

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état en Sciences de la Mer

Option : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Archéologie côtière en Algérie : Menaces et valorisation des ruines de Tipaza

Présenté par :

- Nait Ameur Melissa
- Mrah Salma

Soutenu le 08/07/2024 devant le jury :

| | | |
|------------------|-------------------------|---------|
| Mme AMAROUCHE.N | Présidente (MAA) | ENSSMAL |
| Mr OTMANI.H | Promoteur (MCA) | ENSSMAL |
| Mr BOUKHEDICHE.W | Co-promoteur (BET STER) | ENSSMAL |
| Mme KERAGUEL.M | Examinatrice (MCB) | ENSSMAL |

2023/2024

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de la Mer

Option : Gestion et Protection du Littoral

Thème :

Archéologie côtière en Algérie : Menaces et valorisation des ruines de Tipaza

Présenté par :

- Nait Ameur Melissa
- Mrah Salma

Soutenu le 08/07/2024 devant le jury :

| | | |
|------------------|-------------------------|---------|
| Mme AMAROUCHE.N | Présidente (MAA) | ENSSMAL |
| Mr OTMANI.H | Promoteur (MCA) | ENSSMAL |
| Mr BOUKHEDICHE.W | Co-promoteur (BET STER) | ENSSMAL |
| Mme KERAGUEL.M | Examinatrice (MCB) | ENSSMAL |

2023/2024

Remerciements

Au terme de ce mémoire, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent en premier lieu à notre encadrant, **Mr OTMANI.H**, pour avoir accepté de superviser ce projet avec bienveillance, ses conseils avisés et sa disponibilité constante ont été des atouts précieux tout au long de notre parcours. Nous lui sommes infiniment reconnaissants pour la qualité de son encadrement et sa patience inépuisable.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à **Mme KERAGHEL.M**, pour son soutien inestimable. Ses observations pertinentes et ses recommandations qui ont considérablement enrichi notre réflexion et ont joué un rôle déterminant dans la réussite de ce mémoire.

Notre Co-promoteur, **Mr BOUKHEDICHE.W**, pour son soutien et sa présence constante durant la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos chaleureux remerciements à **Mr. RIHANE H**, spécialiste en archéologie, pour son appui inestimable et le partage généreux de ses connaissances. Son expertise a été cruciale dans l'élaboration de notre recherche.

Notre gratitude va aussi à l'ensemble des formateurs de l'incubateur Bleu Start, et tout particulièrement à **Mme MAOUEL** et **Mr Bassem**. Leur contribution dans le domaine socioéconomique et leur assistance dans la réalisation de notre Business Model Canvas ont été d'une valeur inestimable.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance aux membres du jury : **Mme AMAROUCHE.N**, qui nous a fait l'honneur de présider le jury, ainsi que **Mme KERAGHE.M**, pour le temps consacré à la lecture et à l'examen minutieux de ce mémoire. Nous leur témoignons notre plus grand respect.

Enfin, nous souhaitons remercier chaleureusement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours académique. Leur dévouement et leur passion pour la transmission du savoir ont été une source constante d'inspiration.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À mes parents,

Ma mère, pour son amour inconditionnel, son soutien indéfectible et ses sacrifices inestimables. Ses précieux conseils, son assistance constante et ses prières m'ont guidée tout au long de ce parcours. Les mots ne suffisent pas pour exprimer ma gratitude envers ta présence à mes côtés.

Mon père, qui peut être fier de voir ici le fruit de longues années de sacrifices et de dévouement. Ton soutien m'a permis d'avancer et de réussir dans la vie.

À mon adorable petite sœur **Imene** et mon cher petit frère **M. Amine**, à qui je souhaite la réussite et le bonheur dans la vie.

À **Melissa**, ma chère amie avant d'être mon binôme. Je te remercie pour ton soutien, ta patience et ta compréhension tout au long de ce parcours. Tu as su être à la fois une confidente, une source de motivation et une partenaire de travail remarquable. Merci d'avoir partagé cette aventure avec moi, dans ses moments de joie comme dans ses défis. Notre amitié a donné une dimension particulière à ce travail et restera un pilier important dans ma vie.

À **ma famille et mes proches**, pour leurs encouragements tout au long de mon parcours.

À ma cousine **Amani**, pour son soutien particulier.

À tous mes amis, spécialement à **Sabrina** et **Yasmine**, pour leur amitié précieuse.

