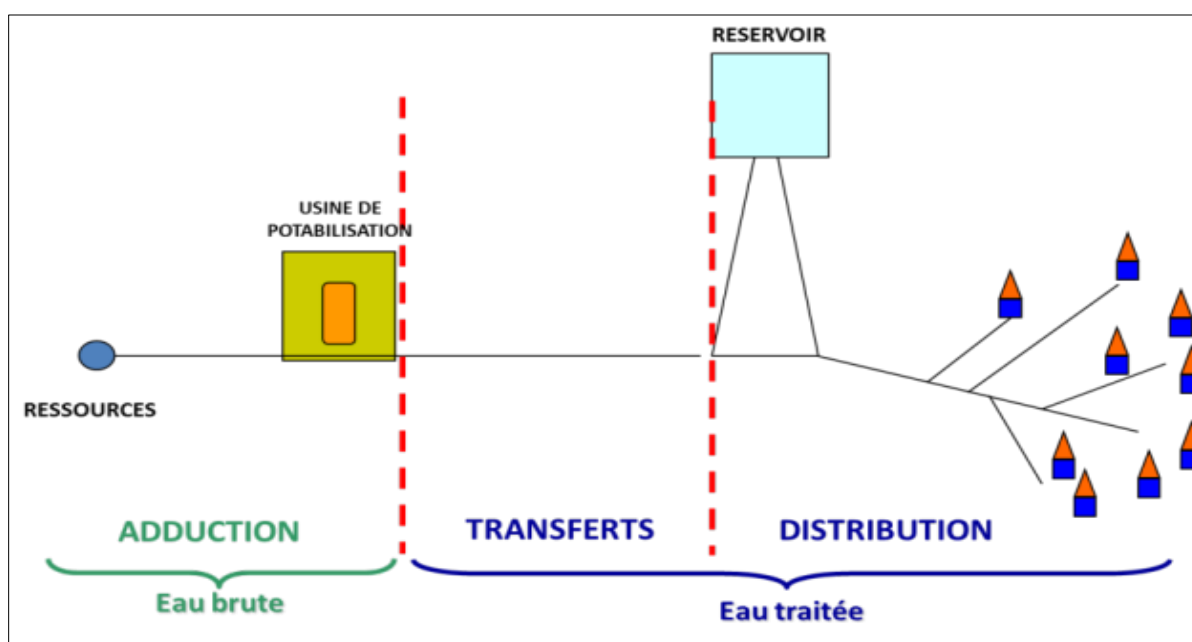


Figure 5. Description des réseaux d'eau potable

Un système d'AEP peut être divisé en trois composantes :

- (1) La zone d'adduction entre les ressources (puits, forages, captage de sources, prises en rivières...) et l'usine de potabilisation (appelée aussi station de traitement), l'eau y est donc brute (non traitée).
- (2) La zone de transfert entre l'usine de potabilisation et le réservoir de distribution. L'eau y est traitée, et les débits sont les mêmes que dans la zone d'adduction.
- (3) La zone de distribution à l'aval du réservoir de distribution.

Elle désigne toute la partie se situant après le réservoir. A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés. Les canalisations devront en conséquence présenter un

diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles.

2-1-4-1 Les canalisations d'eau potable

Les canalisations d'eau potable assurent le transport de l'eau potable desservie par votre commune ou la régie des eaux locales, à partir de votre compteur situé en limite de propriété, jusqu'à l'intérieur de votre maison.

En distribution, elles sont principalement en polyéthylène et marquées avec des bandes bleues (on les dénomme également PE bande bleu). Elles devront être suffisamment enterrées dans le sol pour les protéger contre le gel (environ 80 cm) (Sarl, Agymat, 2020-2021).

L'acheminement de l'eau de sa source au réseau, jusqu'au terrain privé, nécessite une installation complexe composée de plusieurs types de tuyaux enterrés : fonte, PVC, PEHD. On privilégiera ce dernier : il s'agit de polyéthylène haute densité.

C'est un tuyau en polyéthylène à haute densité permettant d'assurer l'arrivée de l'eau potable dans tous types d'installations dans le domaine privé ou public, domestique ou agricole. Ce tube thermoplastique est facilement reconnaissable par sa couleur noire marquée de bandes bleues. Il est aussi appelé PE bande bleu.

Il possède de nombreux avantages :

Il est très résistant,

Il supporte les déformations et mouvements de terrain (ne se casse pas ou ne se fend pas),

Il est très souple et très léger,

Il s'installe très facilement et rapidement,

Il s'installe également sans soudure : les connexions et raccords ainsi effectués limitent les risques de fuites,

Il retient moins le calcaire,

Il résiste à la corrosion : il ne rouille pas et ne pourrait pas,

Il a une longue durée de vie,

Il est respectueux de l'environnement et peut être recyclé.

2-2 Le réseau d'électricité

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité, il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs (Wikipédia).

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

De la sortie de la centrale électrique au compteur de l'utilisateur final, l'électricité doit transiter sur un réseau électrique. Ces réseaux possèdent souvent la même structure d'un pays à l'autre, car le transport de fortes puissances sur de longues distances impose la minimisation de l'effet Joule.

Pour une même puissance électrique transmise par la ligne, les pertes par effet Joule diminuent donc comme le carré de la tension : elles sont divisées par quatre quand la tension double, et par un million lorsque que la tension est multipliée par mille. Ainsi un mètre de câble à 400 V provoque autant de pertes que 1000 km du même câble à 400 kV. De même, une ligne d'une centaine de km avec une résistance de 3 Ω sur laquelle circule 400 MW générerait environ 4 MW de perte Joules si elle était exploitée à 200 kV, mais seulement 1 MW si elle était exploitée à 400 kV (Techno-Science, 2022).

2-2-1 Les transformateurs de puissance

On trouve sur les réseaux électriques deux types de transformateurs de puissance :

- Les autotransformateurs qui n'ont pas d'isolement entre le primaire et le secondaire. Ils ont un rapport de transformation fixe quand ils sont en service, mais qui peut être changé si l'autotransformateur est mis hors service.
- Les transformateurs avec régleurs en charge sont capables de changer leur rapport de transformation quand ils sont en service. Ils sont utilisés pour maintenir une tension

constante au secondaire (la tension la plus basse) et jouent un rôle important dans le maintien de la tension.

2-2-2 Les postes électriques

Les postes électriques sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes électriques. Les postes des réseaux électriques peuvent avoir 2 finalités :

- L'interconnexion entre les lignes de même niveau de tension : cela permet de répartir l'énergie sur les différentes lignes issues du poste ;
- La transformation de l'énergie : les transformateurs permettent de passer d'un niveau de tension à un autre.

De plus, les postes électriques assurent des fonctions stratégiques :

- Assurer la protection du réseau : un système complexe de protection permet qu'un défaut sur un seul ouvrage n'entraîne pas la mise hors tension de nombreux ouvrages, ce qui risquerait de mettre une vaste zone hors tension. Cette protection est assurée par des capteurs qui fournissent une image de la tension et du courant à des relais de protection, lesquels élaborent des ordres de déclenchement à destination des disjoncteurs :
 1. Permettre l'exploitation normale du réseau : présence de plusieurs jeux de barre et de couplage afin de pouvoir prendre différents schémas électriques.
 2. Assurer la surveillance du réseau : la tension du réseau et l'intensité dans les lignes sont surveillées dans les postes électriques, via des transformateurs de mesure de tension et de courant.

2-2-3 Les lignes électriques

Les lignes électriques assurent la fonction « transport de l'énergie » sur les longues distances. Elles sont constituées de 3 phases, et chaque phase peut être constituée d'un faisceau de plusieurs conducteurs (de 1 à 4) espacés de quelques centimètres afin de limiter l'effet couronne qui génère des pertes en lignes.

2-3 Le réseau de gaz

Le gaz naturel est acheminé jusqu'aux zones de consommation par un réseau des infrastructures gazières essentielles au bon fonctionnement du marché et à la sécurité d'approvisionnement. Le raccordement consiste à relier la canalisation de gaz naturel passant dans la rue à le coffret de comptage. Ce branchement nécessite l'accord préalable des autorités administratives compétentes (voie publique) ou l'accord des copropriétaires (voie privée) et/ou la fourniture du titre attestant de la servitude de passage dans le cas d'une propriété enclavée. Ces travaux bénéficient de techniques récentes limitant au maximum les nuisances et permettant une réalisation rapide.

Le raccordement inclut : la liaison entre le réseau de distribution et le coffret de comptage en limite de propriété, la fourniture du coffret de comptage et du compteur, et éventuellement la pose du coffret de comptage sur socle scellé (Engie, 2022).

2-3-1 Canalisations d'une installation du Gaz

Une installation de chaudière gaz doit être réalisée dans le respect des normes et réglementations en vigueur, imposées par l'arrêté du 2 août 1977, notamment pour les composants utilisés : tuyauterie, accessoires, matériaux d'assemblage (IZI , 2018).

Il existe également différents types de pose de tuyauteries possibles :

- En élévation : installées le long d'une paroi et hors du sol ou bâti.
- En enterrées : enfouies dans le sol.
- Incorporées : intégrées aux éléments du bâtiment, à savoir enrobées dans le sol ou engravées dans les parois.

Il existe donc des exigences normatives quant aux canalisations d'une installation d'une chaudière gaz, concernant le matériau, sa fabrication mais également sa disposition à transporter du gaz.

On dénombre 5 types de canalisations adaptée à une installation de gaz :

- Le cuivre
- L'acier
- Le polyéthylène

- Les kits « PLT »
- Le plomb






Les canalisations en plomb sont aujourd’hui interdites pour réaliser de nouvelles installations.

Cependant, l’utilisation du plomb est autorisée dans le cadre d’une réparation d’une ancienne tuyauterie en plomb, mais sous quelques conditions :

- La longueur de la canalisation en plomb utilisée ne doit pas dépasser 50 centimètres.
- Si un mauvais état ou un défaut d’entretien de la canalisation est constaté, il est conseillé de changer la tuyauterie en plomb au profit d’un autre matériau.

La pression maximale d’utilisation des canalisations plomb est de 400 mbar.

Tableau 1. Récapitulatif des canalisations autorisée pour le gaz

Types de canalisations		Types de poses autorisées	Utilisations
Cuivre		<ul style="list-style-type: none"> - Elévation - Enterrées - Incorporées 	- Installations individuelles
Polyéthylène		<ul style="list-style-type: none"> - Principalement en enterrées - Elévation possible, sous conditions 	- Installations collectives
Acier		<ul style="list-style-type: none"> - Elévation - Enterrées - Incorporées 	- Installations individuelles
Kits "PLT"		<ul style="list-style-type: none"> - Elévation - Enterrées - Incorporées 	Installations individuelles
Plomb		Pas de nouvelles installations : uniquement en réparation d’installations existantes	Seulement sur l’existant

Source : <https://www.izi-by-edf-renov.fr/blog/canalisation-gaz>

2-4 Le réseau viaire

Le réseau viaire forme un espace « fermé » par des objets bâtis ou des équipements, ce qui le distingue de la route.

Celle-ci peut être définie comme « une voie de circulation aménagée destinée à la liaison entre les localités et à la déserte des zones rurales » (Merlin P., Choay F., 1988).

En effet, une route n'a pas une vocation proprement urbaine, à l'inverse du réseau viaire qui est une voie bordée de maisons ou murailles dans une ville. Le réseau viaire occupe une certaine emprise possède un tracé, un profil en long, et un profil en travers. Il peut être droit, sinueux, avec des décrochements.

Le réseau viaire est composé d'une chaussée, de trottoirs, et éventuellement de terre-pleins, centraux, latéraux, plantés ou non, de voies latérales de desserte, et d'autres aménagements de circulation destinés aux bus, aux cycles et au stationnement.

Le réseau viaire participe d'une manière décisive à la mise en place du paysage urbain. Il donne sa spécificité et une partie de son identité à la ville (Choay.F, Pierre-Jacques Olganier de, 1992).

3- La profondeur des réseaux urbains

3-1 Prendre en compte les réseaux enterrés existants

- Respecter les obligations des parties (y compris en cas de travaux urgents).
- Effectuer un marquage / piquetage des réseaux (à une date la plus proche possible du démarrage des travaux).
- Observer attentivement les surfaces : réfections de sol/postes de détente/ regards/coffres de branchement/ présence de sablon.
- Utiliser des détecteurs de canalisation (détection par induction / géo-radars / ondes acoustiques, etc.).
- En cas d'anomalies (découverte d'un ouvrage susceptible d'être sensible pour la sécurité, différence notable entre l'état du sous-sol constaté et les informations fournies, etc.).
- Respecter les règles de distance entre réseaux enterrés et règles de voisinage entre réseaux et végétaux (NF).

3-2 Bien choisir les matériaux de remblaiement

En cas de présence de nappe phréatique, tenir compte pour le choix des matériaux de remblayage de la perméabilité du milieu environnant, pour éviter la création d'une zone drainante.

3-3 Veiller à la qualité du compactage

Effectuer systématiquement un contrôle de la qualité du compactage (Complément au Guide de 1994 du Sétra, 2007).

La norme NF P 98-332 fixe aussi les distances d'implantation d'un réseau neuf à proximité d'un réseau existant ou de végétation mais aussi les distances d'implantation de végétaux à proximité d'un réseau existant. Cette norme concerne les réseaux d'assainissements, d'eaux potables (distribution et transport), d'électricité HTB, BT, HTA et éclairage public, de gaz (distribution et transport) mais aussi de chauffage urbain, de climatisation urbaine, de télécoms, vidéos TBT sous fourreaux et en pleine terre, d'hydrocarbures liquides et liquéfiés ainsi que de gaz et de produits chimiques (NORME NF P 98-332, 2019).

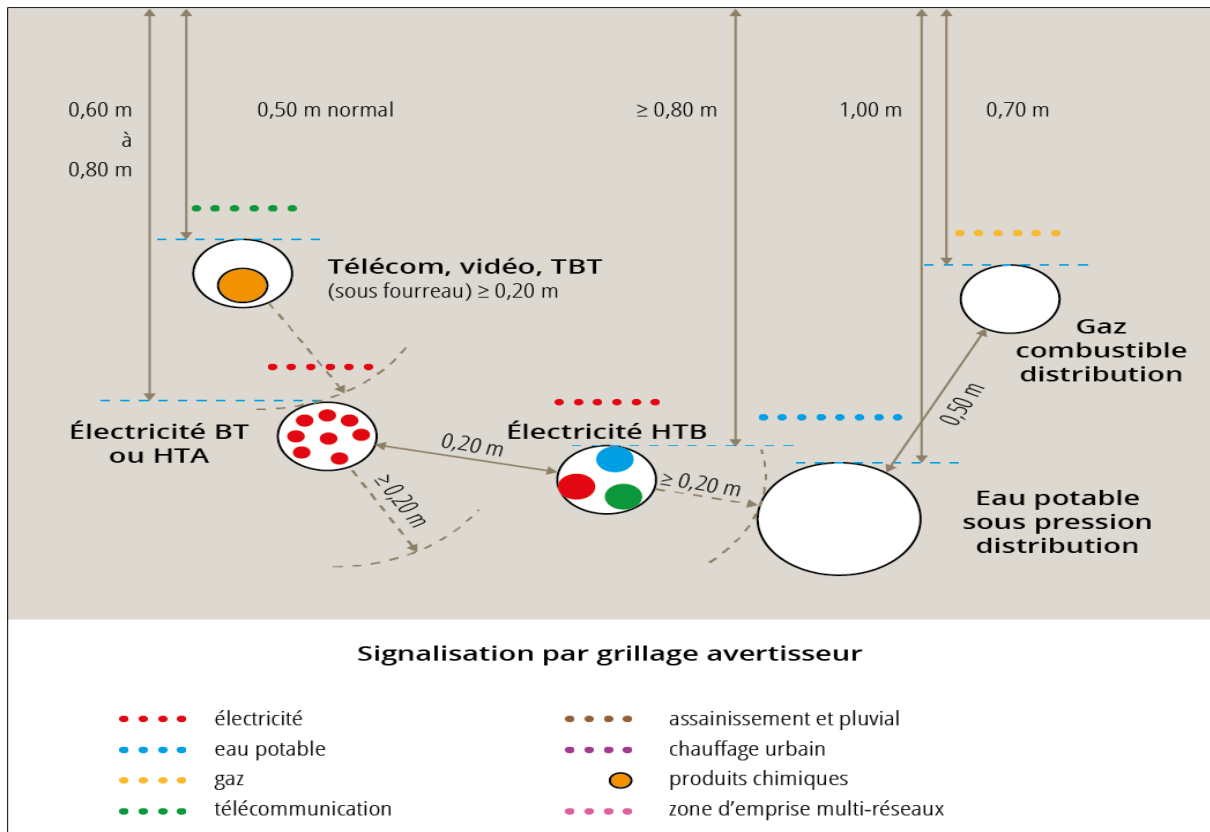


Figure 6. Positionnement des réseaux enterrés (Source : <https://qualiteconstruction.com/fiche/desordres-dans-les-voiries-et-reseaux-divers/>)

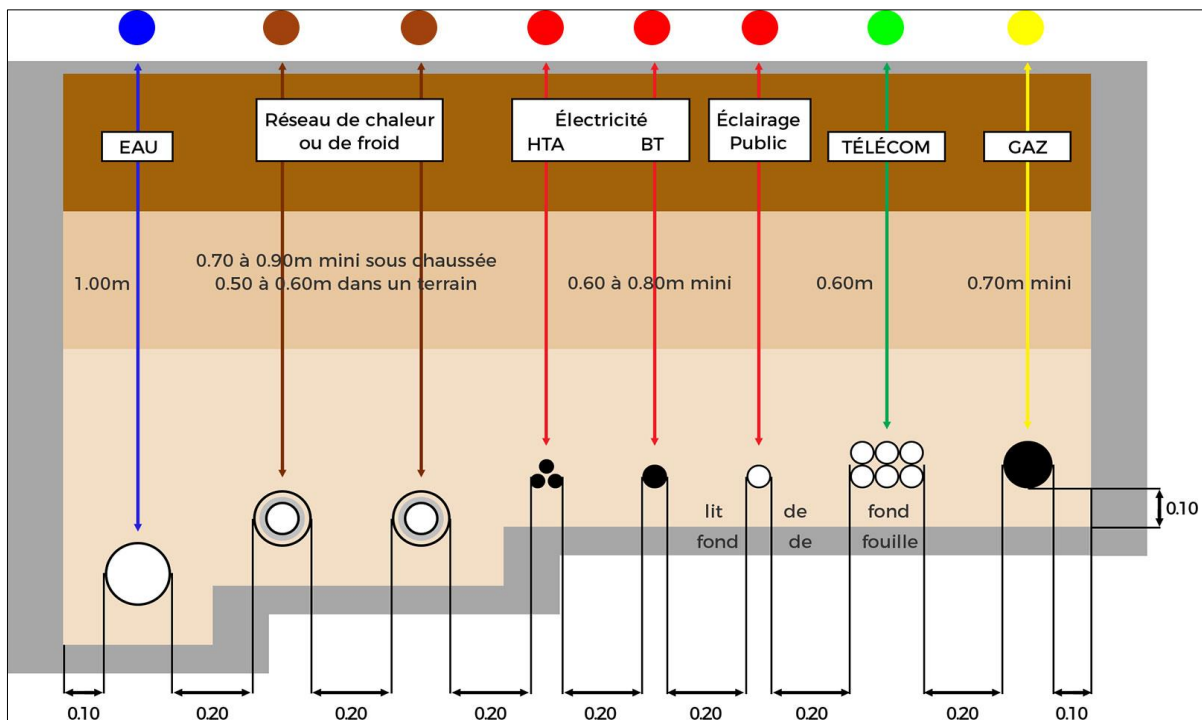


Figure 7. Les règles de distances entre les réseaux enterrés

4- Objectif des réseaux urbains

4-1 Objectif du réseau d'AEP

L'eau est un besoin fondamental et chaque être humain a droit à l'eau salubre. Mais, pour près d'un milliard de personnes, cette promesse n'est pas encore tenue. Ils vivent sans eau potable. La terre connaît une véritable crise de l'eau. L'Afrique sub-saharienne, l'Asie du sud-est et l'Amérique du sud sont les plus touchées par cette problématique (Caritas International Belgique, 2014).

4-2 Objectif du réseau d'assainissement

Pour l'assainissement liquide des agglomérations, l'objectif est d'assurer l'évacuation de l'ensemble de l'eau pluviale et usées ainsi que leur rejet dans les exutoires naturels sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

L'assainissement vise les cibles suivantes :

- La protection des individus contre les dangers des maladies.
- La protection des ressources en eau souterraines et superficielles.
- La préservation de la qualité du milieu récepteur (sol, cours d'eau, lacs,)
- L'élimination de la reproduction des mouches et autres insectes.
- La prévention des odeurs et des aspects malpropres.

4-3 Objectif du réseau d'électricité

L'électricité est sans aucun doute un des vecteurs à privilégier. Du côté de la demande d'énergie, l'électricité permet très souvent d'atteindre un haut niveau d'efficacité énergétique. Dans le domaine industriel, les processus à base d'électricité sont souvent beaucoup plus sobres en énergie que les processus utilisant directement la chaleur (par exemple dans la fabrication du papier). Dans le domaine du chauffage et de la climatisation des locaux, l'utilisation des pompes à chaleur fonctionnant à l'électricité permet de réaliser là aussi de grandes économies d'énergie, en comparaison à des modes de chauffage traditionnels. Enfin dans le domaine des transports routiers, le développement des véhicules hybrides rechargeables ou électriques va conduire également à une réduction de la consommation de pétrole et à un accroissement de la demande électrique.

Elle permet en effet de mobiliser toutes les énergies faiblement carbonées, qu'il s'agisse des énergies renouvelables (hydrauliques, éolien, géothermique, solaire,) ou de l'énergie nucléaire (Merlin, André, 2013).

4-4 Objectif du réseau de gaz

Le Gaz naturel parmi les énergies les plus économiques du marché et cela d'autant plus depuis l'ouverture du marché à la concurrence. Les consommateurs peuvent choisir leur fournisseur de gaz naturel en fonction des offres du marché, optimisant ainsi leur facture énergétique annuelle (Antargaz, 2022).

- Le gaz naturel, l'énergie fossile la moins polluante
- L'une des énergies les plus compétitives du marché
- Un confort thermique assuré
- Des équipements de plus en plus performants.
- Pratique et peu encombrant.

5- Conclusion

La ville est un système dynamique en extension continue et ses différents réseaux n'échappent de la règle ce qui les rends un système complexe par excellence. Les activités concernant l'exploitation du réseau sont variées et impliquent un grand nombre de données et de variables de différentes sources et qualités en fonction de leurs objectifs (diagnostic, interprétation, prédiction, planification de réhabilitation,) et de leur exécution (court, moyen ou long terme). Les gestionnaires et les décideurs doivent souvent prendre des décisions, argumentées et pertinentes, ce qui nécessite une stratégie d'étude efficace basée, d'une part sur la connaissance du comportement du système de distribution et d'autre part sur l'utilisation d'indicateurs appropriés sur l'évaluation des performances de fonctionnement du système.

Chapitre 2 :

**Présentation générale de cas d'étude la
ville de Batna**

1- Introduction

Le présent chapitre s'intéresse à la présentation de la zone d'étude qui est la ville de Batna. Pour mieux la connaître, on s'intéresse plus particulièrement à sa position géographique, ses caractéristiques topographiques (les reliefs et les pentes), climatiques et ses caractéristiques socio-économiques à savoir l'évolution démographiques et les facteurs économiques.

Cette présentation de la zone à un effet majeur pour comprendre la complexité de la ville et par voie de conséquence la complexité et la diversité du réseau urbain articulant la ville. Ceci nous permet d'envisager l'évolution spatio-temporelle du réseau et les risques associés toute en basant sur l'évolution de la ville et le développement de ces facteurs socio-économiques.

2- Présentation générale de la zone d'étude

2-1 Situation géographique et cadre administratif

La ville de Batna est considérée historiquement comme la capitale des Aurès. Le chef-lieu de la wilaya de Batna est situé dans la partie centrale du territoire de la wilaya et s'étend sur une superficie totale de 11641 hectares. Elle est limitée par la commune de Tazoult au Sud, Fesdis au Nord, Ouyoun El Assafer à l'Est, et Oued Chaâba à l'Ouest.

La ville de Batna est située au Nord-Est de la wilaya de Batna à 425 KM au Sud de la capitale. L'importance de la ville liées essentiellement à sa position géographique, elle est située à l'intersection de deux principaux axes routiers, l'axe Nord-sud, reliant le Nord du pays au Sud et grand Sud, et l'axe reliant l'Est à l'Ouest à travers les hauts plateaux. Donc Batna est considérée comme un carrefour appelé à assurer l'articulation des espaces régionaux du Nord et du Sud et assurer en même temps la transition Est, Ouest, entre Batna à Constantine, Biskra, Khenchela et Setif. Cette situation lui donne une grande importance, où se rencontrent ces grands axes routiers qui animent la région sur de multiples niveaux.

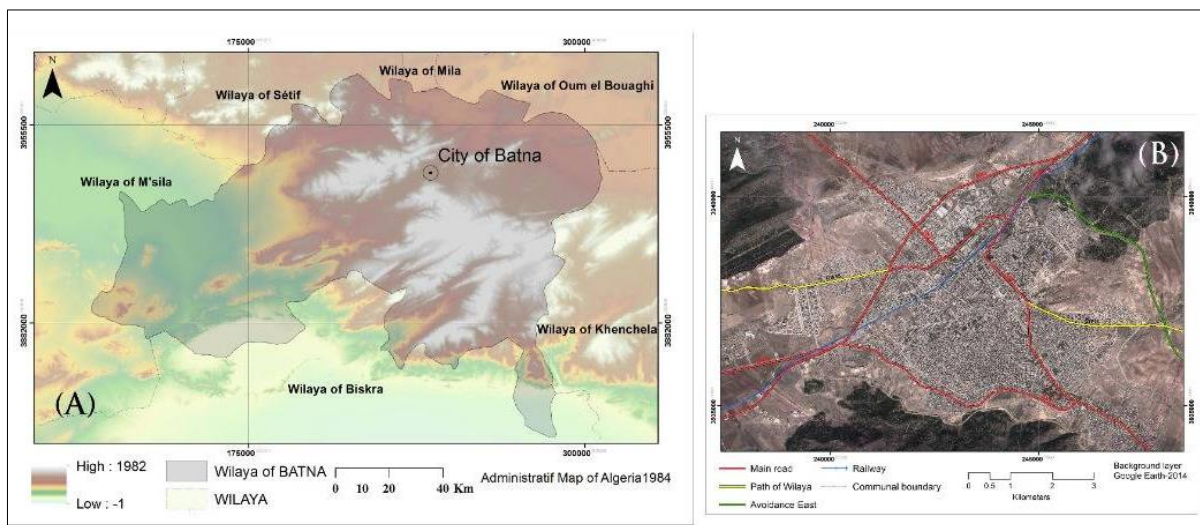


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

3- Données climatiques et météorologiques historiques pour Batna

Le climat de Batna peut être défini comme méditerranéen aride et continentalisé, en fait, en hiver il fait assez froid, en été il peut faire très chaud, et les précipitations sont assez rares.

Les pluies ne sont pas abondantes car nous sommes au sud de l'Atlas tellien, la chaîne de montagnes parallèle à la côte qui reçoit la plupart des précipitations (Climat du voyages, 2022). Cependant, compte tenu de l'altitude, il peut parfois neiger en hiver. Il s'agit du secteur humide qui reçoit des précipitations oscillantes entre 900 et 1200 mm/an et correspond aux montagnes et aux sommets dépassant 1800 mètres.

Le secteur aux précipitations moyennes qui reçoit des précipitations oscillantes entre 400 et 800 mm/an et correspond au versant Nord du massif, il s'étale loin vers l'Ouest pour inclure le Djebel Ich Ali et toute la forêt de Sgag dont les sommets culminent à 1809 et 2009 mètres. Le secteur sec reçoit des précipitations oscillantes entre 200 et 400 mm/an, il se répartit à l'Ouest et au Sud du massif et englobe l'ensemble de la forêt des Beni Imloul.

À Batna, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de 6,2 °C, celle du mois le plus chaud (juillet) est de 26,9 °C. Voici les températures moyennes pour la période (1991-2020).

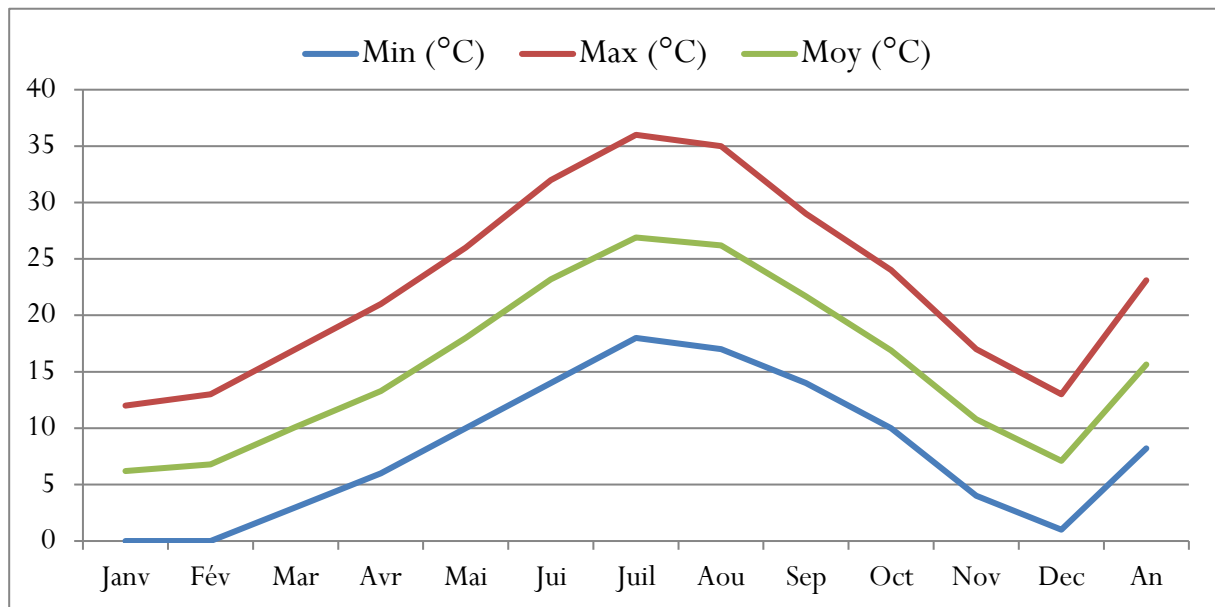


Figure 2. Température mensuelles (en °C) pour la période 1991-2020

Tableau 1. Température mensuelles (en °C) pour la période 1991-2020

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Min	0	0	3	6	10	14	18	17	14	10	4	1
Max	12	13	17	21	26	32	36	35	29	24	17	13
Moy	6.2	6.8	10.1	13.3	18	23.2	26.9	26.2	21.7	16.9	10.8	7.1

Source : climats et voyages 2020

À Batna, les précipitations totalisent 305 millimètres par an : elles sont donc faibles. Au mois le moins pluvieux (juillet) elles s'élèvent à 5 mm, dans les mois les plus pluvieux (janvier, avril, mai, septembre) elles s'élèvent à 35 mm. Voici la moyenne des précipitations pour la période (1991-2020).

Tableau 2. Précipitations moyennes mensuelles "climat Batna" dans la période (1991-2020)

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Préc (mm)	35	20	30	35	35	20	5	20	35	25	25	30
Jrs	8	8	7	7	6	4	2	4	6	5	6	8

Source : climats et voyages 2020

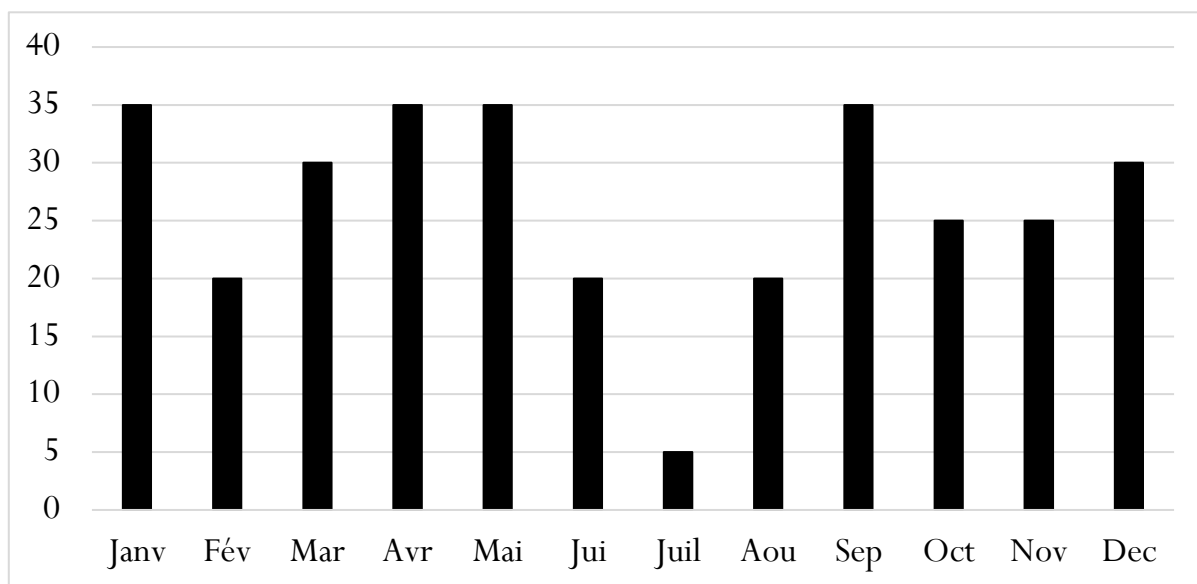


Figure 3. La répartition mensuelle des précipitations (1991-2020)

En janvier, le mois le plus froid de l'année, généralement le climat à Batna est assez froid. La température moyenne est de 6,2 °C, avec une minimale de 0,1 °C et une maximale de 12,3 °C.

Aux nuits les plus froides du mois, la température descend généralement à environ -4,5 °C. Cependant, en janvier 2005 elle est descendue jusqu'à -8,6 °C.

Aux jours les plus chauds du mois, la température atteint généralement environ 19 °C. Cependant, en janvier 2016 on a atteint 23,5 °C.

Les précipitations s'élèvent à 35 mm, répartis sur 8 jours.

Le jour dure en moyenne 10 heures et 5 minutes.

L'humidité moyenne est de 71%. Par conséquent, normalement l'air est humide.

La vitesse moyenne du vent est 11 km/h.

En août, généralement le climat à Batna est chaud. Cependant, il existe des différences notables entre la nuit et le jour. La température moyenne est de 26,2 °C, avec une minimale de 17,2 °C et une maximale de 35,2 °C.

Aux nuits les plus froides du mois, la température descend généralement à environ 12 °C. Cependant, en août 1995 elle est descendue jusqu'à 8,3 °C.

Aux jours les plus chauds du mois, la température atteint généralement environ 40,5 °C. Cependant, en août 2020 on a atteint 43 °C.

Les précipitations s'élèvent à 20 mm, répartis sur 4 jours.

Le jour dure en moyenne 13 heures et 25 minutes.

L'humidité moyenne est de 40%.

La vitesse moyenne du vent est 12 km/h.

4- Caractéristiques topographiques de la zone d'étude

4-1 Les reliefs

Batna a été construite sur un relief en cuvette, entourée de montagnes. La répartition des différents milieux physiques remonte au la jonction des deux Atlas (Tellien et Saharien), ce qui constitue la particularité de la ville.

Les monts du Bou Taleb, et les Monts de Belezma, forment l'ossature physique principale de la zone d'étude et de ce fait constituent l'ensemble physique le plus important. Ils ont réparti sur le territoire concerné pour l'étude comme suit :

- A l'Ouest Djebel Tugur à 1154 m d'altitude et Djebel Bouakez à 1442 m, sont exposés.
- Au Sud Au Sud Djebel Ich-Ali domine le côté Sud- Est de la ville de Batna avec une altitude de 1766m.
- Au Nord Sans le coté Nord-ouest : composée de Djebel Belkhaz, Djebel Takharbi, Djebel Kasrou, Djebel Boumerzoug, Djebel El Mraoua (1350m), Djebel Tougar (2094m) et Djebel Boudraa (1832m) et dans le coté Nord-est, une deuxième chaîne, elle est moins étalée que la précédente et composée de Djebel Bouarif (1584), et Djebel Azeb (1368m).

Les plaines ont une altitude moyenne de 1000 m environ.se formes de couloirs justifient des surfaces à pente douce et régulière limitées par les ensembles montagneux, d'une forme étroite du côté de Fesdis et Tazoult. Elles s'élargissent considérablement jusqu'à Lambiridi en constituant le site de la ville de Batna.

Dans cet espace topographique se trouve Batna, qui se situe à une altitude d'environ 900 mètres au-dessus du niveau de la mer, et qui forme un couloir considéré comme essentiel entre le nord et le sud. La ville est entourée par de vastes zones forestières accidentées et vu son urbanisation, ce relief l'oriente vers les quatre couloirs d'extension (Dib, Belkacem, 06-09).

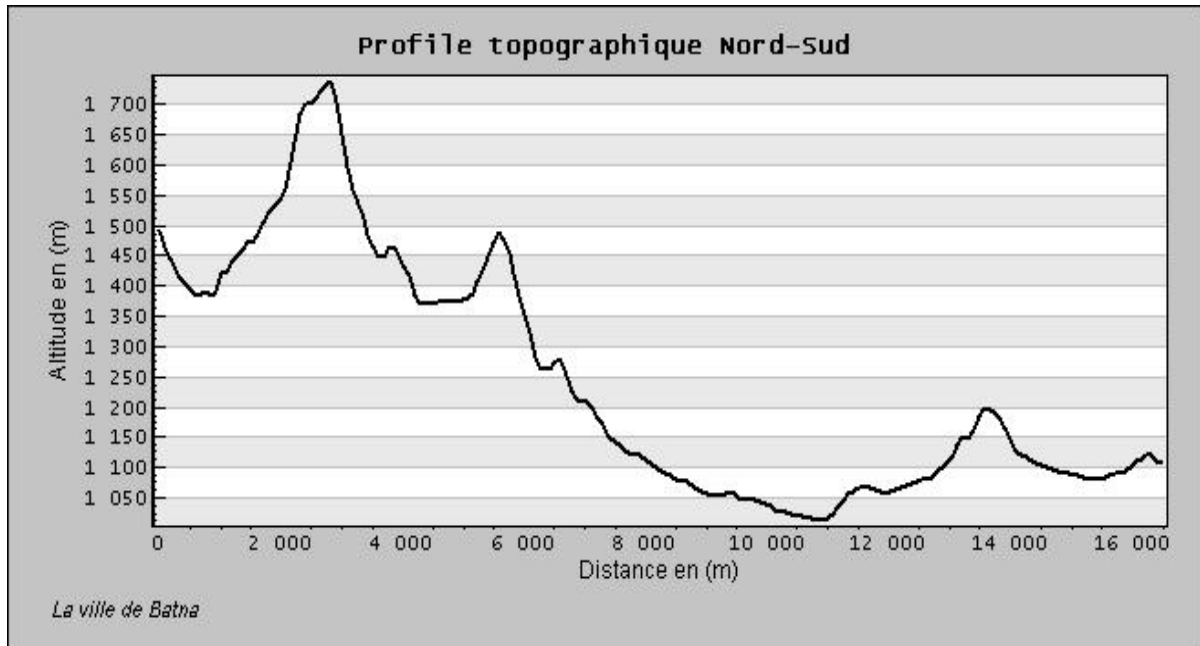


Figure 4. Profil topographique Nord-Sud

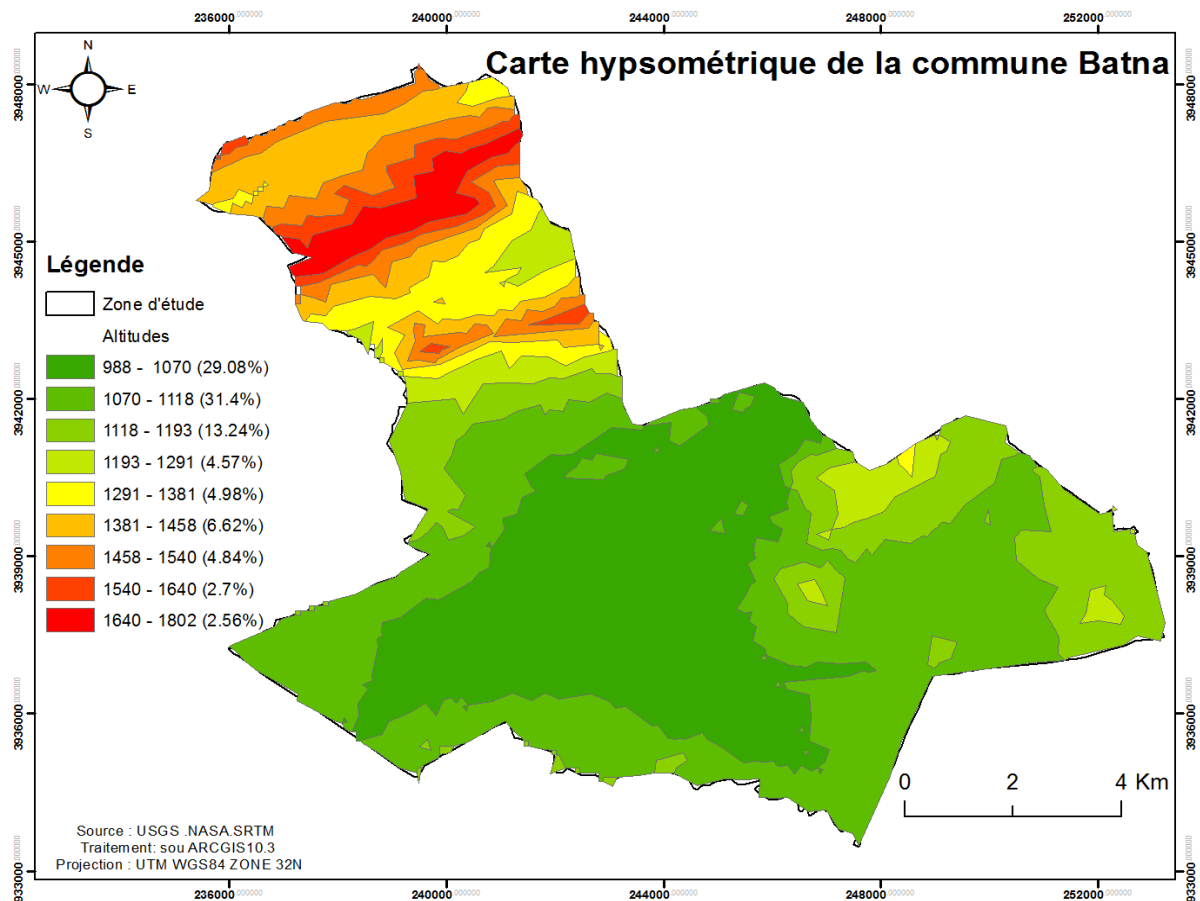


Figure 5. Carte hypsométrique de la commune de Batna

Tableau 3. Répartition des altitudes dans la commune de Batna

Classe des altitudes	Superficie (m2)	Superficie (%)
988-1070	34022826.54	29.08%
1070-1118	36747011.88	31.40%
1118-1193	15494885.8	13.24%
1193-1291	5344539.713	4.57%
1291-1381	5823195.32	4.98%
1381-1458	7746704.557	6.62%
1458-1540	5668784.161	4.84%
1540-1640	3164865.11	2.70%
1640-1802	2997920.314	2.56%