À **ma promotion de 2019**, en particulier **Zahira, Khawla, Souzy, Safaa, Maroua, Yasmine, Balsamine, Hiba, Bilal** et **Manou**. Merci pour tous les merveilleux souvenirs que nous avons partagés ensemble et qui resteront gravés dans ma mémoire.

Enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur soutien et ont contribué à ma réussite.

(Salma)

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À **ma mère**, pilier inébranlable de ma vie, dont l'amour inconditionnel et le soutien constant ont été ma force. Tes sacrifices silencieux, tes conseils avisés et tes prières bienveillantes ont éclairé mon chemin et m'ont donné le courage d'affronter tous les obstacles. Ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit.

À **mon cher père**, ce mémoire incarne tes innombrables sacrifices et ton dévouement inlassable qui ont pavé ma route vers la réussite. Qu'il soit le reflet de ta sagesse et la preuve tangible que tes efforts n'ont pas été vains. À ma petite sœur **Meriem** et mes deux frères **Yanis** et **Zakaria** votre présence constante dans ma vie a été une source de joie et de motivation. Merci d'avoir toujours été là pour moi, dans les moments de bonheur comme dans les moments difficiles.

À mon binôme et meilleure amie **Salma**, qui a partagé avec moi le meilleur et le pire de ces années universitaires. Ton soutien moral et ta présence à mes côtés ont rendu les mauvais moments meilleurs. Merci pour tous les obstacles que nous avons franchis ensemble et les moments de joie que nous avons partagés, notre complicité, forgée dans l'adversité et le succès, continue de nous porter vers de nouveaux horizons, qu'une longue route nous attende encore, inch'Allah

Merci à **Amine** et **Mehdi** Merci pour toutes les précieuses informations que vous avez généreusement partagées avec nous.

A ma promos de 2019, spécialement à **Safaa, Balsamine, Souzy, Khawla, Maroua, Yasmine Belacel, Zahira Hiba, Yousra , Aziz, Bilal** et **Manou** , Merci pour tous les merveilleux souvenir que nous avons partagés ensemble.

(Melissa)

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Liste des figures | VIII |
| Liste des tableaux | XI |
| Liste des abréviations | XII |
| INTRODUCTION GENERALE..... | 3 |
| 1 CHAPITRE I : CADRE GENERAL | 6 |
| 1.1. Synthèse bibliographique : | 6 |
| 1.1.1. Système littoral : | 6 |
| 1.1.2. Morphologie dynamique : | 6 |
| 1.1.2.1. Plages sableuses : | 7 |
| 1.1.2.2. Falaises : | 7 |
| 1.1.2.3. Cordon dunaire : | 8 |
| 1.1.3. Hydrodynamique côtière : | 9 |
| 1.1.3.1. Les vagues et les houles au large : | 10 |
| 1.1.3.2. Les courants de retour : | 11 |
| 1.1.4. Les agents de la dynamique côtière : | 12 |
| 1.1.4.1. Urbanisation : | 12 |
| 1.1.4.2. Erosion : | 14 |
| 1.1.4.3. Submersion marine : | 16 |
| 1.1.5. Changement climatique : | 17 |
| 1.1.5.1. A l'échelle régionale : | 17 |
| 1.1.5.2. Les prévisions des modèles climatiques des élévations du niveau marin : | 17 |
| 1.1.6. Historique des sites archéologiques : | 18 |
| 1.2. Contexte de l'étude : | 21 |
| 1.3. Localisation et choix de la zone d'étude : | 23 |
| 1.3.1. Localisation des sites archéologiques : | 25 |
| 2 CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS..... | 28 |
| 2.1. Etude climatique : | 28 |
| 2.1.1. Introduction : | 28 |
| 2.1.2. Précipitation : | 29 |
| 2.1.2.1. Variation annuelle : | 29 |
| 2.1.2.2. Variation mensuelle : | 30 |
| 2.1.3. Vent : | 31 |
| 2.1.3.1. Tableau des directions des vents : | 32 |
| 2.1.3.2. Les roses des vents : | 32 |
| 2.2. Etude hydrographique : | 37 |
| 2.2.1. Introduction : | 37 |
| 2.2.2. Inventaire des cours d'eau : | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.3. Réseau hydrographique de l'Oued Nador : | 39 |
| 2.2.4. Evaluation des flux sédimentaires : | 40 |
| 2.3. Etude géomorphologique : | 41 |
| 2.3.2. Stratigraphie de la région : | 42 |
| 2.3.2.1. Les terrains éruptifs : | 42 |
| 2.3.2.2. Les terrains primaires : | 42 |
| 2.3.2.3. Les terrains secondaires : | 42 |
| 2.3.2.4. Les terrains Tertiaires : | 43 |
| 2.3.3. Caractéristiques géomorphologiques : | 43 |
| 2.3.3.1. Plages : | 43 |
| 2.4. Etude topographique : | 47 |
| 2.4.1. Réalisation et exploitation d'un modèle numérique de terrain (MNT) : | 47 |
| 2.4.3. Représentation graphique : | 48 |
| 2.5. Etude bathymétrique : | 50 |
| 2.5.1. Sélection et choix du modèle : | 50 |
| 2.5.2. Approche méthodologique : | 50 |
| 2.5.3. Représentation graphique : | 51 |
| 3 CHAPITRE III : METHODES D'EXTRACTION DES SITES ARCHEOLOGIQUE | 54 |
| 3.1. Introduction : | 54 |
| 3.2. Identification des sites archéologiques à partir des cartes anciennes : | 54 |
| 3.2.1. Délimitation de la ville ancienne : | 54 |
| 3.2.2. Identification des ruines romaines : | 55 |
| 3.3. Prospection électrique : | 58 |
| 3.3.1. Récapitulatif des principales campagnes de fouilles : | 58 |
| 3.3.2. Représentations visuelles des données : | 62 |
| 3.3.3. Potentiel de découvertes archéologiques sous les zones urbaines de Tipasa : | 63 |
| 3.4. Menaces anthropiques sur les sites archéologiques : | 64 |
| 3.4.1. Phase 01 : Création du grand village colonial : | 64 |
| 3.4.2. Phase 02 : 1861-1948 : | 65 |
| 3.4.3. Phase 03 : 1959-1962 : | 66 |
| 3.4.4. Phase 04 : L'époque post-coloniale : | 67 |
| 3.5. Classification des sites archéologiques par l'UNESCO : | 69 |
| 4 CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES | 72 |
| 4.1. Présentation des logiciels utilisés : | 72 |
| 4.1.1. Présentation du logiciel ArcGIS 10.4.1 : | 72 |
| 4.1.2. Présentation du logiciel Smart GIS : | 72 |
| 4.1.4. L'organigramme : | 73 |