La carte ci-dessus illustre parfaitement que notre zone d'étude est bien encadrée entre 950 et 1100m d'altitude formant un couloir légèrement plain ce qui indique nettement l'influence des reliefs sur la détermination de la trajectoire d'extension de la ville de Batna, en effet la ville se trouve à chaque fois confrontée par des obstacles naturels le cas de Dj Ich Ali et koudiet Bouzorane, ce qui détourne l'extension vers les terrains agricoles les plus plains et plus fertiles. Ces extensions se sont faites parfois et malheureusement sur des terrains inondables traversés par des oueds.

4-2 Les pentes

Maintenant, et grâce aux nouvelles techniques utilisées notamment la télédétection auprès des satellites, permettent d'élaborer des modèles numériques des terrains avec des résolutions suffisantes pour rendre les limites des pentes se rapprochent de celles des formes du relief rendant la carte des pentes plus morphologique, plus représentative et plus précise.

En effet, la pente dans le domaine urbain joue un rôle déterminant, l'occupation anthropique de l'espace est importante dès que les sols sont caractérisés par des pentes faibles par contre cette extension se trouve gênée et limitée lorsqu'elle dépasse les limites.

D'après la carte des pentes réalisée, la plupart des terrains se caractérisent par des pentes ne dépassent pas 10%, sauf les zones montagneuses au Sud et au Nord où la pente est élevée (+25%), l'élaboration d'une carte des pentes par les méthodes numériques plus précis et plus

rapide, permet d'extraire les potentialités du milieu vis-à-vis l'extension spatiale de la ville de Batna.

Tableau 5. Répartition des pentes dans la commune de Batna

Classes des pentes		Superficie (ha)	Superficie (%)
1	< 10%	6035.56	46.49
2	10 – 25	4184.5	32.22
3	25 – 42	1742.48	13.41
4	42 – 65	847.72	6.52
5	> 65%	175.23	1.35

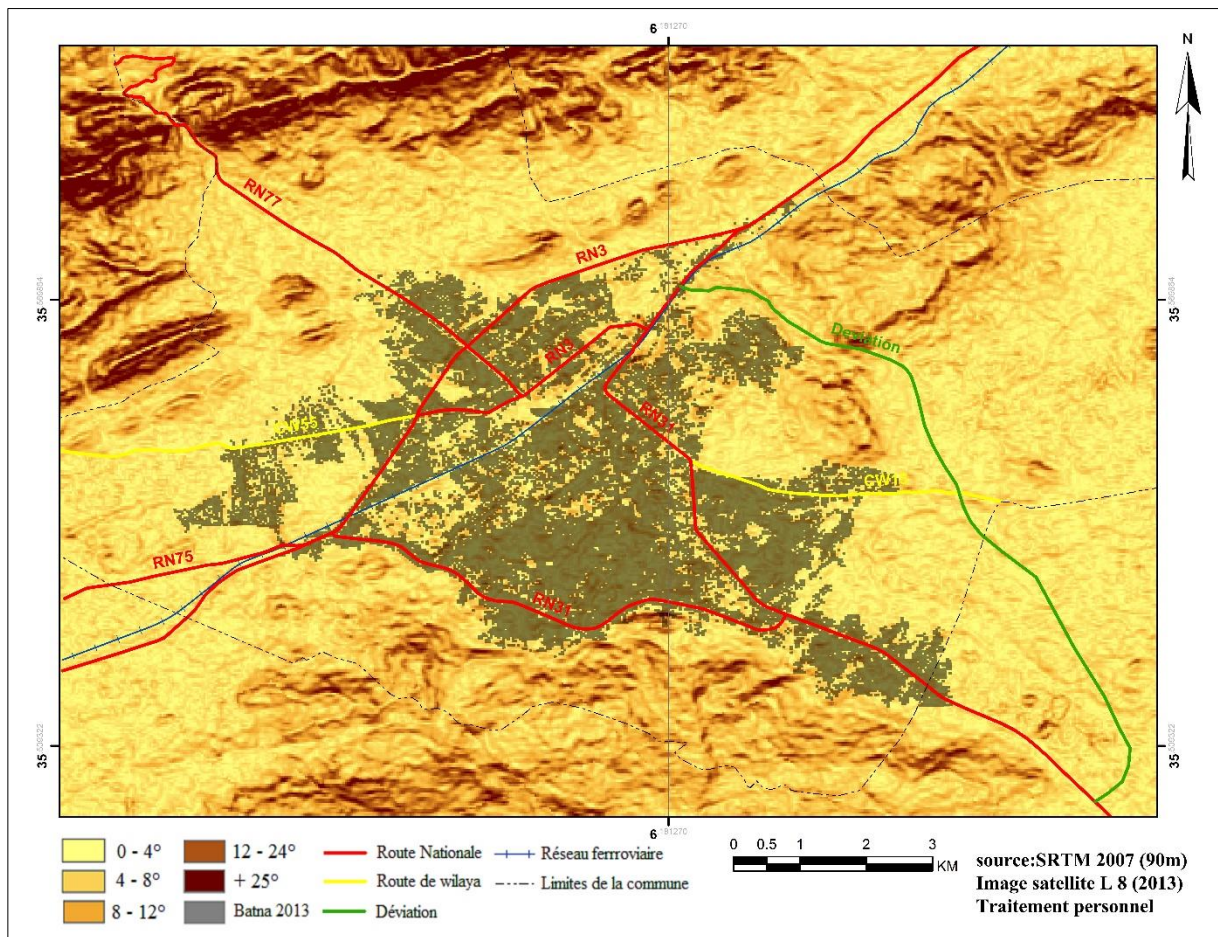


Figure 6. Carte des pentes de la commune de Batna

5- L'occupation des sols

La ville de Batna, et suite aux mutations extrêmes qui accompagnent les différentes politiques urbaines et foncières menées, n'échappe pas de la règle de changement de vocation des terrains. Les espaces agricoles rares qui entourent la ville subissent et continuent à subir quotidiennement des pressions urbaines pour modifier leurs vocations initiales. De ce fait, une cartographie et un inventaire détaillé et actualisé de l'état de fait nous paraissent essentiels pour guider les futures orientations d'aménagement et de préserver ces espaces stratégiques.

Dans cette étude, et par l'absence des données de référence satisfaisantes sur l'occupation des sols dans la commune de Batna on a orienté nos besoins d'information vers les nouvelles techniques de suivi des territoires. Il s'agit de la télédétection et les techniques de reconnaissance et de classification des terrains pour la quantification de l'occupation des sols.

D'ailleurs, le présent travail repose sur une image satellitaire de 3 bandes spectrales 5, 4, et 3 (soit respectivement la bande rouge, verte et bleue) du capteur Landsat 8 LDCM. Puis des fonctionnalités de l'ArcGIS ont été utilisées. Après l'extraction des zones de test (parcelles d'entraînement), une classification supervisée 'maximum de vraisemblance' de la composition colorée (5-4-3) nous a permis d'identifier six (6) classes d'occupation des sols. Il s'agit d'une classe des forêts, une classe du bâti (y compris composition urbaine, l'asphalte et quelques affleurements rocheux), une classe des terrains agricoles, une classe des terrains nus/agricoles, une classe des terrains nus et une classe des arboricultures. En règle générale :

(1) la classe des forêts denses couvre une superficie totale estimée à 600.58 hectares ce qui correspond à un pourcentage total de 4.62 %.

(2) les forêts claires occupent une superficie de 2540.30 hectares ce qui représente 19.56 %.

(3) le bâti domine la commune avec 4 530.51 hectares de superficie, soit 34.90 % du total.

(4) la classe des terrains agricoles s'accapare sur une superficie égale à 3599.96 hectares soit un pourcentage de 27.71 % par rapport à la superficie totale de la commune.

(4) les terrains nus/ agricoles s'étalent sur une superficie de 927.23 hectares ce qui représente 7.13 %.

(5) les terrains nus s'accaparent sur une superficie totale de 1 561.45 hectares soit environ 12.02 % de la superficie totale de la commune de Batna.

(6) la classe des arboricultures s'étend sur une superficie totale de 790.18 hectares, soit un pourcentage de 6.08 % de la totalité.

Comme nous le montre le tableau et la figure ci-dessous, et avec des pourcentages de 32% et 30%, on peut ressortir facilement la concurrence et la liaison étroite qui sépare le bâti et les terrains agricoles, respectivement. Ce constat, en effet, traduit l'essor socio-économiques et le caractère urbain caractérisé par des étalements et des conurbations de la ville de Batna. En résumé, cette situation accompagnée d'une incapacité effrayante des autorités locales afin de concrétiser les orientations débouchées des instruments approuvés, rend ces espaces rares et fragiles difficiles à préserver devant un phénomène d'urbanisation accélérée et anarchique.

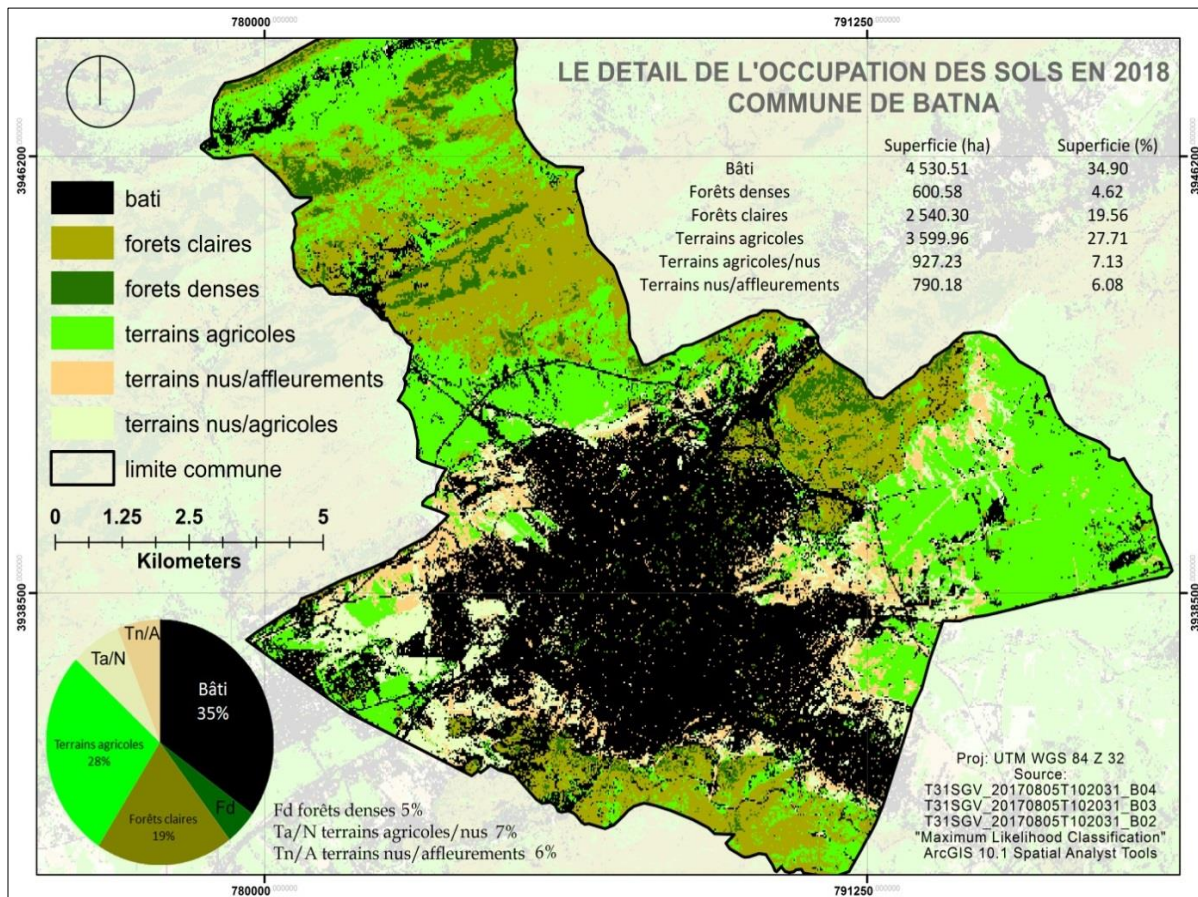


Figure 7. L'occupation des sols en 2018 de la commune de Batna

Tableau 68. Récapitulation de l'occupation des sols en 2018 de la commune de Batna

Classe	Superficie (ha)	Superficie (%)
Bâti	4530.51	34.90
Forêts denses	600.58	4.62
Forêts claires	2540.30	19.56
Terrains agricoles	3599.96	27.71
Terrains agricoles/nus	927.23	7.13
Terrains nus/affleurement rocheux	790.18	6.08

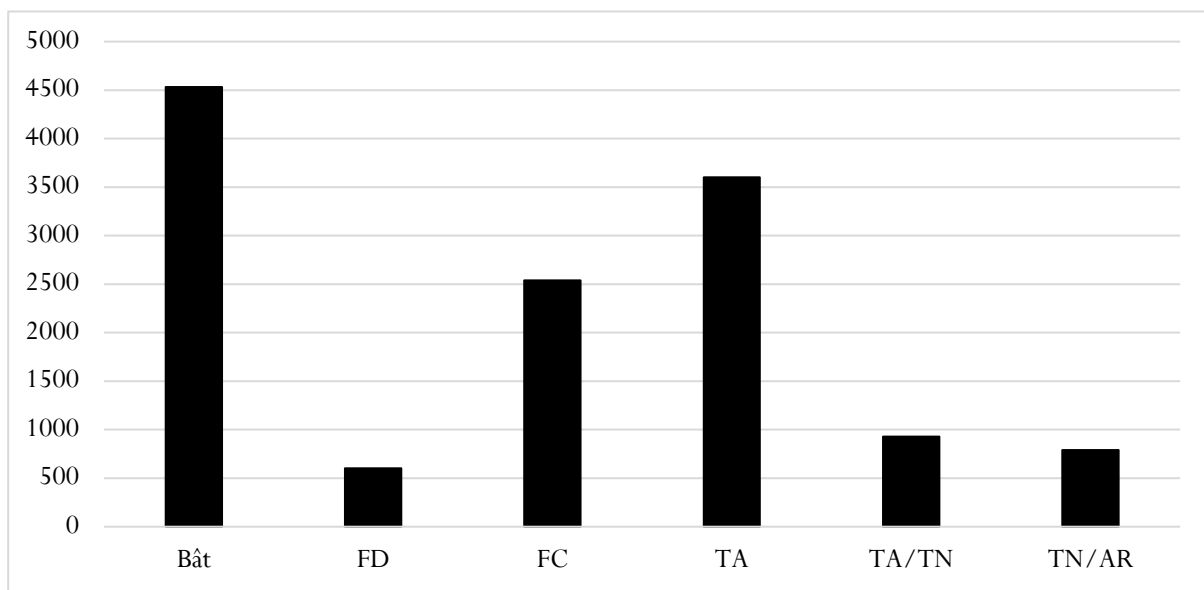


Figure 9. Récapitulation de l'occupation des sols en 2018 de la commune de Batna

6- Les caractéristiques socio-économiques

6-1 Le cadre bâti

6-1-1 Quartiers de la ville Batna

Les quartiers de la commune de Batna est notre objet de recherche et se sont les quartiers informels les plus grands à Batna en surface et en population. La rapidité du rythme de la croissance urbaine, qui va se traduire notamment par l'extension fulgurante de la ville de leur enveloppe urbaine. La croissance urbaine à Batna est caractérisée par sa rapidité le lendemain de l'indépendance.

Cette croissance est la suite logique de l'arrivée de vagues successives de ruraux, d'une part et du taux de natalité élevé, d'autre part, ce qui a multiplié la population de la ville. L'accélération de la croissance urbaine est également traduite par les politiques urbaines et juridiques mises en place par les pouvoirs publics. La structures de la ville de Batna ou d'une agglomération, défini dans une carte (figure 14) sur la nature du parc logement et le mode d'extension urbaine.

Le secteur résidentiel de la ville de Batna se compose de 12 secteurs entourés des terres agricoles et ouvrages d'art une infrastructure intégrés dans un réseau routier nationale et de la wilaya. Les secteurs contiennent des voiries, avec un nombre important de logements et équipements.

Tableau 7. Recensements de l'année 1987 des quartiers de Batna

Quartiers	Logements	Populations
Lotissement Kemouni	240	1427
Parc à Fourrage	209	13860
Bouakal 1	3079	22612
Bouakal 2	3118	24351
Bouakal 3	445	2243
Centre-ville	5803	36353
Z'Mala	1112	10420
Kéchida	1838	14523

Source : RGPH 2008

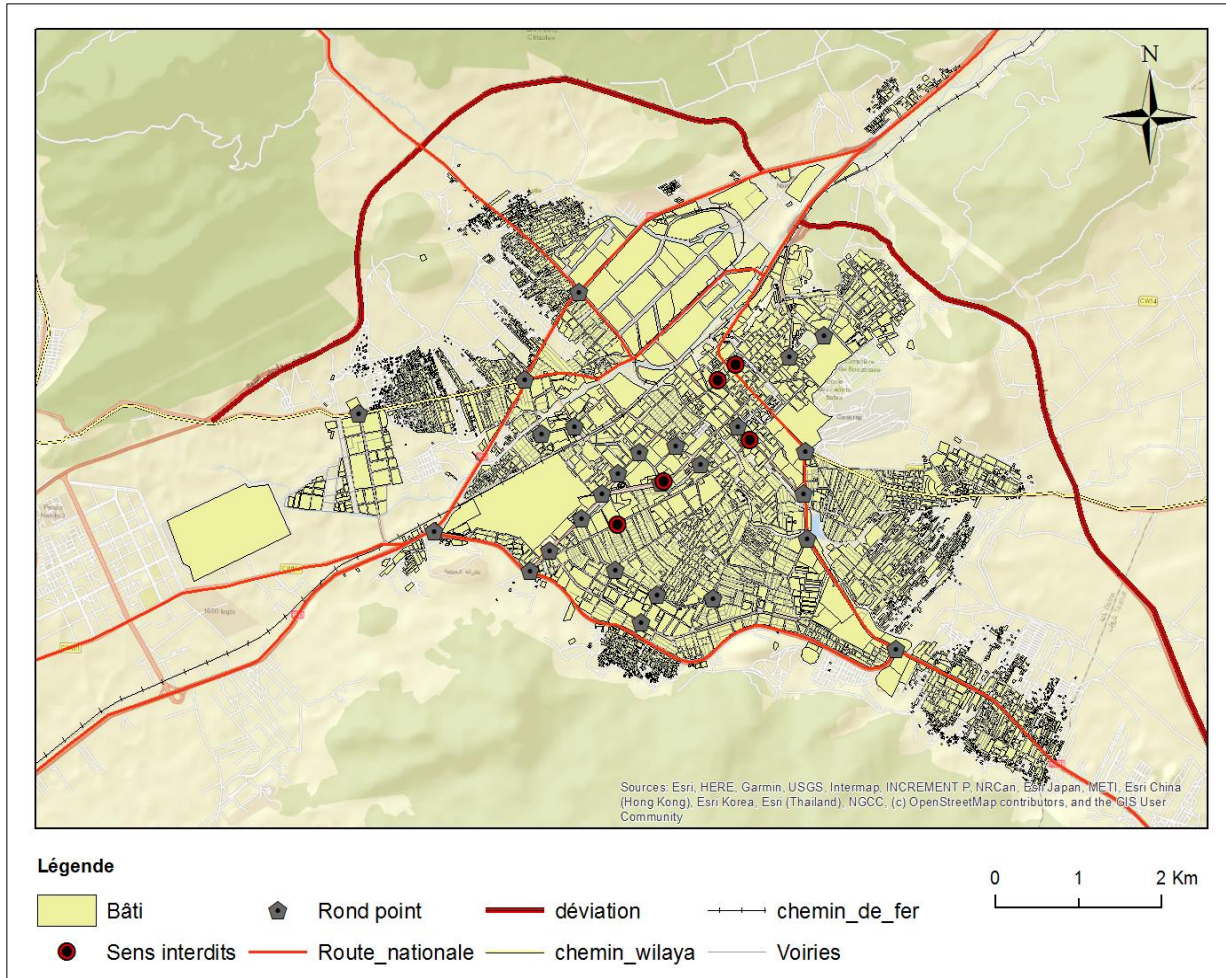


Figure 10. Secteur urbain de la commune de Batna

Le centre-ville de Batna, situé au nord de la ville. Il est considéré comme un point central historique. À l'origine Kechida prononciation du titre dans sa version originale a été bâti sur une parcelle de terrain de 20 hectares qui faisait partie du lieu-dit Bordj zidane.

Bouakel est un quartier populaire qui se situe à plus de quatre kilomètres du centre-ville et c'est le quartier le plus grand à Batna en surface et en population.

6-1-2 Type de construction des logements

Le parc total de logements de la ville de Batna est de 46437, ce qui indique la suffisance de la population dans la région. Les logements sont divisés en trois types fournis, dont la plupart sont individuels, ce qui indique la dynamique de la zone entourant la commune, qui s'élevait à 32 101 logements. Le parc social proposé en 2008 s'élevait à 11896 logements. Quant aux maisons traditionnelles construites d'office, elles s'élevaient à 2154 logements, répartis selon la dynamique démographique de la ville.

Tableau 8. Type de construction des logements

Commune	Type de construction						Totale
	Immeuble	Maison traditionnelle	Maison individuelle	Autre ordinaire	Const. Précaire	ND	
Batna	11102	2154	32101	250	68	761	46437

Source : RGPH 2008

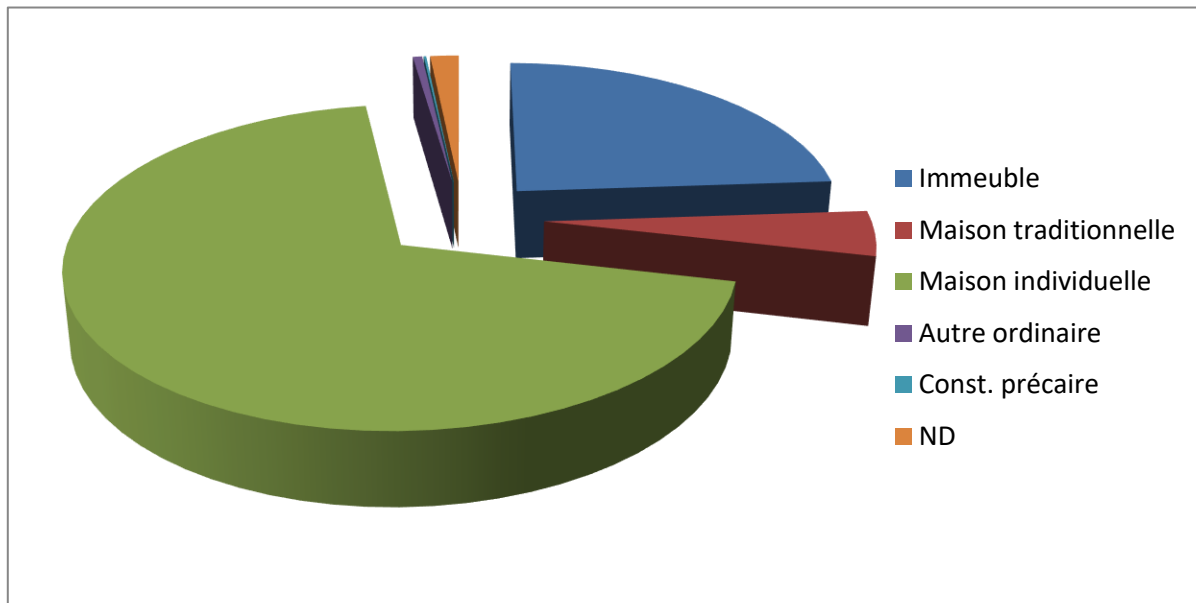


Figure 11. La répartition des logements de la ville Batna selon le type de construction

6-2 Le cadre humain

6-2-1 L'évolution de la population

La croissance démographique a touché la ville de Batna comme les autres villes, ce phénomène peut être expliqué par un exode rural persistant, et par une politique d'état qui centralise tous les pouvoirs politiques, administratifs et économiques dans cette ville.

La proximité physique entre la ville centre et les communes voisines (le champ de l'aire périurbaine étudiée), met en commun un espace sociétal créé à travers les différents types des échanges (économique, culturel, social, etc.), et dernièrement par la réalisation des grandes équipements structurants programmées et notamment universitaires, ainsi qu'à travers les logements sociaux (la nouvelle ville).

Tableau 9. l'évolution de la population de la ville Batna entre 1966-2008

Années	1966	1977	1987	1998	2008	Le taux d'accroissement			
						1966-1977	1977-1987	1987-1998	1998-2008
Population	55751	102756	183377	243417	298877	6.44	5.15	2.67	1.88

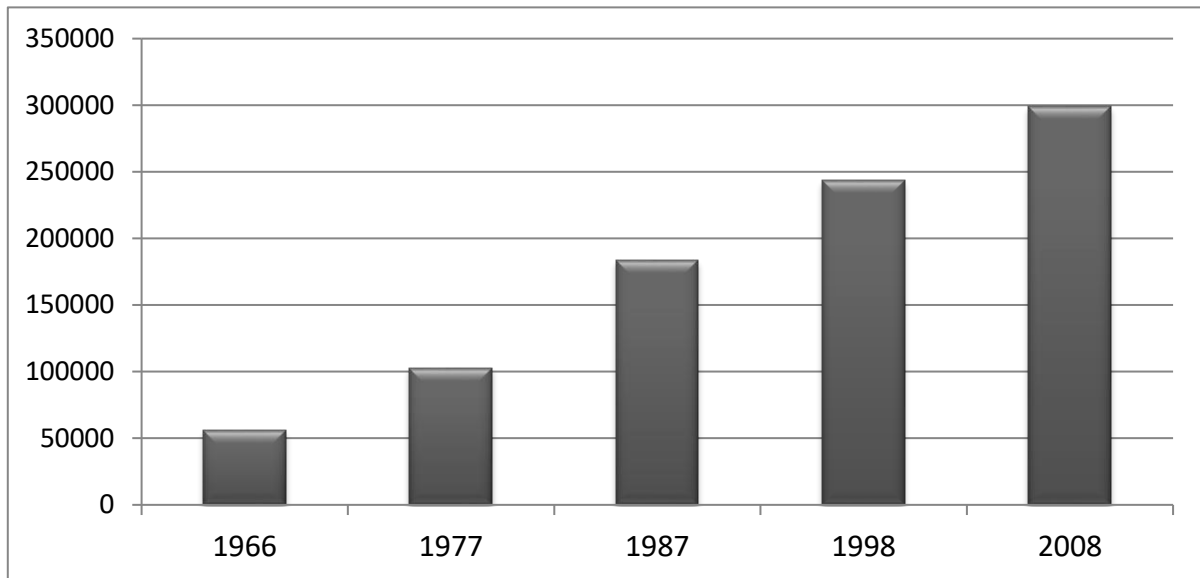


Figure 8. L'évolution de la population dans la ville de Batna entre 1966-2008

Entre 1998 et 2008, la population de la ville à les arrondissements continue à enregistrer une croissance démographique importante jusqu'à 340741 personnes et un taux d'accroissement de 2.12 %. Cette croissance considérée importante, qui explique l'intensité de la dynamique périurbaine et la nécessité d'avoir un logement pour les habitants.

6-2-2 Densité de la population

La densité de la population est un facteur qui exprime la répartition spatiale de la population sur la totalité du territoire.

Le test de l'état de la population de la ville centre et son champ s'appuie sur son mouvement naturel et migratoire ainsi que les différentes interactions qui se manifestent entre ses composantes.

Tableau 10. La densité de la population de la ville Batna en 2008

Densité	Surface(ha)	Surface%	Pop2008	Pop Fem	Pop Masc
0-157	2616.17	81.14	132 546	52 989	79 557
157-330	356.63	11.06	79 251	39 422	39 829
330-620	245.33	7.8	95 596	48 767	46 829
Total	3218.13	100	307 393	141 178	1 662 015

Selon les statistiques de 2008, la densité de la population a augmenté par rapport aux années précédentes, là où la population de la seule ville de Batna est d'environ 307 393 dans une zone de 3218.13 ha.

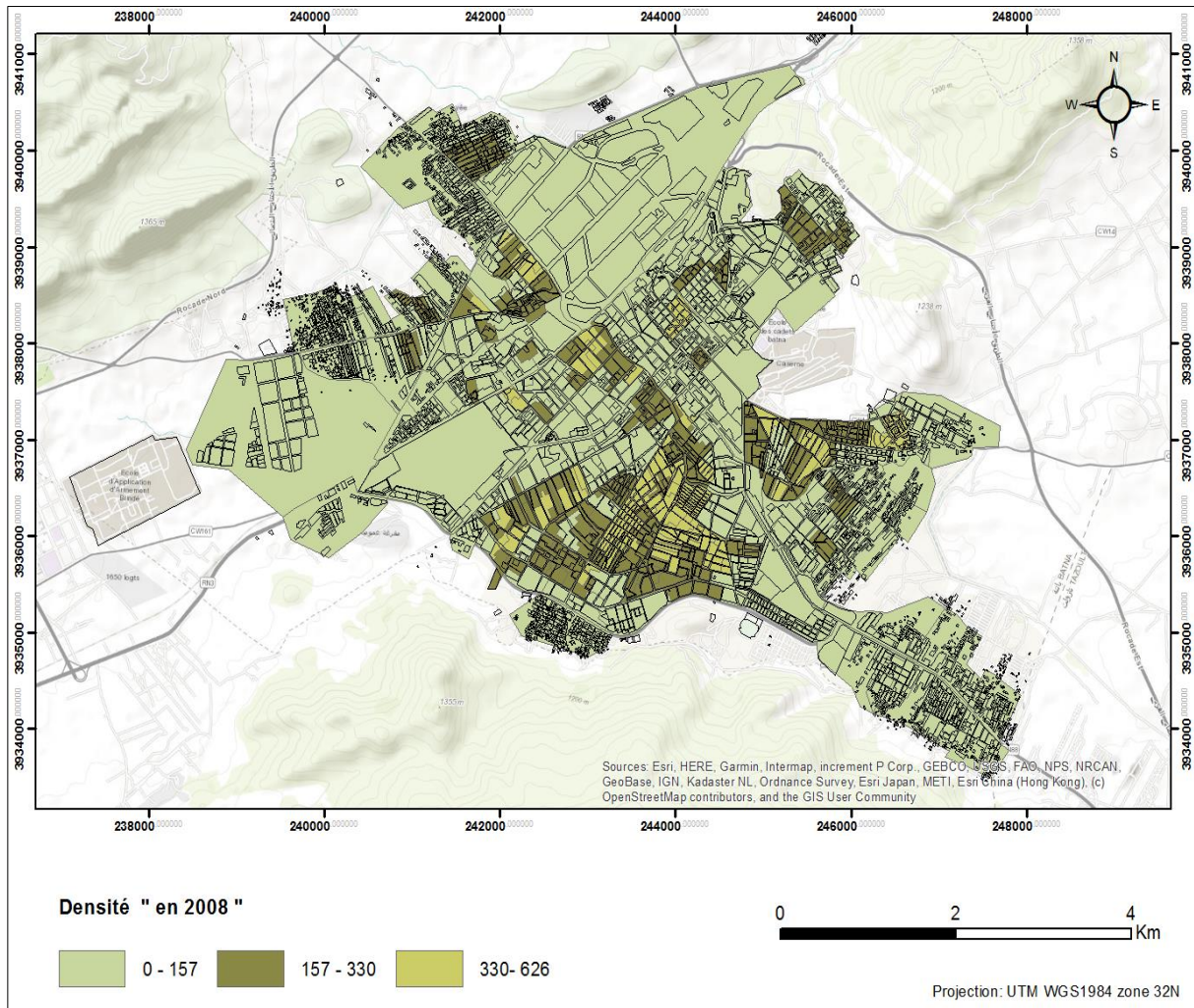


Figure 12. La densité de la population de la commune de Batna en 2008

7- Infrastructure et réseaux de communication

La commune de Batna occupe une position de jointure traversée par une grande transversale qui relie la ville avec d'autres régions. Il est composé de 40.75 Km de routes nationales pour une densité de 0.38 Km/100 Km², et 13.11 Km de chemins de Wilaya pour une densité de 0.21 Km/100 Km², dont le revêtement couvre 100% de ce réseau.

Le réseau routier est résumé dans le tableau ci-dessous

Tableau 11. Caractéristiques du réseau de routes dans la commune de Batna

Désignation	Longueur (Km)
Route nationale	40.75
Chemins de wilaya	13.11
Réseau ferroviaire	14.90

Tableau 12. Caractéristiques de la voirie urbaine dans la ville de Batna

Désignation	Longueur (Km)	Longueur (%)
Réseau primaire	54.23	11.87
Réseau secondaire	23.38	5.11
Réseau tertiaire	379.11	83.00
Total	456.74	100

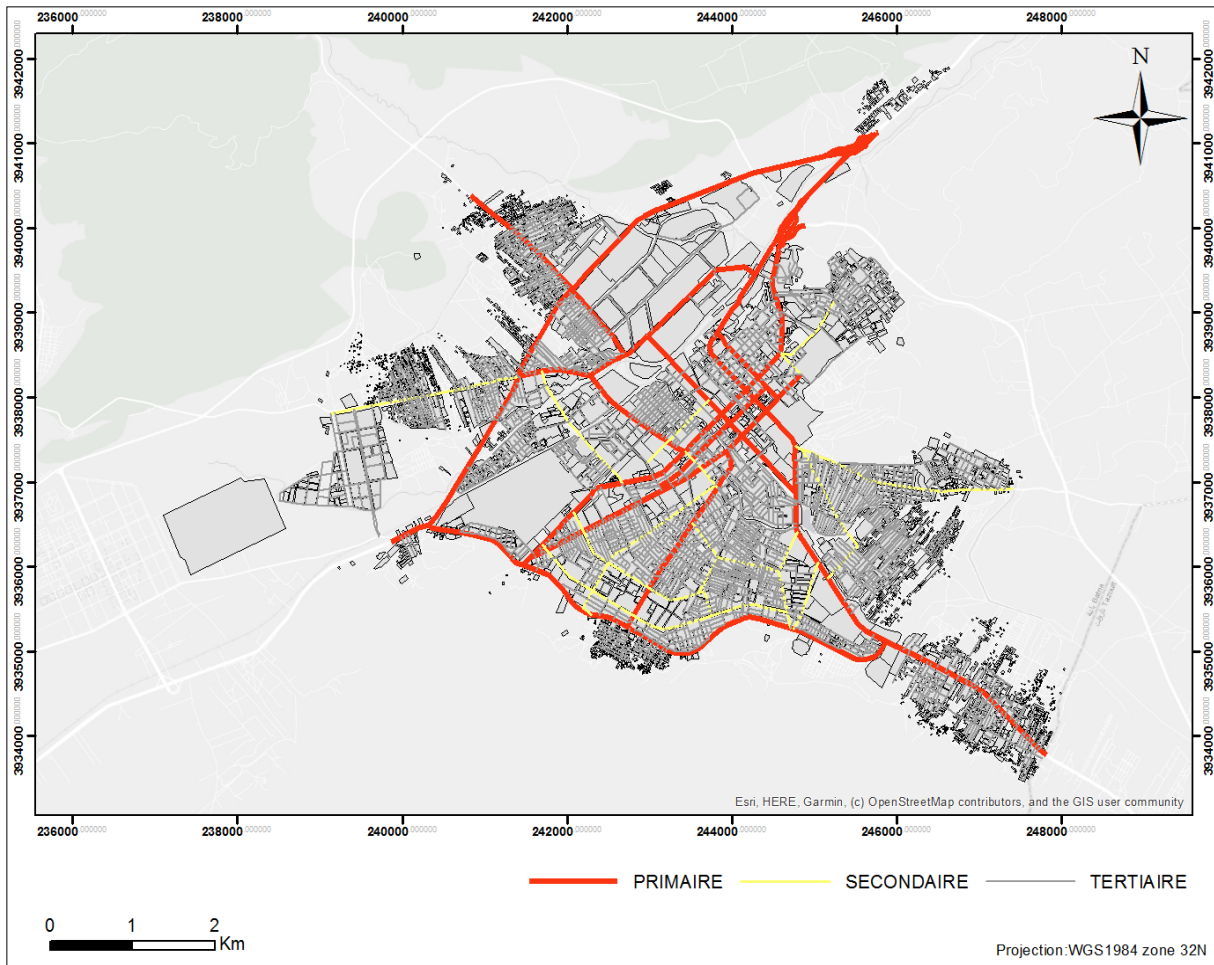


Figure 13. Classification des voiries de la ville de Batna

7- Les activités commerciales et industrielles

7-1 Les activités commerciales

Batna selon leur position est considérée comme un carrefour commercial pour toute la région des hauts plateaux et s'étend au Sud vers Biskra et El Oued, et vers le Nord avec Constantine et Sétif.

La répartition des entités économiques par grands secteurs d'activités montre clairement la prédominance du secteur commercial avec un total de 8895 entités soit près de 45% de l'ensemble. Plus de 85% de l'activité se concentre sur le commerce de détail. Le reste (14.58%) est partagé entre le commerce de gros et le commerce d'automobiles.

En seconde position vient le secteur des services avec 7447 entités représentant 38.08%. Le nombre d'entités industrielles recensées est de 3120 soit 16.41%. Environ 20% des entités

industrielles activent dans les industries agro- alimentaires (travail de grain, lait et produits laitiers, boissons etc.), également environ 20% dans la fabrication de produits métalliques, et le reste est partagé entre l'habillement, le travail de bois, la fabrication d'articles en bois et en liège, le textile et la réparation et l'installation de machines et d'équipement.

Tableau 13. Répartition des entités économiques par secteurs d'activité dans la commune de Batna en 2013

Années	Entités	Grands secteurs d'activités			Total
		Commerce	Industrie	Services	
2013	Nombre	8895	3120	7447	19552
	%	45.50	16.41	38.08	100

Source : Direction du commerce 2013

7-2 Les activités industrielles

Le secteur industriel occupe une place prépondérante dans l'économie de la ville de Batna, où ce secteur industriel s'est développé depuis les années soixante par la politique de l'état.

C'est dans les années 70 que les zones industrielles commencèrent à être implantées à travers le territoire national. C'est en 1972 que fût lancée la zone industrielle ZI1 (215 ha) de Batna dans le cadre du programme des Aurès (1967 -1968), dans la partie Nord-Ouest en périphérie de la ville avec une usine de textile, une briqueterie et une tannerie la zone industrielle1 est délimitée au nord-ouest par la route nationale N3, au sud-ouest par le chemin de wilaya N5 et au sud-ouest par voirie ferroviaire.