| | |
|---|------------|
| 4.2.1. Collecte des données : | 74 |
| 4.2.1.1. Choix des images satellitaires | 74 |
| 4.2.1.2. Méthode de téléchargement des images satellitaires : | 75 |
| 4.2.2. Traitement des données : | 76 |
| 4.2.2.2.1 Mosaïquage des images : | 76 |
| 4.2.2.3. Rectification des images mosaïques : | 76 |
| 4.2.3. Vectorisation des données : | 78 |
| 4.2.3.1. Digitalisation des traits de côte : | 78 |
| 4.2.3.2. Digitalisation d'occupation du sol : | 81 |
| 4.2.4. Analyse des données : | 83 |
| 4.2.4.1. Etude de l'évolution de la ligne de rivage : | 83 |
| 4.2.4.2. Etude chronologique de l'urbanisation : | 84 |
| 5 CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS | 86 |
| 5.1. Evolution de la ligne de rivage : | 86 |
| 5.1.1. Période allant de 1959 à 1992 : | 89 |
| 5.1.2. Période allant de 1992 à 2006 : | 92 |
| 5.1.3. Période allant de 2006 à 2017 : | 95 |
| 5.1.4. Période allant de 2017 à 2023 : | 98 |
| 5.1.5. Période totale allant de 1959 à 2023 | 101 |
| 5.2. L'impact de la submersion marine : | 108 |
| 5.3. Evolution de l'occupation du sol : | 109 |
| 5.3.1. Evolution de l'urbanisation entre 2006 et 2009 | 112 |
| 5.3.2. Evolution de l'urbanisation entre 2009 et 2015 : | 114 |
| 5.3.3. Evolution de l'urbanisation entre 2015 et 2019 : | 116 |
| 5.3.4. Evolution de l'urbanisation entre 2019 et 2023 : | 119 |
| 5.3.5. Evolution de l'urbanisation de 2006 à 2023 : | 121 |
| 5.3.6. Lecture des documents d'urbanisme (PDAU- POS) : | 122 |
| 5.3.6.1. Dispositions applicables aux parcs archéologiques classés sur la liste du patrimoine universel :.... | 122 |
| 5.3.7. Plan de sauvegarde établi par l'UNESCO : | 123 |
| 5.3.7.1. Missions de suivi antérieures : | 123 |
| 5.4. Evolution du port « pression anthropique » : | 124 |
| 5.4.1. Impact du port sur les sites archéologiques : | 125 |
| 6 CHAPITRE VI : VALORISATION DES SITES ARCHEOLOGIQUES | 129 |
| 6.1. Introduction : | 129 |
| 6.2. Analyse quantitative des revenus touristiques liés aux sites archéologiques de Tipaza : | 130 |
| 6.2.1. Nombre de visiteurs pour les sites archéologiques pour l'année 2023 : | 130 |
| 6.2.2. Analyse des statistiques de fréquentation et de revenus pour l'année 2023 : | 130 |