La zone ZI2 vit le jour en 1976 avec plusieurs unités de fabrications et de services. Elle s'étende sur une superficie de 96ha.

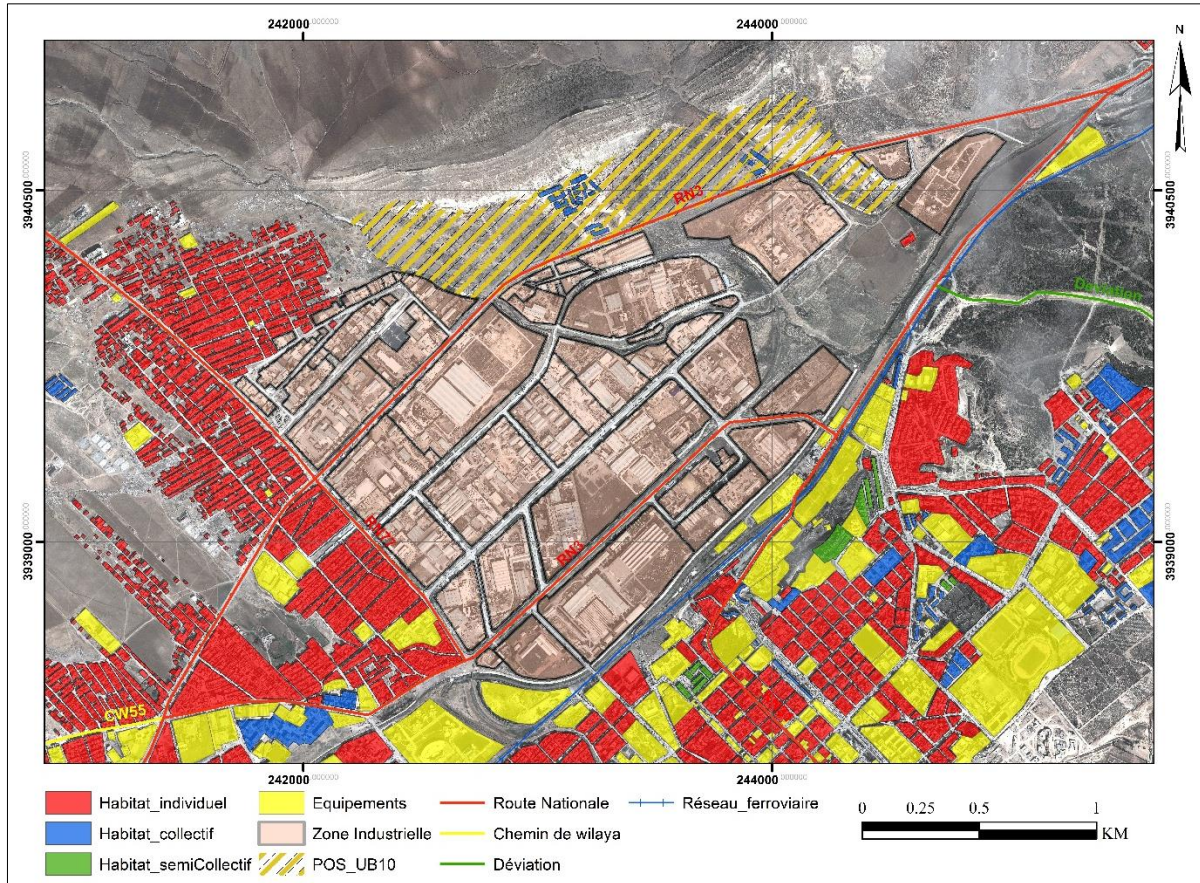


Figure 14. La zone industrielle de la ville de Batna

8- Conclusion

De ce chapitre il est clair que la ville de Batna comme d'autres villes moyennes algériennes est en développement rapide et continu. Le développement économique est accompagné par une évolution de la population et du parc de logement. Et par conséquent, une extension accélérée de la trame urbaine au détriment des terrains agricoles à la périphérie. Dans le présent contexte, l'extension spatiale de la ville est accompagnée par un développement de son système de réseaux de base (le réseau d'assainissement, d'AEP, de gaz, d'électricité moyenne tension, d'éclairage public, de télécommunication, etc.). Ce qui a un impact imminent sur le déclenchement des risques potentiels.

Le chapitre suivant sera consacré à l'analyse de la vulnérabilité de la ville de Batna aux différents risques liés au croisement des réseaux divers en utilisant les techniques de la géomatique.

Chapitre 3 :

**Analyse spatiale de la vulnérabilité aux
risques liés aux réseaux urbains**

1- Introduction

L'urbanisation rapide des villes a conduit au développement critique de leurs réseaux d'infrastructures. Elles deviendront un système complexe difficile à gérer et facilement exposés aux défaillances. La défaillance des réseaux urbains est souvent due à leurs interconnexions multiples de plus en plus complexes mettant en risque les habitants et leurs biens.

Dans ce chapitre, nous mettons en lumière les différents risques liés aux réseaux urbains en identifiant les types d'interconnexions par lesquelles les réseaux génèrent des défaillances. Il s'agit d'un ensemble de scénarios des risques potentiels traités en utilisant les systèmes d'information géographiques et des analyses spatiales.

2- Collecte et traitement des données Géo-spatiales

L'urbanisation est à l'origine de la diffusion des risques en ville. Aujourd'hui, les réseaux techniques urbains sont très sensibles et le fonctionnement de la ville dépend en grande partie du fonctionnement de ces réseaux. L'objectif principal de cette étude est de prévoir les différents risques liés aux réseaux urbains dans la ville de Batna. Des données diverses et de sources hétérogènes ont été collectées puis traitées en utilisant le logiciel ArcGIS 10. Après le choix du système de géoréférencement UTM WGS 1984 Zone 32N, la première étape s'agit de la digitalisation des différents tronçons. C'est l'étape la plus difficile et la plus délicate vu le nombre important des objets à créer. Plus particulièrement, à la fin de ce processus on a pu construire une base de données de plus de 39000 objets avec leurs attributs convenables.

Une fois les objets créés, la deuxième étape consiste à corriger le réseau pour supprimer les erreurs commises dans l'étape de digitalisation. Ceci consiste à générer une série des corrections topologiques en utilisant ArcCatalog.

Les différents réseaux (adduction en eau potable, assainissement, gaz, alimentation moyenne tension 10KV et la voirie urbaine) sont affichés dans les cartes suivantes :

2-1 Réseau d'adduction en eau potable AEP

L'eau étant une source essentielle de vie, l'homme a travaillé dur pour inventer et perfectionner les moyens d'amener l'eau et de l'améliorer pour le consommateur. Ces moyens ont été comblés dans les réseaux de distribution.

La distribution est la partie après le réservoir. Le transport s'effectue sous forme de canalisations comme indiqué sur la carte de la ville de Batna, de sorte que le diamètre doit être suffisant pour assurer le débit, c'est-à-dire la pression maximale au sol compatible avec la hauteur des bâtiments.

A l'aide de tubes de force et de canalisations enterrés, l'eau est distribuée constituée de :

- Conduites
- Appareils de robinetterie : vannes, clapets
- Appareils de mesure : compteurs, débitmètres
- Appareils de fontainerie : bouches d'incendie.

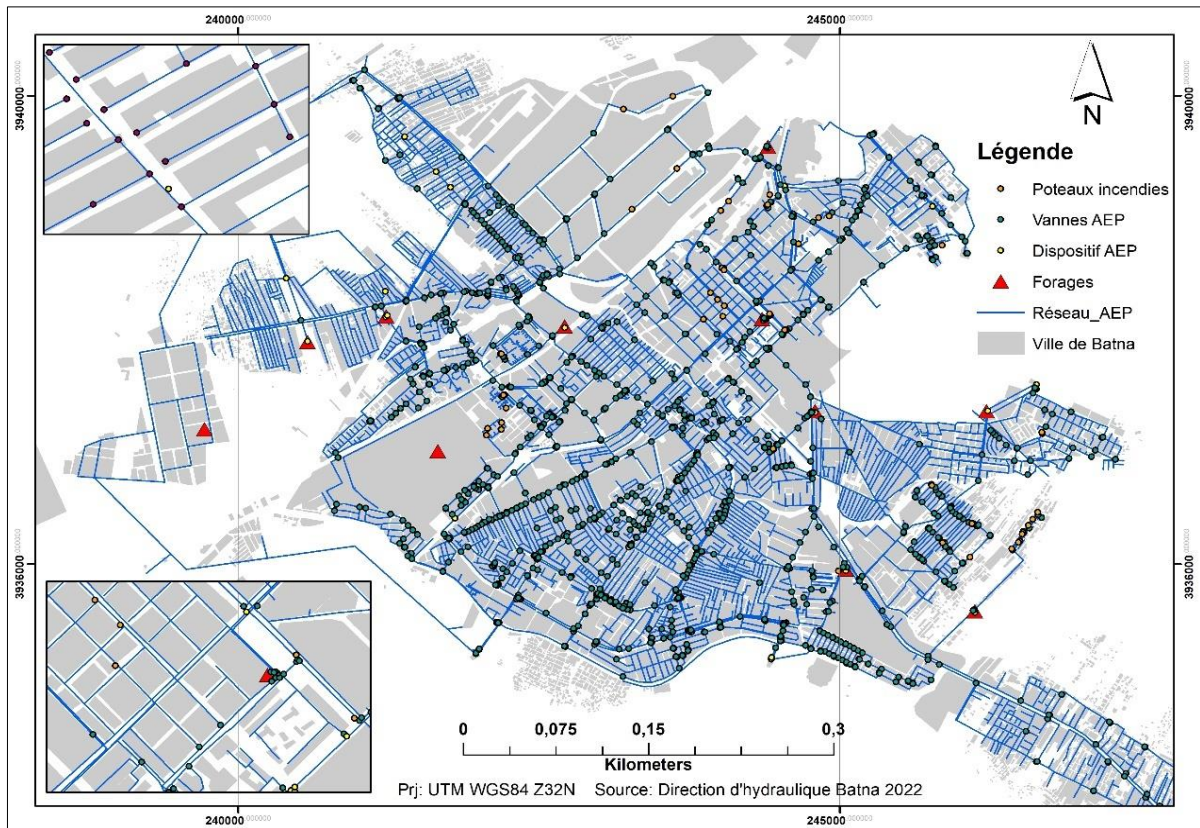


Figure 15. Le réseau d'eau potable AEP dans la ville de Batna

Tableau 14. Structure du réseau d'Alimentation en eau potable AEP dans la ville de Batna

Type de canalisation	AC
	ACIER
	FONTE
	PEHD
	PLOMB
	PVC
Diamètre	0-20
	20-75
	75-140
	140-250
	250-500
Longueur	0.000000 - 0.086593
	0.086593 - 0.211116
	0.211116 - 0.432824
	0.432824 - 1.095679
	1.095680 - 3.113446

Indépendamment des poteaux, vannes, fourrages, l'intercalaires, la qualité des canalisations dans le réseau de la ville de Batna se divise en cinq types, notamment : AC, ACIER, FONTE, PEHD, PLOMB, PVC. Chaque tube est caractérisé par une certaine longueur, la somme des longueurs est limitée selon la classification, allant de la plus petite valeur d'échantillonnage de 0,086km à la plus grande valeur de 3,11km. Et le diamètre varie de 20 cm jusqu'à 500 cm.

2-2 Réseau d'assainissement

Les réseaux d'assainissement dans la ville de Batna réalisés en normes. Les affluents des différents secteurs de la ville sont canalisés dans de petits et moyens diamètres avant de rejoindre des canalisations structurantes (collecteurs) parcourant l'intégralité de la ville. Il est constitué par :

- Des collecteurs circulaires de diamètres différents ou des collecteurs ovoïdes. Par degré, les collecteurs sont classés en collecteurs principaux et secondaires.
- Les ouvrages annexes du réseau (regards, rejets, déversoirs d'orage, etc.).

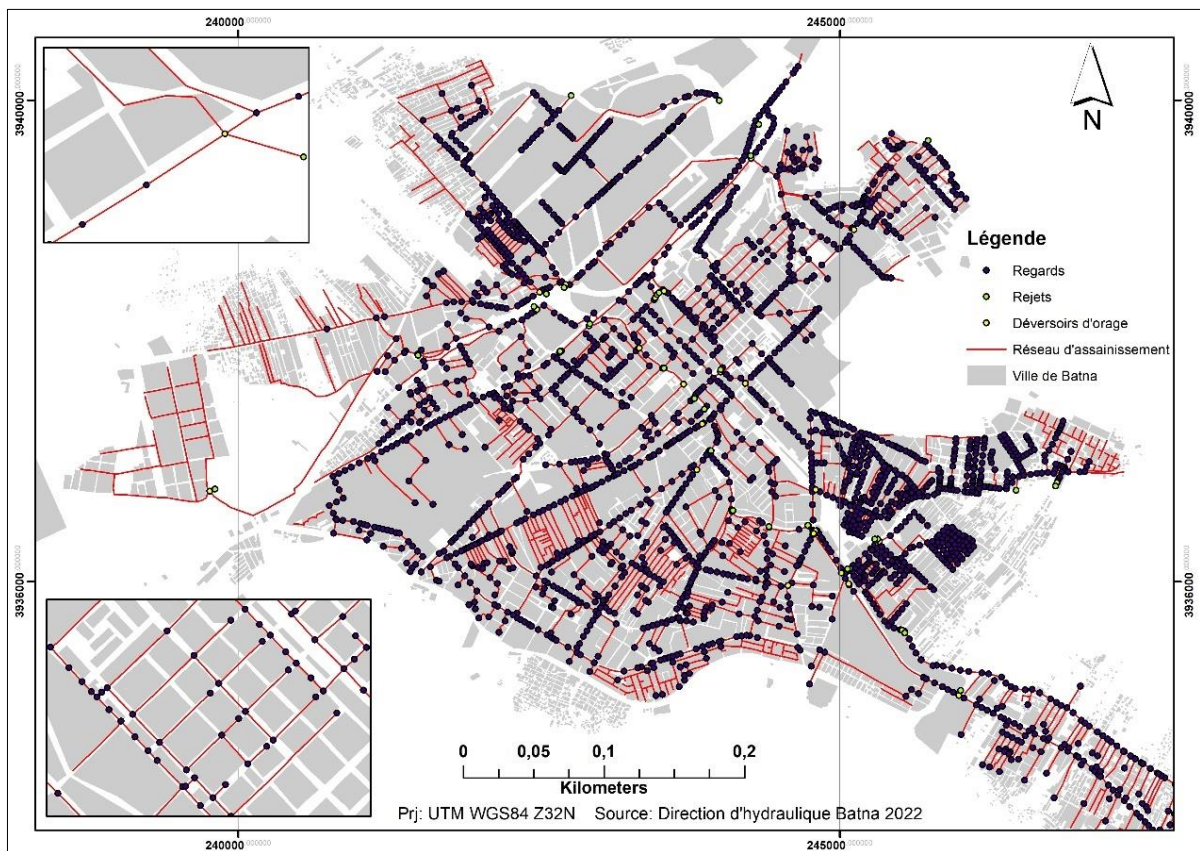


Figure 16. Réseau d'assainissement de ville de Batna

Tableau 1. Structure de réseau d'assainissement de la ville de Batna

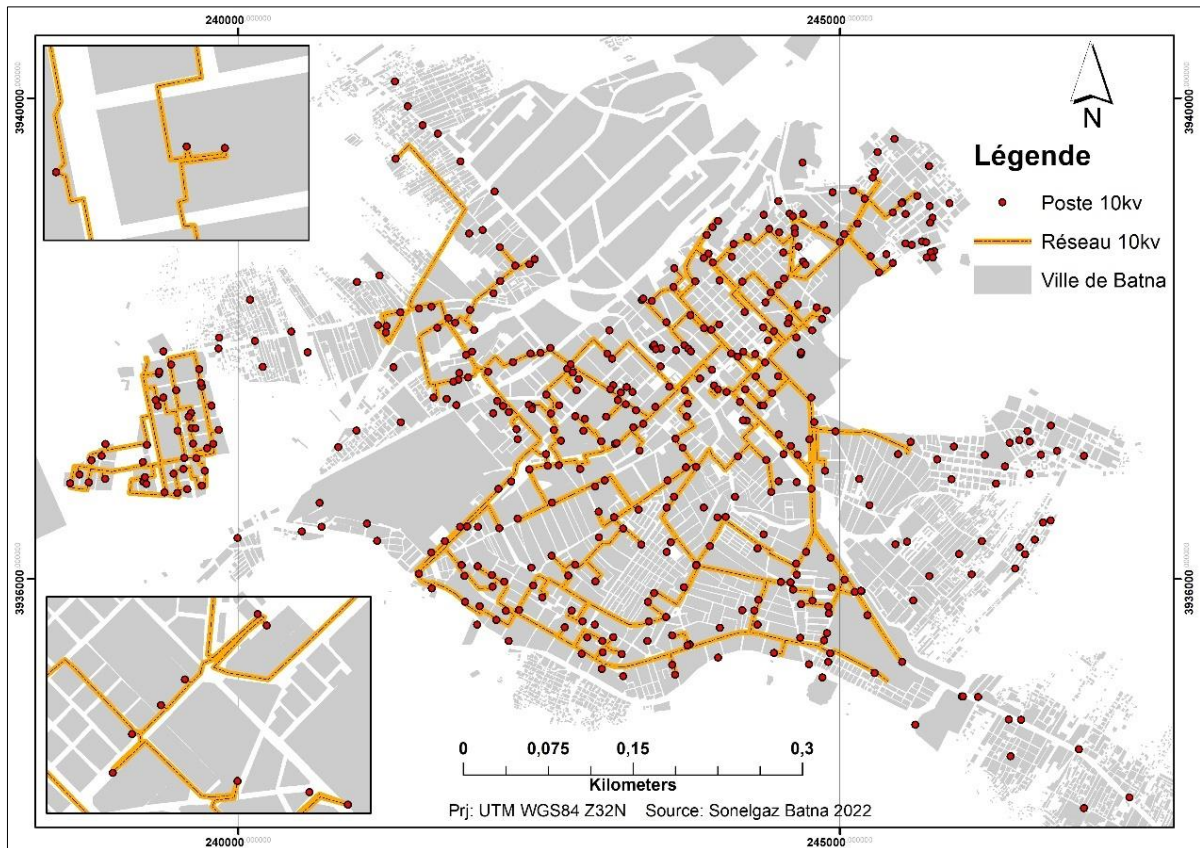
Formes	Circulaire
	Dallot
	Ovoïde
Matières	Béton
	Béton armé
	Béton compressé
Natures	Unitaire
Types	Principale
	Secondaire
Longueurs	0.002815 – 0.037696
	0.037697 – 0.067211
	0.067212 – 0.125449
	0.125450 – 0.269754
	0.269755 – 0.933598

Le réseau d'assainissement de la ville de Batna se compose de trois formes circulaire, dallot et ovoïde, construit en béton, béton armé ou béton compressé. C'est un réseau unitaire avec deux types de collecteurs : principale et secondaire.

2-3 Réseau d'électricité moyenne tension (10Kv)

Le réseau électrique est géré par la société Sonelgaz. Le réseau d'électricité qui alimente les postes électriques de la ville de Batna est classé dans la catégorie moyenne tension. Avec une longueur totale de 104.71km et 438 postes électriques le réseau passe par des câbles souterrains d'une tension de 10kv. Chaque câble est marqué d'une longueur spécifique pour effectuer le processus de connexion.

Les postes électriques sont classés soit en postes de distribution (304 postes) soit en postes abonnés (132 postes) ou encore en postes de répartition (2 postes).



2-4 Réseau de gaz

Le réseau de gaz de ville de Batna est de longueur totale de 636km en PEHD (332km), cuivre (204km) et acier (100km). Le réseau alimente la ville par une canalisation de diamètre allant de 22 mm à 300mm avec une pression de 4 bars.

Le réseau comporte 1233 vannes et 108 postes de détente.