| | |
|---|------------|
| 6.2.3. Contribution de chaque secteur aux retombées économiques des visiteurs du site antique : | 131 |
| 6.2.4. Discussion : | 131 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 134 |
| BIBLIOGRAPHIE | 137 |
| ANNEXES | II |
| Annexe 01..... | II |
| Annexe 02..... | V |
| Annexe 03..... | VI |
| Annexe 04..... | VII |
| Annexe 05..... | VIII |
| Annexe 06..... | IX |
| Annexe 07..... | X |
| Annexe 08..... | XII |
| Annexe 10 : BMC (Business Model Canva) | XIV |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Schéma de la zone littorale et des échelles de temps impliquées dans sa dynamique (Source : Cowell et al., 1999 modifié par Dehouck (2006)) | 7 |
| Figure 2: Répartition spatiale des taux d'ablation en contexte de falaise vive et morte (2010-2013) (Source : https://journals.openedition.org/geomorphologie) | 8 |
| Figure 3: Formation dunaire (Source : GILLES LEROUVILLOIS, inspirés d'illustrations de BIOTOPE de 2004) | 9 |
| Figure 4: Termes et traits caractérisant la zone côtière (Source : Morang and Parson (2002) et Horikawa (1988)) | 10 |
| Figure 5: Dissolution chimique par les sels marins (le 02/03/2024) | 14 |
| Figure 6: Impact de la dynamique marine | 15 |
| Figure 7: L'effet du vent sur la direction de la végétation (le 02/03/2024) | 15 |
| Figure 8: Historique du site archéologique de Tipaza | 19 |
| Figure 9: La situation géographique de Tipaza | 23 |
| Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude | 24 |
| Figure 11 : Parc archéologique Est-Tipaza | 25 |
| Figure 12 : Parc archéologique Ouest-Tipaza | 25 |
| Figure 13 : La mausolée royale de Mauritanie-Tipaza..... | 25 |
| Figure 14: Situation du Parc Archéologique Ouest..... | 26 |
| Figure 15: Situation du parc archéologique Est | 26 |
| Figure 16: Variation des moyennes annuelles des précipitations (2000-2022) pour la zone de Tipaza | 29 |
| Figure 17 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations (2000-2022) | 30 |
| Figure 18: Réseaux hydrographiques de la wilaya de Tipaza | 37 |
| Figure 19: Vallée de l'Oued Nador | 39 |
| Figure 20: Le bassin versant de l'oued Nador..... | 40 |
| Figure 21: Carte géographique de la wilaya de Tipaza (Source : https://images.app.goo.gl/hqLnsmqEhGHhFX23A) | 41 |
| Figure 22: Carte géologique de Tipaza 1/50 000 (Source : CNCT)..... | 46 |
| Figure 23: Etapes de réalisation des cartes à partir d'un MNT | 47 |
| Figure 24: Carte des pentes de la zone d'étude..... | 48 |
| Figure 25: Carte du réseau triangulé irrégulier (TIN) de la zone d'étude..... | 49 |
| Figure 26: Etapes de la réalisation de la carte bathymétrique | 50 |
| Figure 27: Carte bathymétrique baie de Bousmail | 51 |
| Figure 28 : Carte bathymétrique de la zone d'étude | 51 |
| Figure 29: Délimitation de la ville romaine ancienne | 54 |
| Figure 30 : Identification des ruines romaines | 55 |
| Figure 31 : Mausolée circulaire..... | 57 |
| Figure 32 : Amphithéâtre..... | 57 |
| Figure 33 : Grand therme | 57 |
| Figure 34 : Nouveau temple | 57 |
| Figure 35 : Temple anonyme..... | 57 |
| Figure 36 : Nymphée | 57 |
| Figure 37 : Basilique Judiciaire | 57 |
| Figure 38 : Théâtre | 57 |
| Figure 39 : Grande basilique | 57 |
| Figure 40: Mausolée | 57 |
| Figure 41 : Saint Salsa..... | 57 |
| Figure 42: La villa de fresque..... | 57 |
| Figure 43 : Petit therme | 57 |
| Figure 44 : Forum..... | 57 |

| | |
|--|-----|
| Figure 45 : Carte de l'isorésistivité apparente avec le schéma des structures découvertes lors de la prospection effectuée en 1992 (ne sont représentées que les zones d'anomalies)..... | 62 |
| Figure 46: Blocs diagrammes isométriques représentant le résultat de la prospection électrique de 1992 effectuée au niveau parc ouest du site..... | 62 |
| Figure 47 : Distribution des ruines romaines sur la région de Tipaza (Source : Centre culturel Tipaza) | 63 |
| Figure 48: Délimitation du village colonial français 1894 | 64 |
| Figure 49: Les extensions du noyau de base | 65 |
| Figure 50 : La création de la cité Oued Merzoug et la cité HLM..... | 66 |
| Figure 51: Les extensions du noyau de base | 67 |
| Figure 52 : Les sites d'extensions urbaines | 68 |
| Figure 53 : Délimitation des sites archéologiques classés par l'UNESCO (1992) | 69 |
| Figure 54: Sites archéologiques (2006)..... | 70 |
| Figure 55: Organigramme montrant la méthodologie de travail | 73 |
| Figure 56 : Etapes de téléchargement des images de Google Earth au niveau de Smart Gis(A) | 75 |
| Figure 57 : étapes de téléchargement des images de Google Earth au niveau de Smart Gis(B) | 76 |
| Figure 58 : Mosaïquage des images cas de l'année 2023 (Avant/Après)..... | 76 |
| Figure 59: Mode de rectification de l'image ancienne par l'image de référence 2023 | 77 |
| Figure 60: Carte de l'évolution global des Traits de côte (Parc archéologique EST) | 80 |
| Figure 61: Carte de l'évolution global des Traits de côte (Parc archéologique OUEST) | 80 |
| Figure 62: Carte de l'évolution global des traits de côte | 80 |
| Figure 63: Digitalisation des couches des différentes périodes (2006/2009/2015/2019/2023)..... | 82 |
| Figure 64: Les principaux outils de la barre d'outils du DSAS..... | 83 |
| Figure 65 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (A) | 103 |
| Figure 66 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (B) | 104 |
| Figure 67: Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (C) | 105 |
| Figure 68 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (D) | 106 |
| Figure 69: Evolution des pourcentages des classes d'occupation du sol de la zone d'étude | 109 |
| Figure 70: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2009 | 111 |
| Figure 71: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2006 | 111 |
| Figure 72: Evolution de l'urbanisation entre 2006 et 2009..... | 111 |
| Figure 73: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2009 | 113 |
| Figure 74: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2015 | 113 |
| Figure 75: Evolution de l'urbanisation entre 2009 et 2015..... | 113 |
| Figure 76: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2019 | 115 |
| Figure 77: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2015 | 115 |
| Figure 78: Evolution de l'urbanisation entre 2015 et 2019..... | 115 |
| Figure 79: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2019 | 118 |
| Figure 80: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2023 | 118 |
| Figure 81: Evolution de l'urbanisation entre 2019 à 2023..... | 118 |
| Figure 82: Evolution de l'urbanisation de 2006 à 2023 | 120 |
| Figure 83: Impact du port sur les sites archéologiques | 126 |
| Figure 84: Présence de ruines (caveau punique) au niveau de Tipaza | 126 |
| Figure 85 : L'impact du port sur le site archéologique de Tipaza | 127 |
| Figure 86: Impact du port sur les sites archéologiques | 127 |
| Figure 87 : Contribution de chaque secteur aux retombées économiques des visiteurs du site antique | 131 |
| Figure 88: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2006..... | II |
| Figure 89: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2009..... | II |
| Figure 90: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2012..... | II |
| Figure 91: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2013 | III |
| Figure 92: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2015 | III |
| Figure 93: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2017 | III |
| Figure 94: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2019 | IV |