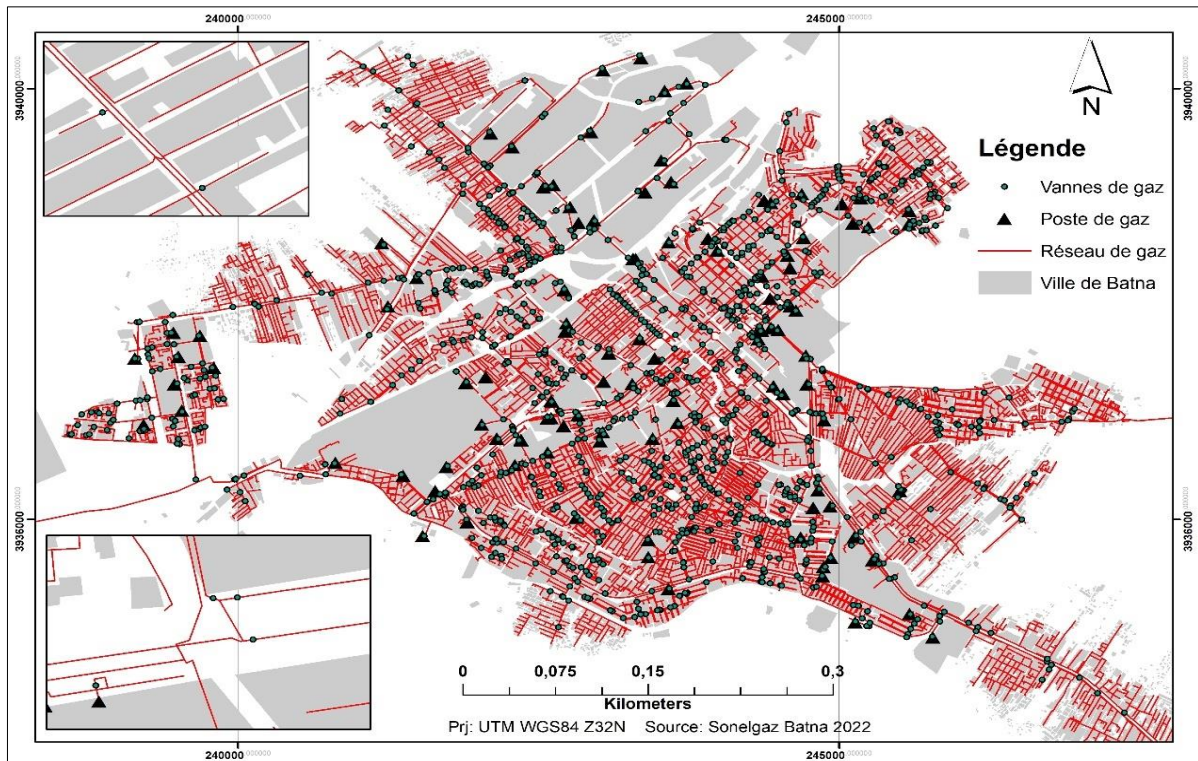


Figure 18. Réseau de gaz de la ville de Batna

Tableau 2. Caractéristique du réseau de gaz dans la ville de Batna

Types	ACIER
	CUIVRE
	PEHD
Longueur	0.000368 – 0.115774
	0.115775 – 0.305364
	0.305365 – 0.732304
	0.732305 – 1.718169
	1.718170 – 3.959519
Diamètre	22.000000 – 25.000000
	25.000001 – 50.000000
	50.000001 – 90.000000
	90.000001 – 150.000000
	150.000001 – 300.000000
Pression	4 Bars

2-5 Réseau d'éclairage public

L'éclairage public fait partie intégrante de toute voie publique comme les voies piétonnes, les rues et les routes. Il facilite la circulation nocturne et apporte plus de commodité. Les utilisations de ces différents éclairages publics :

- Lampadaires d'éclairage public (Espaces publics (parcs, parkings, places publiques), voies de circulation publiques (routes, rues, avenues)).
- Bornes lumineuses (Bordures de jardins, allées piétonnes, parcours sillonnant les espaces publics, Allée au sein d'un complexe résidentiel).
- Colonnes lumineuses (Voies routières et/ou espaces publics).

Statistiquement, la ville de Batna s'alimente par un réseau de basse tension (une tension de 380_220 volts) de plus de 406km avec deux catégories ; réseau aérien (330km) et souterrain (76km). Le total des crosses d'éclairage est de 9552 crosses

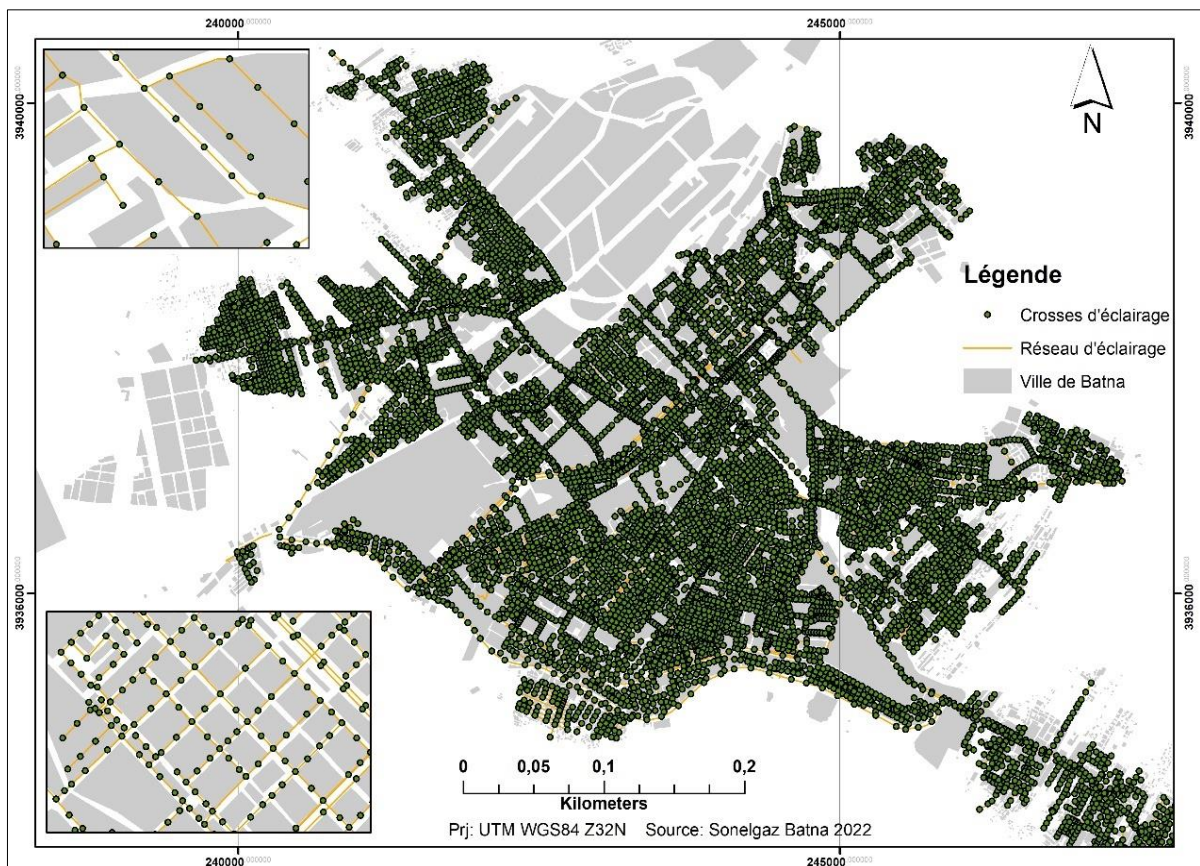


Figure 19. Réseau d'éclairage public dans la ville de Batna

Tableau 3. Caractéristique des câbles d'électricité de l'éclairage public dans la ville de Batna

Type	Réseau basse tension
Catégorie	Réseau aérien
	Réseau souterrain
Voltage	380_220 Volts
Câbles	4.*6mm2 = 80ml
	4*6mm2 = 200ml
	4*6mm2 = 280ml
	4*10mm2 = 30ml
	4*10mm2 = 50ml
	4*10mm2 = 280ml
	4*16mm2
	4*16mm2 = 150ml
	4*35mm2
	4*50 mm2
	4*70mm2
	Longueurs
0.142435 – 0.332144	
0.332145 – 0.759261	
0.759262 – 1.979534	
1.979535 – 5.023159	

3- Interpolation et prédiction des risques potentiels

3-1 Scénario d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz avec le réseau viaire)

3-1-1 Processus

Dans cette étude notre approche suppose que chaque croisement entre deux réseaux peut être considéré un risque potentiel. Le processus consiste à extraire des points d'interconnexion entre le réseau de gaz et le réseau viaire. Pour faire on a utilisé la fonctionnalité *Intersect* (analysis tools) d'ArcGIS 10.3.

La deuxième étape consiste d'extraire les valeurs de la densité de population. Pour faire, on a utilisé la fonctionnalité *Extract values to points* (spatial analysis tools). Une fois cette étape est achevée on a inséré les poids des facteurs et les coefficients pour chaque classe en utilisant la figure et le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz avec le réseau viaire)

Facteurs	Poids	Classes	Coefficient
Densité de population	2	0.64-98.74	1
		89.74-173.43	2
		173.43-267.04	3
		267.04-378.14	4
		378.14-626.56	5
Diamètre de la conduite	4	22-32	1
		32-50	2
		50-90	3
		90-150	4
		150-300	5
Longueur du réseau de Gaz	4	0.0019-0.20	1
		0.20-0.49	2
		0.49-0.95	3
		0.95-2.06	4
		2.06-3.95	5
Matière de la conduite	4	PEHD	1
		Cuivre	2
		Acier	3
Type de la route	3	Tertiaire	1
		Secondaire	2
		Primaire	3

FID	Nom	Type	Diamétr	Longueur	Nom_1	Type_1	Longueur	Diame	Poids_A	Pod	AEP	AEP
S214	AEP	PEHD	160	0.156688	Assanis	Principal	0.08265	600	4	4	1	
S215	AEP	PEHD	160	0.156688	Assanis	Principal	0.07528	600	4	4	1	
S216	AEP	PEHD	400	0.136634	Assanis	Principal	0.04162	1500	4	4	1	
S217	AEP	PEHD	400	0.043434	Assanis	Principal	0.04162	1500	4	4	1	
S218	AEP	PEHD	0	0.007673	Assanis	Principal	0.04162	1500	4	4	1	
S219	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Secondar	0.02178	400	4	4	1	
S220	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Principal	0.07678	T200	4	4	1	
S221	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Principal	0.07009	T200	4	4	1	
S222	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Secondar	0.02945	500	4	4	1	
S223	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Principal	0.06288	T200	4	4	1	
S224	AEP	PEHD	400	0.226918	Assanis	Principal	0.01533	T200	4	4	1	
S225	AEP	PEHD	90	0.033755	Assanis	Secondar	0.04228	400	4	4	1	
S226	AEP	PEHD	90	0.031276	Assanis	Secondar	0.04228	400	4	4	1	
S227	AEP	PEHD	90	0.046899	Assanis	Secondar	0.04228	400	4	4	1	
S228	AEP	PEHD	110	0.016504	Assanis	Secondar	0.0349	300	4	4	1	
S229	AEP	PEHD	110	0.015	Assanis	Secondar	0.0349	300	4	4	1	
S230	AEP	PVC	50	0.018	Assanis	Secondar	0.0349	300	4	4	1	
S231	AEP	PEHD	50	0.059001	Assanis	Secondar	0.02378	300	4	4	1	

Figure 20. Capture d'écran de la base de données utilisée dans les calculs

La dernière étape consiste à calculer le risque potentiel. A cet égard la méthode DRASTIC est adoptée.

La méthode DRASTIC est donnée par la formule suivante :

$$DVI = \sum_{j=2}^5 R_j \cdot W_j$$

R_j, W_j représentent successivement les poids et les coefficients pour chaque facteur.

A l'aide de la fonctionnalité *Field Calculator* d'ArcGIS, Le calcul du risque d'explosion du gaz est effectué en utilisant la syntaxe suivante :

*Risque d'explosion de gaz = (poids densité *coefficient densité) + (poids gaz*coefficient diamètre) + (poids gaz*coefficient longueur) + (poids gaz*coefficient matière) + (poids route*coefficient type)*

Afin de générer des surfaces continues du risque potentiel d'explosion de Gaz, l'extension Geostatistical Analyst constitue le bon choix.

Les étapes sont résumées dans les figures suivantes :

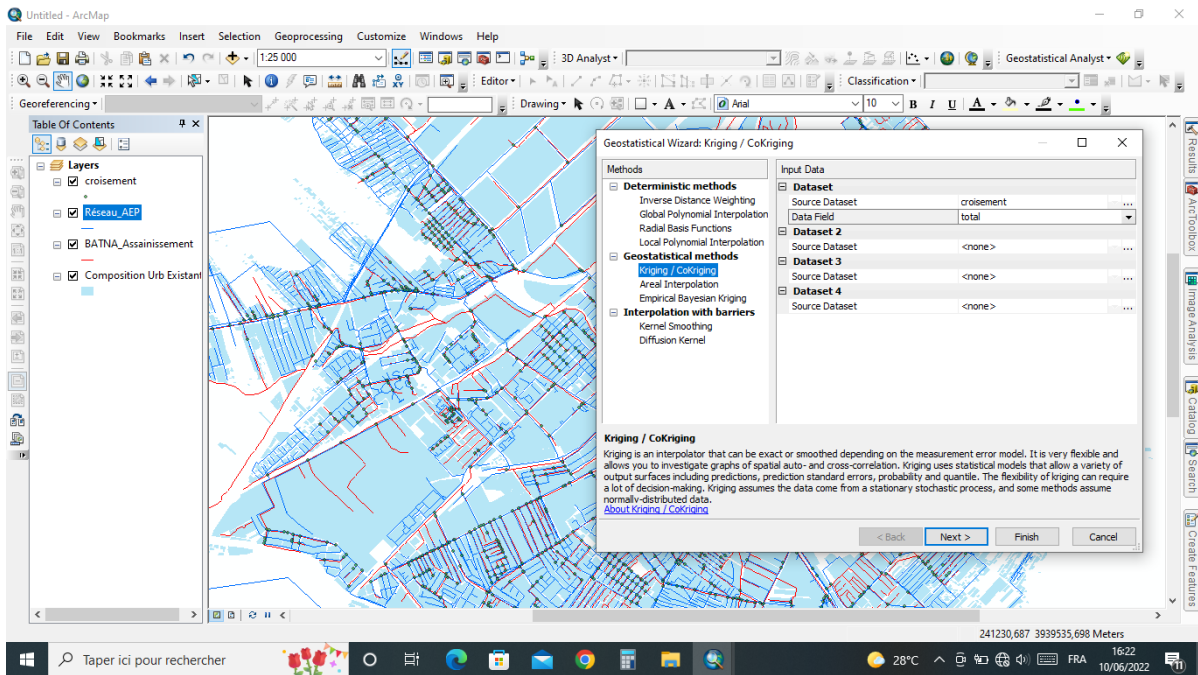


Figure 21. Capture d'écran de la méthode d'interpolation Kriging/Kokriging

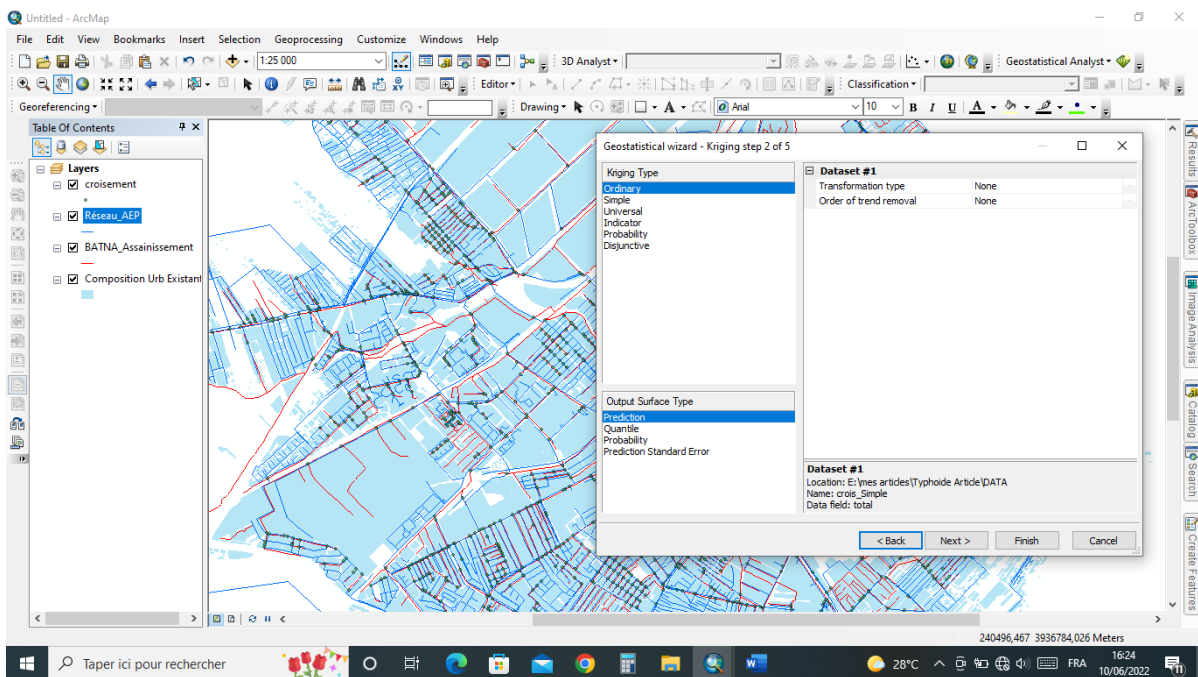


Figure 22. Capture d'écran de la méthode d'interpolation Kriging/Kokriging type ordinaire

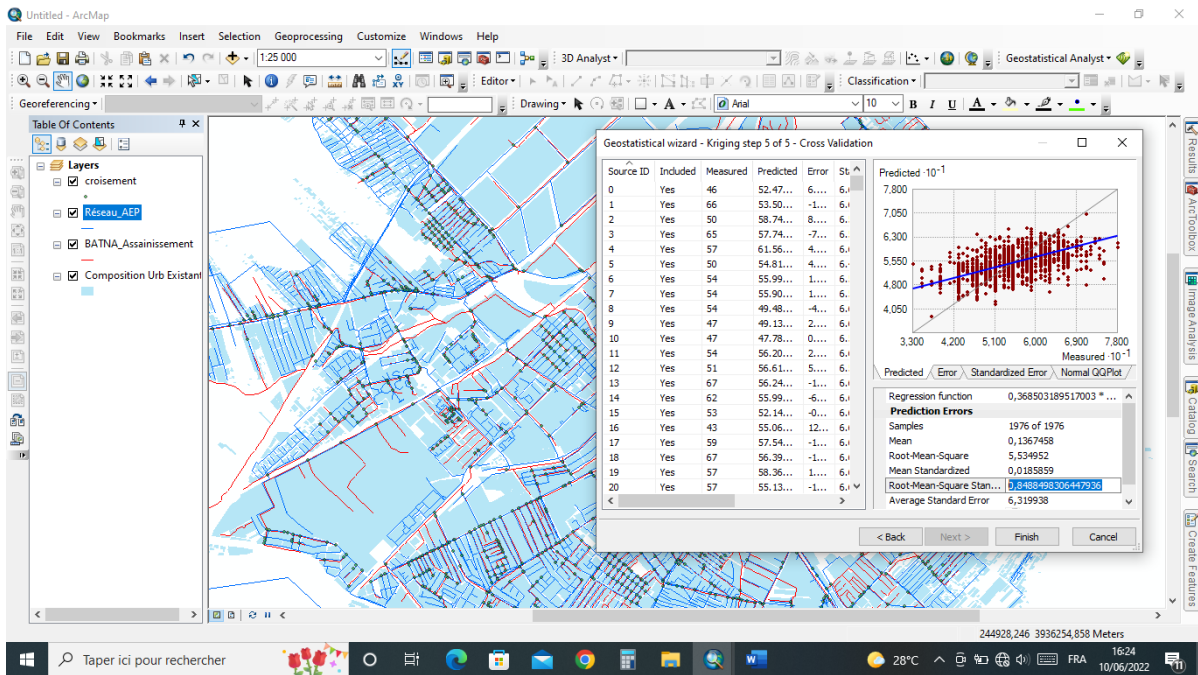


Figure 23. Capture d'écran de la validation des résultats par une droite de régression

3-1-2 Interpolation et validation des résultats

Dans cette étude la méthode d'interpolation choisie est celle de Kriging/Kokriging type ordinaire. Avec un coefficient de corrélation de 0.992 entre les valeurs mesurées et prévues, les résultats de validation montrent que l'interpolation du risque est largement satisfaisante.

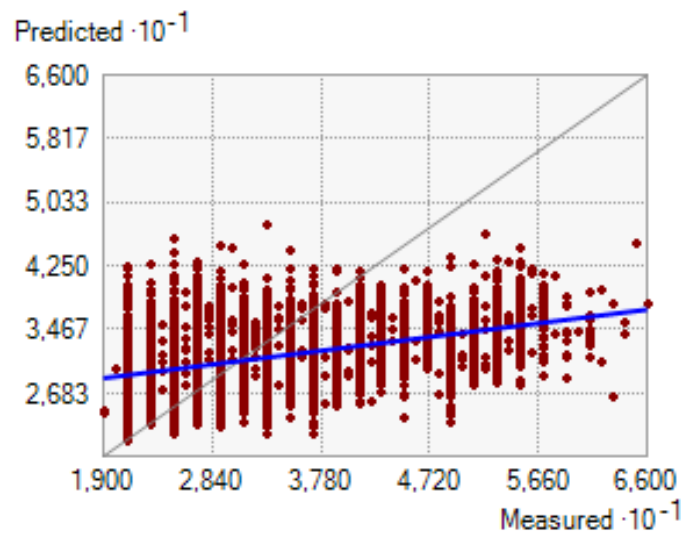


Figure 24. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

Suite aux résultats obtenus il est évident que 796 hectares de la ville de Batna présentent un risque moyen (40%) en termes du croisement du réseau de gaz avec le réseau viaire. 24% (480ha) de la ville moyenne à faible et 12% (soit 246ha) de faible risque.

Par ailleurs, la ville ne présente pas un risque majeur. Sauf 14.29 hectares (0.72%) de la surface totale présente un risque élevé. 22% à un risque allant du moyen au fort. Spatialement, ce risque est localisé plus particulièrement dans la zone industrielle, Errayadh, Bouakal et Hamla.

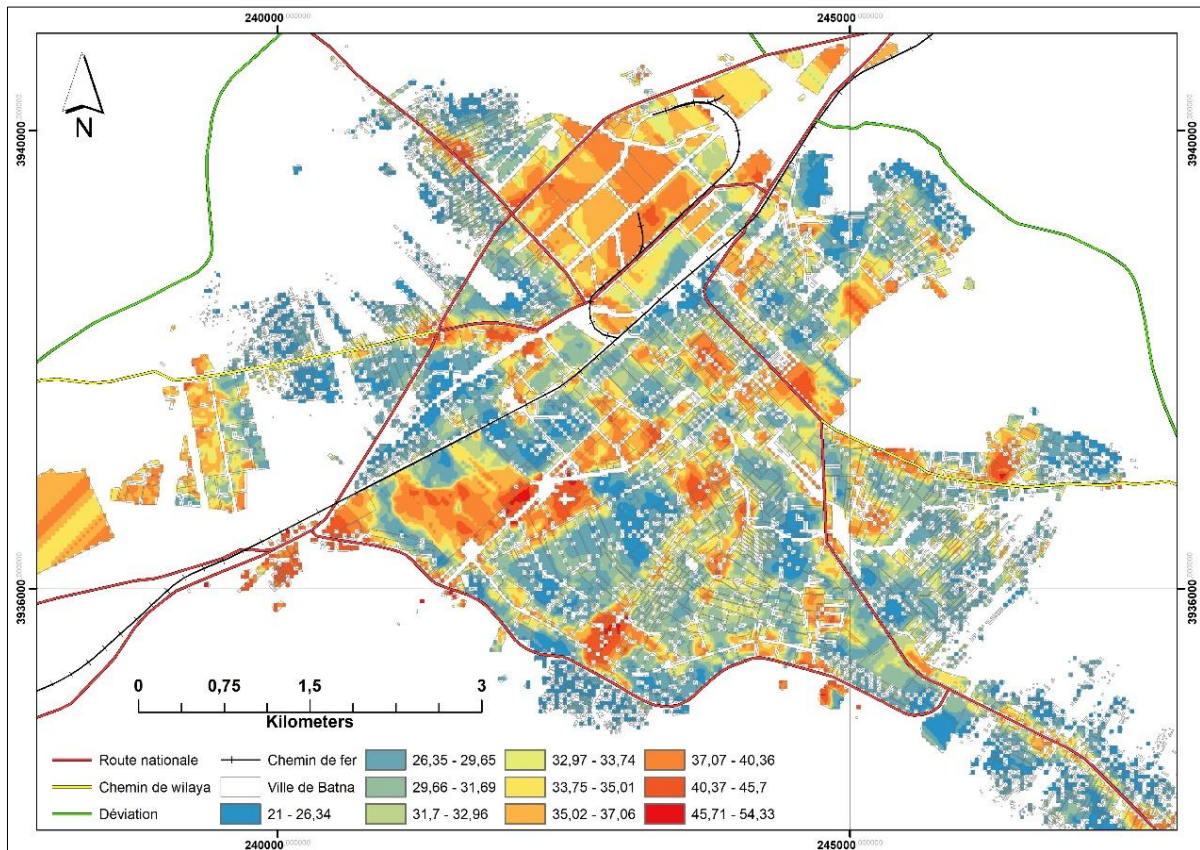


Figure 25. Risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

Tableau 5. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

Classes	Description	Superficie Ha	Superficie %
21-26	Risque faible	246.79	12.04
26-30	Faible à moyen	480.80	24.16
30-36	Moyen	796.84	40.04
36-43	Moyen à fort	451.22	22.68
43-54	Fort	14.29	0.72
Total	/	1989.94	100

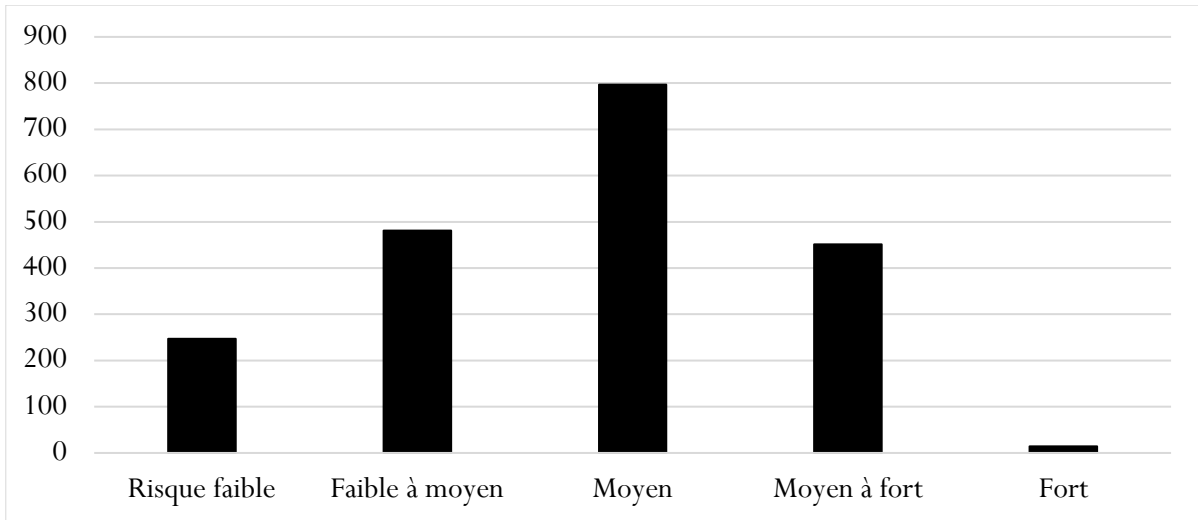


Figure 262. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz et le réseau viaire)

3-2 Scénario d’explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d’éclairage public)

3-2-1 Processus

Le calcul et la cartographie de ce risque est basé sur méthode DRASTIC

Le calcul du risque d’explosion du gaz est effectué en utilisant la formule suivante :

$$\text{Risque d'explosion de gaz} = (\text{poids densité} * \text{coefficient densité}) + (\text{poids gaz} * \text{coefficient diamètre}) + (\text{poids gaz} * \text{coefficient longueur}) + (\text{poids gaz} * \text{coefficient matière}) + (\text{poids réseau 10kv} * \text{coefficient Longueur 10kv})$$

Tableau 206. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque d’explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d’éclairage public)

Facteurs	Poids	Classes	Coefficient
Densité de population	2	0.64-98.74	1
		89.74-173.43	2
		173.43-267.04	3
		267.04-378.14	4
		378.14-626.56	5
Diamètre de la conduite	4	22-32	1
		32-50	2
		50-90	3
		90-150	4
		150-300	5
Longueur du réseau de Gaz		0.0019-0.20	1
		0.20-0.49	2
		0.49-0.95	3
		0.95-2.06	4
		2.06-3.95	5
Matière de la conduite	PEHD	1	
	Cuivre	2	
	Acier	3	
Longueur du réseau 10Kv	3	0.018-0.21	1
		0.21-0.44	2
		0.44-0.81	3
		0.81-1.32	4
		1.32-2.96	5

3-2-2 Interpolation et validation des résultats

Dans cette étude la méthode d'interpolation choisie est celle de Kriging/Kokriging type ordinaire. Avec un coefficient de corrélation de 0.920 entre les valeurs mesurées et prévues, les résultats de validation montrent que l'interpolation du risque est largement satisfaisante.

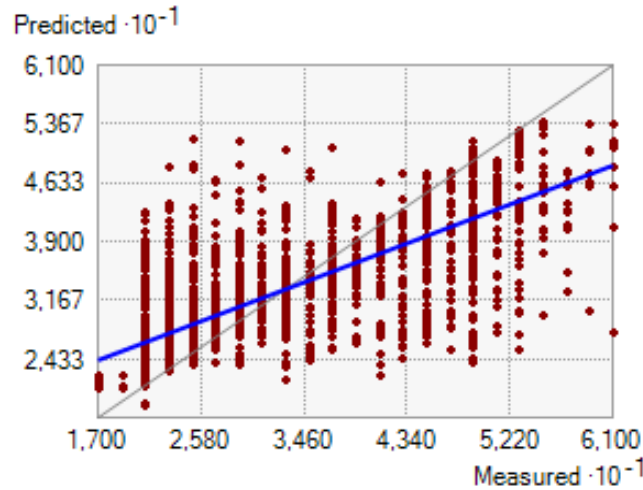


Figure 273. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

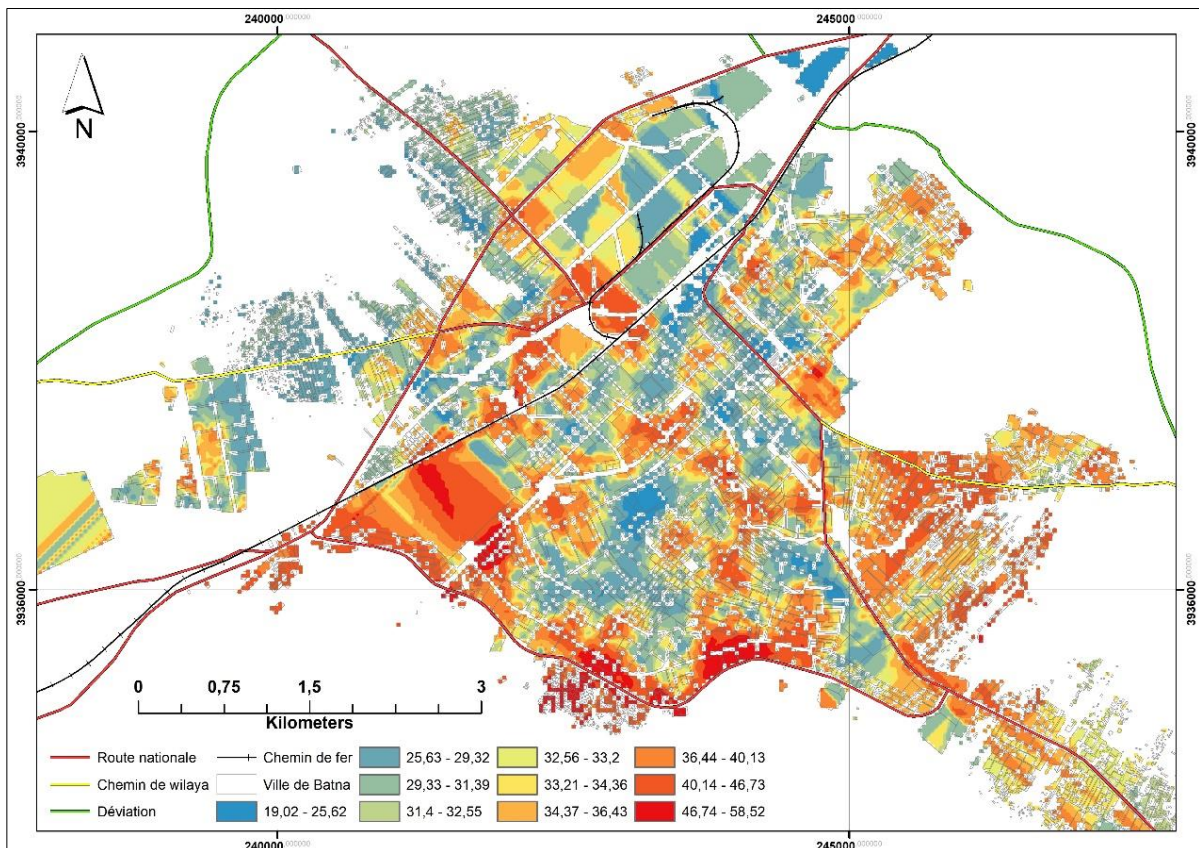


Figure 28. Explosion de gaz (réseau de gaz, moyenne tension 10Kv, éclairage public)

L'interprétation de la carte et le tableau ci-dessous montre clairement que la ville de Batna à un risque faible en termes d'explosion de gaz par le croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d'éclairage public. Ce risque représente 1510.47ha (soit 76%) de la ville. Par contre, 2.6% (52ha) est risque potentiel très élevé. 20% de la ville varie entre un risque moyen à fort.

Spatialement, ce risque touche tous les secteurs de la ville mais plus particulièrement Parc à Fourrage, la zone industrielle de Kechida, Bouakal, Bouzorane et Errayadh. Ceci est justifié par la présence d'un réseau dense et une densité de population élevée. Encore, le caractère informel de quelques quartiers peut aggraver la situation.

Tableau 217. Récapitulation des statistiques du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv d'éclairage public)

Classes	Description	Superficie Ha	Superficie %
19-31	Risque faible	663.23	33.46
31-37	Faible à moyen	847.24	42.74
37-40	Moyen	209.21	10.55
40-45	Moyen à fort	210.20	10.60
45-58	Fort	52.48	2.65
Total	/	1982.36	100

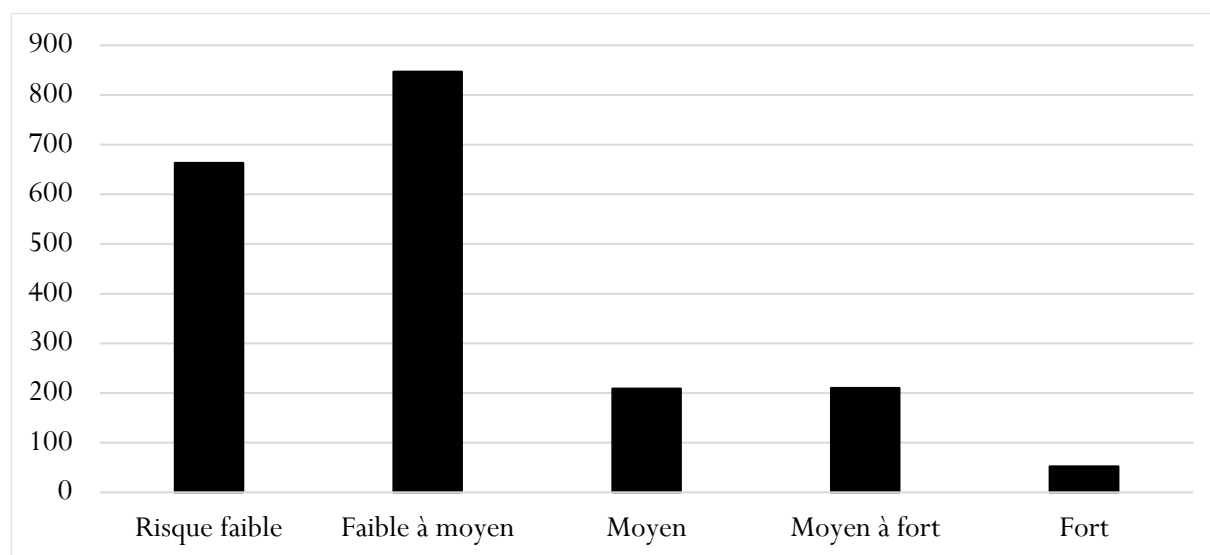


Figure 294. Récapitulation des statistique du risque d'explosion de gaz (croisement du réseau de gaz, réseau moyenne tension 10Kv, et réseau d'éclairage public)

3-3 Scénario de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv avec le réseau viaire)

3-3-1 Processus

Le calcul du risque de choc électrique est donné par la formule suivante :

$$\text{Risque de choc électrique} = (\text{poids densité} * \text{coefficient densité}) + (\text{poids réseau 10kv} * \text{coefficient Longueur 10kv}) + (\text{poids route} * \text{coefficient type}) + (\text{poids route} * \text{coefficient Longueur})$$

Tableau 228. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv avec le réseau viaire)

Facteurs	Poids	Classes	Coefficient
Densité de population	2	0.64-98.74	1
		89.74-173.43	2
		173.43-267.04	3
		267.04-378.14	4
		378.14-626.56	5
Longueur du réseau 10Kv	4	0.018-0.21	1
		0.21-0.44	2
		0.44-0.81	3
		0.81-1.32	4
		1.32-2.96	5
Type de la route	3	Tertiaire	1
		Secondaire	2
		Primaire	3
Longueur de ka route		0.031-0.27	1
		0.27-0.67	2
		0.67-1.66	3
		1.66-3.52	4
		3.52-7.32	5

3-3-2 Interpolation et validation des résultats

Dans cette étude la méthode d'interpolation choisie est celle de Kriging/Kokriging type ordinaire. Avec un coefficient de corrélation de 0.943 entre les valeurs mesurées et prévues, les résultats de validation montrent que l'interpolation du risque est largement satisfaisante.

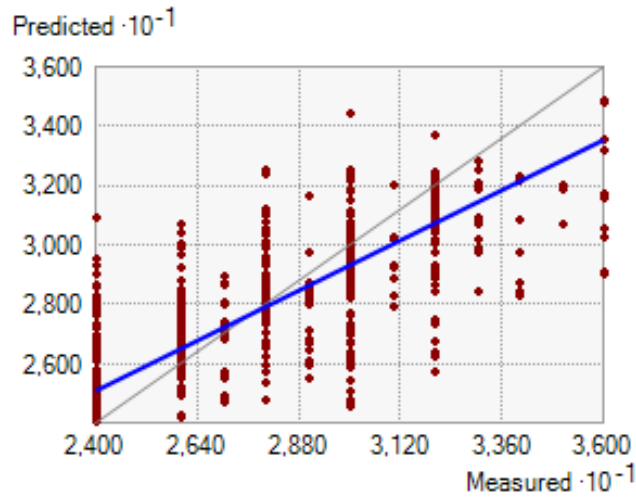


Figure 30. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

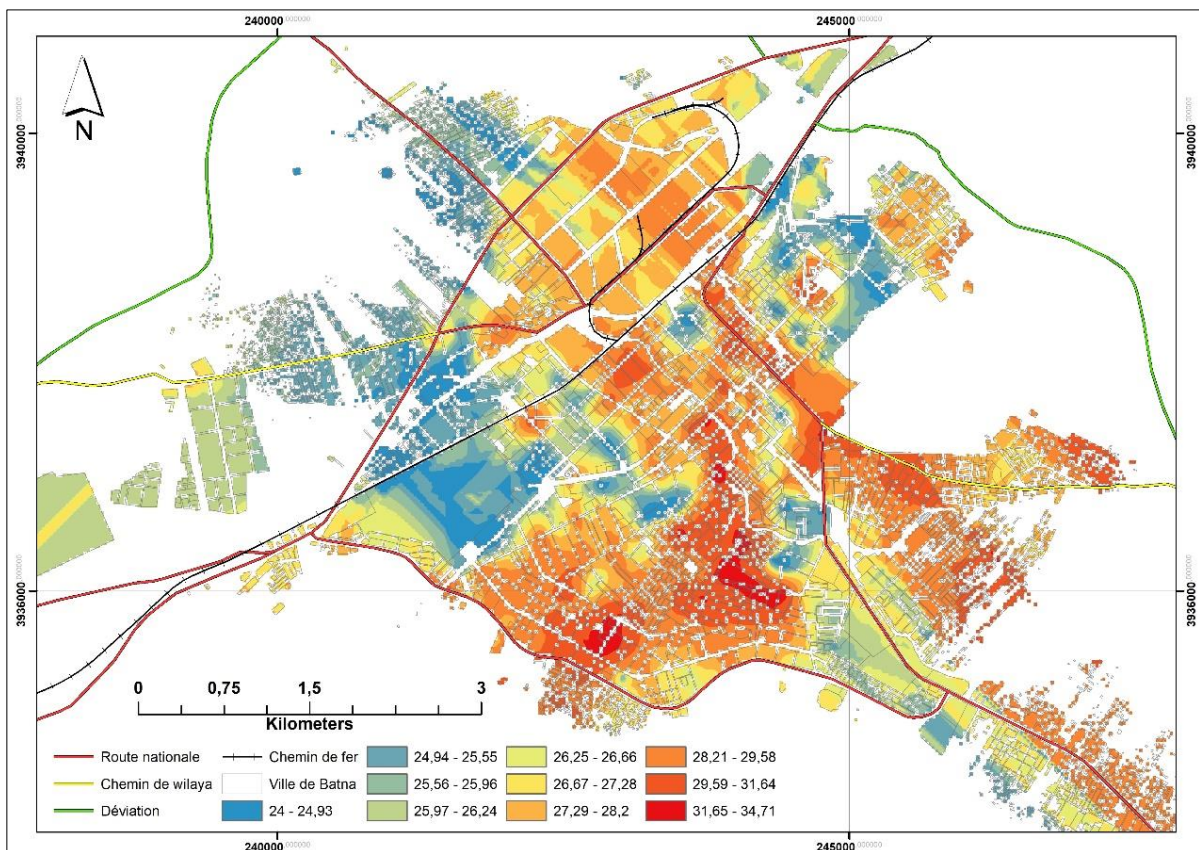


Figure 31. Risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

Le choc électrique dans la ville de Batna présente des valeurs distinctes. 15% de la ville ne présente pas de risque, 26% faible à moyenne, 29% est moyenne, 25% de la surface totale varie entre moyenne et forte. 2.8% est considérée forte en termes de choc électrique.