| | |
|---|--------|
| Figure 95: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2023 | IV |
| Figure 96: Schéma de développement de la ville de Tipaza dans le cadre de la révision du PDAU | V |
| Figure 97: Etat d'avancement du nouveau plan cadastral de la ville de Tipaza au 03/01/2006 | VI |
| Figure 98: Construction à l'intérieur du périmètre classé secteur Ouest | VII |
| Figure 99: Constructions à l'intérieur du périmètre classé secteur Est | VIII |
| Figure 100: Situation du lit de l'ancien Oued servant d'égout | IX |
| Figure 101: Les menaces sur le littoral..... | XVI |
| Figure 102: Les Etapes de processus de production..... | XXXII |
| Figure 103: Matériels utilisés | XXXVII |
| Figure 104: Image satellitaire fournis par l'INCT 2010 | XLII |
| Figure 105: Image satellitaire fournis par l'INCT 2022 | XLII |
| Figure 106: Carte de l'occupation du sol (Hussein Dey/Mohammadia/Alger) entre (2010 et 2022) | XLIII |
| Figure 107 : Carte bathymétrique de la zone d'oued el Harrach..... | XLIII |
| Figure 108: Logo de la plateforme | XLIV |

Liste des tableaux

| | |
|--|---------|
| Tableau 1 : Conditions des houles au large du littoral (données SSMO in Mouhoubi et Ouabel, 2012)..... | 11 |
| Tableau 2: Bandes des 100 m..... | 13 |
| Tableau 3: Bandes des 300 m..... | 13 |
| Tableau 4 : Extension longitudinale 3Km..... | 13 |
| Tableau 5: Extension longitudinale à moins de 5 Km..... | 13 |
| Tableau 6 : Variations annuelles des précipitations (Source : https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx)..... | 29 |
| Tableau 7 : Variations mensuelles de la précipitation (Source : https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx)..... | 30 |
| Tableau 8: Les directions des vents (2000-2023)..... | 32 |
| Tableau 9: Les roses des vents saisonnières et annuelle de la région de Tipaza..... | 33 |
| Tableau 10: Les bassins versants de la wilaya de Tipaza (Source : (Bouchala, 2020))..... | 38 |
| Tableau 11: Fiche technique des plages de la zone d'étude (Source : (TAD.b, 2016))..... | 44 |
| Tableau 12: Caractéristiques des données utilisées dans l'étude..... | 74 |
| Tableau 13: Superficiés et pourcentages des classes d'occupation du sol considérées..... | 84 |
| Tableau 14: Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR..... | 86 |
| Tableau 15: Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres NSM..... | 86 |
| Tableau 16: Evolution du trait de côte entre 1959 et 1992 (EPR)..... | 87 |
| Tableau 17: Evolution du trait de côte entre 1959 et 1992 (NSM)..... | 88 |
| Tableau 18: Evolution du trait de côte entre 1992 et 2006 (EPR)..... | 91 |
| Tableau 19: Evolution du trait de côte entre 1992 et 2006 (NSM)..... | 91 |
| Tableau 20: Evolution du trait de côte entre 2006 et 2017 (EPR)..... | 94 |
| Tableau 21: Evolution du trait de côte entre 2006 et 2017 (NSM)..... | 94 |
| Tableau 22: Evolution du trait de côte entre 2017 et 2023 (EPR)..... | 96 |
| Tableau 23: Evolution du trait de côte entre 2017 et 2023 (NSM)..... | 97 |
| Tableau 24: Evolution du trait de côte entre 1959 et 2023 (EPR)..... | 99 |
| Tableau 25: Evolution du trait de côte entre 1959 et 2023 (NSM)..... | 100 |
| Tableau 26: L'évolution du port de Tipaza (2006-2023)..... | 124 |
| Tableau 27 : Nombre de visiteurs pour les sites archéologiques (2023)..... | 130 |
| Tableau 28: Analyse des statistiques de fréquentation et de revenus (2023)..... | 130 |
| Tableau 29: Statistique musée de Tipasa 2019..... | XII |
| Tableau 30: Statistique musée de Tipasa 2020..... | XII |
| Tableau 31: Statistique musée de Tipasa 2021..... | XIII |
| Tableau 32: Statistique musée de Tipasa 2022..... | XIII |
| Tableau 28: Planning du projet..... | XXV |
| Tableau 29: Cout total du Projet..... | XXXVII |
| Tableau 30: Tableau des charges fixes..... | XXXVIII |
| Tableau 31: Tableau des charges variables..... | XXXVIII |
| Tableau 32 : Production envisagée à court et à moyen terme..... | XXXIX |
| Tableau 33: Business Model Canva..... | XLV |