Du côté spatial, toute la ville fait l'objet de ce risque potentiel à l'exception de Route de Hamla, Kechida et Errayadh.

Tableau 239. Récapitulation des statistiques du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

Classes	Description	Superficie Ha	Superficie %
24-25	Risque faible	310.07	15.55
25-26	Faible à moyen	524.03	26.28
26-28	Moyen	586.93	29.43
28-30	Moyen à fort	516.78	25.92
30-34	Fort	56.30	2.82
Total	/	1994.11	100

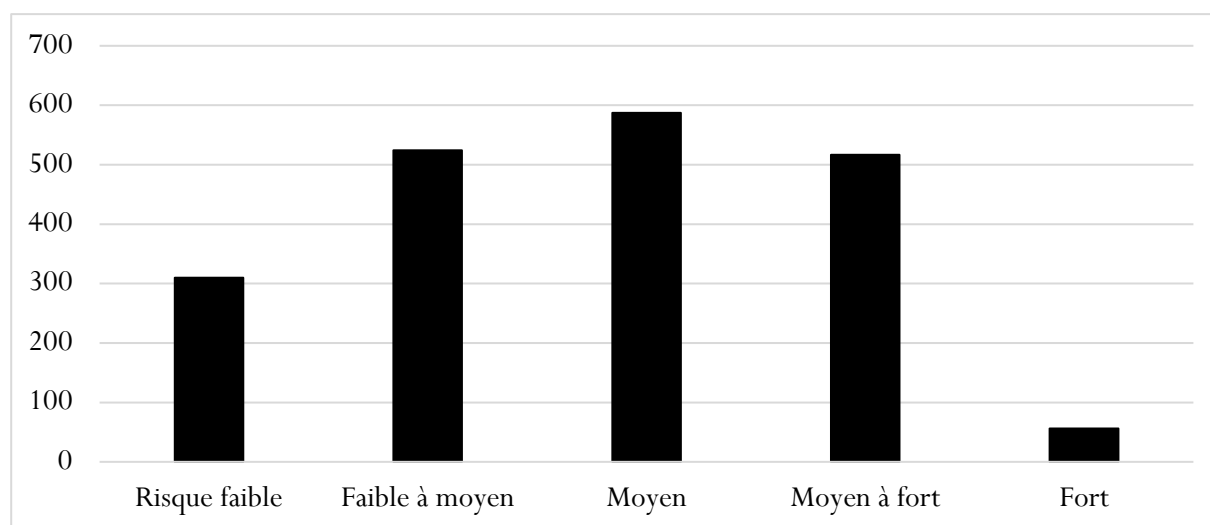


Figure 325. Récapitulation des statistiques du risque de choc électrique (croisement du réseau moyen tension 10Kv et viaire)

3-4 Scénario de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement avec le réseau d'AEP)

3-4-1 Processus

Le calcul du risque de choc électrique est donné par la formule suivante :

$$\begin{aligned} \text{Risque de choc électrique} = & (\text{poids densité} * \text{coefficient densité}) + (\text{poids réseau} \\ & \text{d'assainissement} * \text{coefficient Longueur réseau}) + (\text{poids réseau d'assainissement} * \text{coefficient} \\ & \text{diamètre réseau}) + (\text{poids réseau d'assainissement} * \text{coefficient matière}) + (\text{poids réseau} \\ & \text{d'AEP} * \text{coefficient Longueur du réseau}) + (\text{poids réseau d'AEP} * \text{coefficient diamètre}) + \\ & (\text{poids réseau d'AEP} * \text{coefficient matière}) + (\text{poids type de secteur} * \text{coefficient type de secteur}) \\ & + (\text{poids réseau viaire} * \text{coefficient type de la route}) \end{aligned}$$

Tableau 2410. Méthodologie de calcul par la méthode DRASTIC du risque de la fièvre typhoïde (coisement du réseau d'assainissement avec le réseau d'AEP)

Facteurs	Poids	Classes	Coefficient	
Matière de la conduite	4	PEHD, PVC	1	
		Amiante ciment, acier, plomb	3	
Diamètre de la conduite		< 100 cm	1	
		100cm – 250cm	2	
		> 250 cm	3	
Longueur du réseau d'AEP		< 0.2 km	1	
		0.2km – 0.5km	2	
		> 0.5 km	3	
Type de la conduite		5	Principal	1
			Secondaire	2
Diamètre de la conduite	< 80 mm		1	
	80mm – 200mm		2	
	> 200mm		3	
Longueur du réseau d'assainissement	< 0.07 km		1	
	0.07 km – 0.1 km		2	
	> 0.1 km		3	
Densité de population	3		< 157	1
			157 – 330	2
		> 330	3	
Type du secteur	2	Illégal	3	
		Légal	1	
Type de la route	2	Primaire	3	
		Secondaire	2	
		Tertiaire	1	

3-4-2 Interpolation et validation des résultats

Dans cette étude la méthode d'interpolation choisie est celle de Kriging/Kokriging type ordinaire. Avec un coefficient de corrélation de 0.840 entre les valeurs mesurées et prévues, les résultats de validation montrent que l'interpolation du risque est largement satisfaisante.

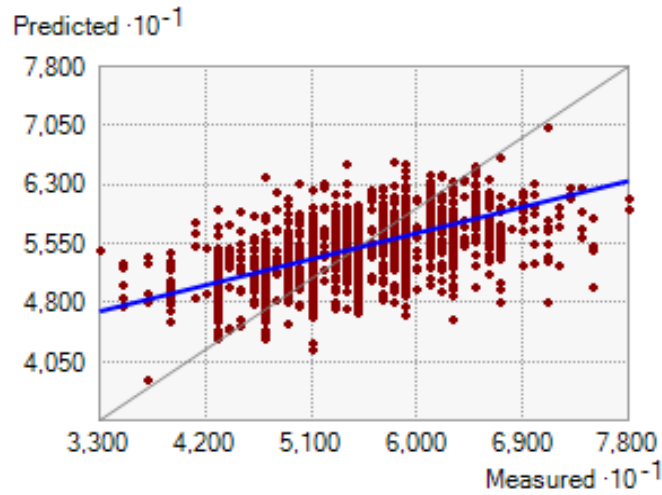


Figure 33. Validation des valeurs mesurées et prévues par une régression linéaire

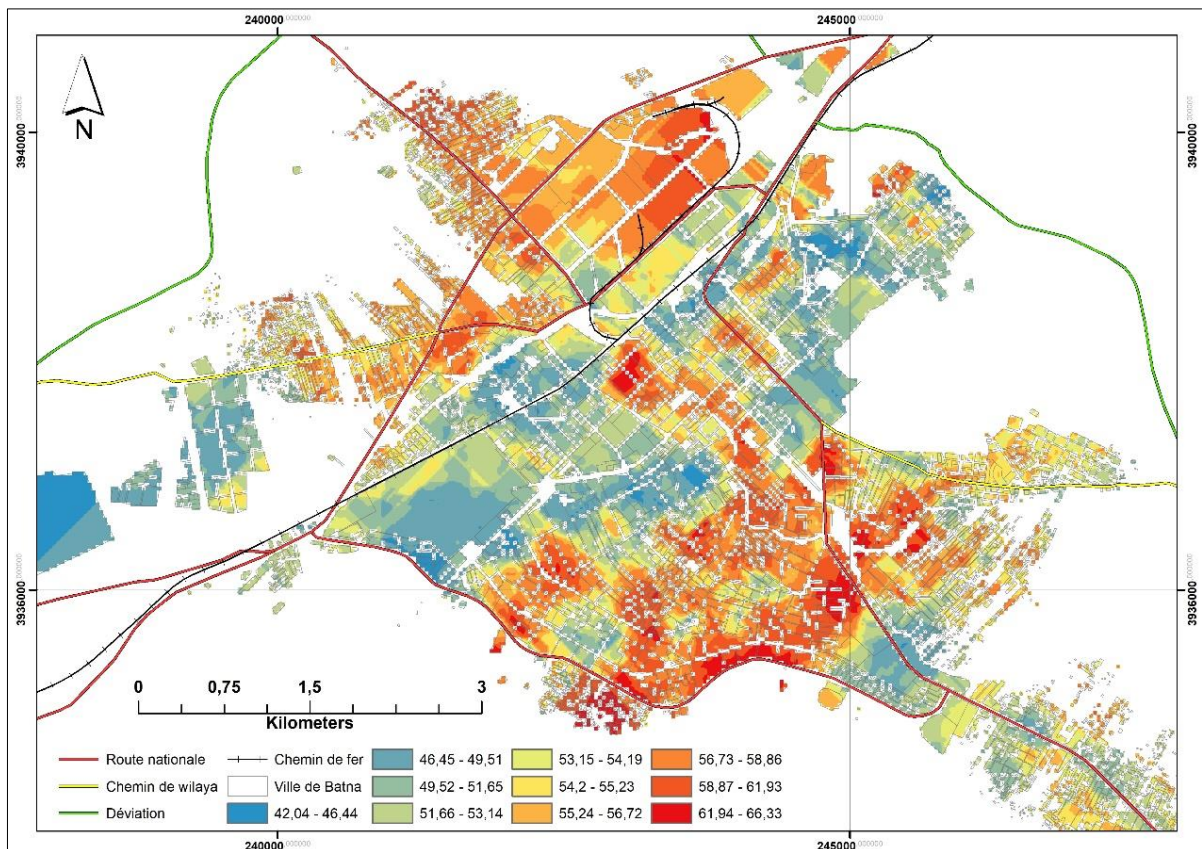


Figure 34. Risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement et l'AEP)

Deux zones du risque potentiel de la fièvre typhoïde peuvent être distinguées. Une zone a Bouakal et une zone a Kechide et Route de Hamla. D'une façon générale, 416.29 ha (soit 20.86%) de la ville de Batna est considérée faible en termes de la fièvre typhoïde, 494.14 ha (24.76%) faible à moyen, 245.56 ha est moyen, 553.83 ha moyen a fort et 286.15 ha fort.

Tableau 11. Récapitulation des statistique du risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement et l'AEP)

Classes	Description	Superficie Ha	Superficie %
42-50	Risque faible	416.29	20.86
50-53	Faible à moyen	494.14	24.76
53-54	Moyen	245.56	12.30
54-58	Moyen à fort	553.83	27.75
58-66	Fort	286.15	14.34
Total	/	1995.97	100

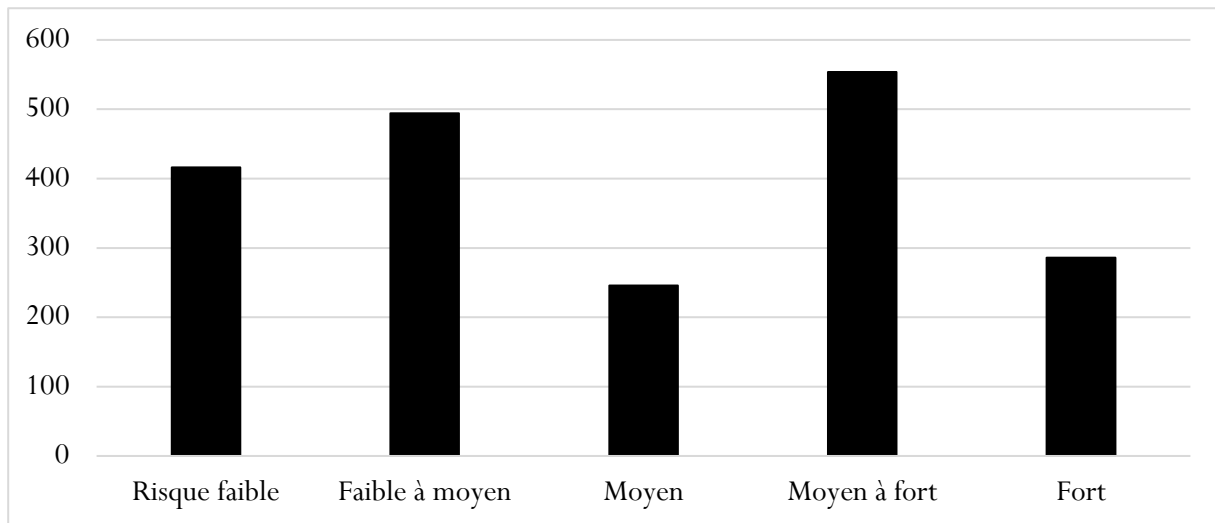


Figure 35. Récapitulation des statistiques du risque de la fièvre typhoïde (croisement du réseau d'assainissement et l'AEP)

4- Conclusion

Les réseaux urbains constituent l'infrastructure et le système de nerf de la ville Batna. Leur bon fonctionnement assure la continuité de services de base. Par ailleurs, la complexité de ce système et l'interaction de nombreux réseaux dans un espace géographique très limité peut atteindre le fonctionnement normal et par voie de conséquence l'interruption des différents services.

En effet, l'interconnexion des réseaux augmente la possibilité de nombreux risques potentiels à savoir les explosions, les chocs électriques mortels, la pollution et la contamination. Ceci est traité dans une ville moyenne Algérienne en utilisant les techniques de la géomatiques et le résultat obtenu est une cartographie de la distribution spatiale des différents risques potentiels. C'est un résultat dynamique qui peut être promouvoir en ajoutant d'autres facteurs pondérant.

Conclusion générale

Les différents réseaux urbains constituent des systèmes complexes par leur nombre et leurs interactions. La construction d'un réseau est une étape importante et avec leur conformité aux différentes normes et réglementations pour être valides, en tenant compte des risques, s'avère important pour éviter les incidents catastrophiques tout en focalisant dans leur installation sur faiblesses et la flexibilité afin d'anticiper les risques.

Dans ce travail, et par le biais de la ville de Batna comme un exemple on a adopté les techniques d'aide à la décision et les SIG pour prévoir le risque des réseaux. Pour atteindre, notre démarche repose sur les interconnexions entre les divers réseaux. Ces points peuvent constitués le foyer de déclenchement d'un risque potentiel car du point de vue technique elles constituent la faiblesse du système.

Et si divers réseaux innervent la ville ça veut dire que plusieurs scénarios peuvent être simulés. Dans notre cas trois type de risques ont été traités ; le risque d'explosion du réseau de gaz avec le réseau électrique ou le réseau viaire, le risque de contamination des eaux potables par une source de pollution (réseau d'assainissement), et finalement le risque de choc électrique par le croisement avec le réseau moyen tension (10Kv).

Le résultat obtenu est un ensemble de cartes utiles pour la municipalité afin de monter des orientations et des décisions plus justes en garantissant la précision, la sécurité et l'économie du budget public dans une ville en extension continue et rapide.

Références bibliographiques

- Antargaz. (2022, 04 30). Récupéré sur <https://www.antargaz.fr/gaz-naturel/guide-pratique/avantages-du-gaz-naturel>
- Bardiaux, J.-B. (2022, 04 16). ENGEES. Récupéré sur <http://ressources.unit.eu/cours/engees/GEMEEue2module4HUpartie1/co/Partitions.html>
- Bruno, KERLOC'H. (s.d.). (C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE 80).
- Canada. (2015, 11 27). Récupéré sur Gouvernement du canada: <https://www.rncan.gc.ca/energie/sources-denergie-et-reseau-de-distribution/gaz-naturel/labc-du-gaz-naturel/5642>
- Caritas International Belgique. (2014, Mars 06). Récupéré sur Caritas International.be: <https://www.caritasinternational.be/fr/urgence-et-developpement/limportance-de-leau-potable2/#:~:text=Sans%20eau%2C%20pas%20de%20progr%C3%A8s,un%20verre%20d'eau%20pure.>
- CEPRI. (2016). Les collectivités en Europe pour la prévention du risque d'inondation.
- Choay.F, Pierre-Jacques Olganier de. (1992). « Le règne « le règne de l'urbain et la mort de la ville »Catalogue de l'exposition de beaubourg " La ville ". pp. 169-170.
- Climat du voyages. (2022, 05 15). Récupéré sur Climat du monde: <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/batna>
- Complément au Guide de 1994 du Sétra. (2007, juin).
- Damien Serre . (2015). LES RÉSEAUX TECHNIQUES URBAINS. Club des Directeurs de Sécurité des Entreprises.
- Dib, Belkacem. (06-09, 1 1). La pollution dans les quartiers informels. d'Architecture.
- DUPOND, A. (1981). Hydraulique urbaine Tome2. France: – Editions Eyrolles.
- DUPUY, Gabriel. (2022, 04 23). RÉSEAUX (Philosophie de l'organisation),Encyclopædia Universalis [en ligne]. p. 03.
- Engie. (2022, Avril 30). Récupéré sur <https://particuliers.engie.fr/demenagement/conseils-demenagement/conseils-raccordement/raccordement-branchement-gaz-naturel.html>
- Identique a la référence précédente . (s.d.).
- Identique à la référence précédente. (s.d.).
- IZI . (2018, Mars 09). Récupéré sur <https://www.izi-by-edf-renov.fr/blog/canalisations-gaz>
- K, Julie. (2021, 6 7). Mylkee. Récupéré sur <https://www.mylkee.io/blog/vrd-voirie-et-reseaux-divers>

- KERLOC'H Bruno(C.E.T.E. NORD - PICARDIE) et MAELSTAF Damien (DDE,80). (2014). Carema. Récupéré sur Génie civil: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cerema_le_dimensionnement_des_reseaux_d_assainissement_pour_les_agglomerations_2014.pdf
- L'esprit services. (s.d.). Récupéré sur Gaz Tarif Réglementé: <https://gaz-tarif-reglemente.fr/gaz/comprendre-gaz-naturel/la-chaine-gaziere/distribution-gaz.html>
- Merlin P., Choay F. (1988). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement,. paris: Presses Universitaires de France,.
- Merlin, André. (2013, 04 29). LE RÔLE STRATÉGIQUE DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES DANS LA MISE EN ŒUVRE D'UNE POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE EUROPÉENNE. ENVIRONNEMENT & ENERGIE.
- Mon Branchement. (2022, 04 20). Récupéré sur <https://monbranchement.fr/fonctionnement-assainissement-collectif/#:~:text=Ce%20syst%C3%A8me%20d'assainissement%20collecte,qu'elles%20y%20soient%20trait%C3%A9es.>
- NF. (s.d.). Chaussées et dépendances – Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux.
- NORME NF P 98-332. (2019, juillet 29). Récupéré sur Technima: <https://technimafrance.com/fr/blog/rappel-des-codes-couleurs-des-reseaux-enterres-norme-nf-p-98-332-n7>
- Olagnier, P.-J. (1999). La voirie, trame des paysages urbains. Le rôle des infrastructures routières dans le paysage des villes. p. 170.
- Olagnier, P.-J. (1999). Le paysage des villes. 2005-2022, p. 162.
- Sarl, Agymat. (2020-2021). Matériaux Net. Récupéré sur <https://www.materiauxnet.com/reseaux/canalisation-d-eau-potable.html>
- Schneider Electric. (s.d.). Récupéré sur Guide de conception des réseaux électriques industriels,6 883 427/A.
- Sonatrach. (2022, Avril). Récupéré sur L'énergie du changement: <https://sonatrach.com/transport-par-canalisation>
- Techno-Science. (2022, Avril 29). Récupéré sur <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Reseau-electrique-page-3.html>
- Wikipédia. (s.d.). Energie. Récupéré sur Techno-Science.net: <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Reseau-electrique.html>