Liste des abréviations

2D : Deux dimensions

3D : Trois dimensions

DSAS : Digital Shoreline Analysis System

EPR : End Point Rate

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Evaluation du climat

TIN : Maillage triangulaire régulier

SIG : Système d'Information Géographique

S.S.M.O : Summary of Synoptic Meteorological Observations

CNERU : Centre National d'Etudes et de Recherches Appliquées en Urbanisme

LEM : Laboratoire des travaux maritime

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

MNT : Modèle Numérique de terrain

MNE : Modèle Numérique d'Elévation

MNS : Modèle Numérique de Surface

MNP : Modèles Numériques de Profondeur

CCT : Centre culturel Tipaza

RR : Ruines romaines

ESRI : Environmental Systems Research Institute

GEP : Google Earth Pro

TC : Traits de cote

UTM : Universal Transverse Mercator

WGS : World Geodetic system

POS : Plans occupation des sols

PDAU : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme

IDW : l'inverse de la distance pondérée

LCU : Linéaire côtier urbanise

LC : Linéaire côtier

SDAAM : Schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine d'Alger

Km : kilomètre.

Km² : kilomètre carré

**INTRODUCTION
GENERALE**

INTRODUCTION GENERALE

« L'archéologie est une discipline scientifique qui a pour objectif d'étudier et de reconstituer l'histoire de l'humanité depuis la Préhistoire jusqu'à l'époque contemporaine. Elle repose sur la collecte et l'analyse de traces matérielles laissées par les anciennes civilisations. » (Benmessaoud et Khiari, 2019).

Grace à l'archéologie on peut comprendre comment se sont passées les civilisations du passé et comment se sont substitué à travers le temps grâce à l'étude des vestiges matériels qui permet de comprendre la vie des hommes qui nous ont précédés. Ce patrimoine archéologique qui est une marque de l'histoire précédente est devenu de plus en plus en péril surtout avec les nouveaux aménagements qui ne respectent pas ces bijoux parcimonieux. Il est donc nécessaire que les procédures de conservation intègrent les préoccupations de sauvegarde archéologique dans les politiques d'aménagement urbain et rural(Boughilas et Belfoul, 2017).

L'Algérie a vu la succession de plusieurs civilisations qui ont marqués son territoire. Ces dernières ont laissé des empreintes permanentes. Certaines de ces réalisations ont pu défier le temps et parvenir aux sociétés contemporaines sous forme de vestiges archéologiques d'une importance considérable. Dans ce contexte, l'Algérie recèle une variété inestimable en matière de patrimoine archéologique, architectural et urbanistique. Elle possède beaucoup de sites et monuments historiques importants. Ces lieux racontent l'histoire riche du pays et de ses différentes civilisations. Certains de ces sites, comme Djemila, Timgad et Tipaza, sont tellement spéciaux qu'ils ont été reconnus comme "patrimoine mondial" par l'UNESCO en 1982. Aujourd'hui, c'est notre responsabilité de protéger et préserver ces trésors historiques.

La région de Tipaza représente une portion du territoire algérien qui a été convoitée par de nombreuses civilisations et qui est très riche en vestiges archéologiques, surtout antiques. Ces derniers sont une merveille classée au patrimoine mondiale de l'humanité. Cependant, ce patrimoine fait face à diverses menaces naturelles et anthropiques. Le recul du trait de côte dû à l'érosion marine met en péril certaines parties des ruines côtières. De plus, la pression humaine croissante, notamment liée à l'urbanisation effrénée que connaît la ville depuis quelques années.

Pour préserver cette richesse culturelle, un plan de gestion et de veille doit être lancé pour protéger ces sites archéologiques et sensibiliser la communauté à son importance en tant que mécanisme pour préserver l'identité et la mémoire de la ville de la disparition.

Plusieurs études ont été menées à travers le monde sur les menaces pesant sur les sites archéologiques côtiers. Notamment ; une étude de l'Université de Varsovie (2020) a évalué les dégâts environnementaux, tels que les glissements de terrain et l'érosion, affectant les ruines incas de Choquequirao au Pérou (Więclawska, et al., 2020). Un projet de l'UNESCO (2021) avec des universités boliviennes a cartographié les menaces anthropiques et naturelles sur la cité précolombienne de Tiwanaku en Bolivie. Etablissement d'une base de référence pour l'étude du patrimoine culturel maritime dans la bande de Gaza, des nouvelles recherches sur les paysages patrimoniaux de Gaza : le projet d'archéologie (GAZAMAP 2022) (Andreou et al., 2022). Enfin, une étude sur l'impact de l'érosion côtière sur l'archéologie de la côte cyrénéique de l'Est de la Libye (2023) faites par 5 chercheurs qui vise à identifier les caractéristiques et les structures archéologiques qui seront probablement

progressivement endommagées ou détruites au cours des 20 prochaines années (Westley et al., 2023). Ces études soulignent l'importance de la prise de mesures préventives et correctives pour protéger les sites archéologiques situés en zones littorales.

Bien que de nombreuses études aient été menées dans d'autres régions du monde, notre projet représente l'une des premières initiatives d'envergure visant à cartographier et protéger le riche patrimoine archéologique côtier de l'Algérie, un domaine largement inexploré jusqu'à présent dans le pays.

L'objectif principal de la présente étude consiste à étudier les menaces sur les sites archéologiques de Tipaza en se focalisant sur l'étude de l'évolution de deux facteurs causaux : la ligne de rivage et l'urbanisation. Ceci passe, dans un premier temps, par l'étude de l'évolution du trait de côte de 1959 à 2023 afin d'évaluer l'impact de l'érosion sur le recul du trait de côte. Dans un second temps, une étude de l'évolution de l'occupation du sol de 2006 à 2023 qui a été entreprise afin d'appréhender les taux de croissance du tissu urbain. Cette démarche vise à fournir des connaissances approfondies sur l'évolution du trait de côte et l'expansion urbaine, permettant ainsi de mieux prévenir les impacts néfastes sur le patrimoine archéologique côtier et de proposer des stratégies d'aménagement durable pour la région de Tipaza.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'Arrêté 1275 et de ses directives, dans le but de transformer notre thème de mémoire en un projet innovant et réalisable. Ce projet vise à créer une plateforme novatrice offrant un accès à des données cartographiques et bathymétriques précises et à haute résolution spatiale. Cette plateforme propose également des services de digitalisation des traits de côte et de l'occupation du sol, ainsi que la création de cartes thématiques et bathymétriques personnalisées, répondant ainsi aux besoins spécifiques des utilisateurs.

Ce document s'articule autour de six chapitres principaux :

Le premier chapitre constitue une synthèse bibliographique approfondie, englobant une définition des termes clés liés au littoral, une description des agents qui contrôlent sa morphologie, et une analyse de l'impact du changement climatique sur les zones côtières.

Le deuxième chapitre se concentre sur la zone d'étude spécifique de Tipaza, incluant une étude climatologique détaillée, une analyse hydrographique, ainsi qu'une évaluation morphologique de la région.

Le troisième chapitre porte sur les méthodes d'extraction et d'identification des sites archéologiques présents dans la zone, mettant en évidence les différents monuments et vestiges historiques.

Le quatrième chapitre est consacré aux données et aux méthodes adoptées pour l'étude de l'évolution de la ligne de rivage et de l'urbanisation dans la zone d'étude de Tipaza.

Le cinquième chapitre englobe la présentation et la discussion approfondie des résultats obtenus au cours de cette recherche.

Enfin, le sixième chapitre aborde les retombées des visites sur les sites archéologiques, ainsi que le rôle potentiel du patrimoine culturel dans le développement économique du pays, en explorant des perspectives et des recommandations pour une gestion durable de ces ressources précieuses.

**CHAPITRE I :
CADRE GENERAL**

1 CHAPITRE I : CADRE GENERAL**1.1. Synthèse bibliographique :****1.1.1. Système littoral :**

« Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur ». C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (Bécet, 2002).

Le littoral algérien s'étend sur 2148 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière (Kacemi, 2013). Tipaza est l'une des wilayas littorales de l'Algérie qui s'étend sur environ 146,26 km de l'Oued Mazafran à l'Est jusqu'à l'Oued Damous à l'Ouest. Sur le plan morphologique deux grandes zones distinctes se dégagent ; la zone Est (l'Ensemble du Sahel) et la zone Ouest (l'Ensemble montagneux) (TAD.a, 2016).

1.1.2. Morphologie dynamique :

Pour bien aménager et protéger le littoral, il est crucial de comprendre les divers processus dynamiques et contraintes qui régulent la côte et ses environs. Cela inclut notamment l'interaction des vagues, des marées, des courants, des variations de niveau de la mer, des mouvements de sédiments, et autres facteurs essentiels. Un système morfo-dynamique est constitué d'un objet géomorphologique qui réagit aux variations d'une composante dynamique par un ajustement morphologique. Dans le cas des systèmes littoraux, la topographie des fonds côtiers est en constant ajustement avec la dynamique du milieu fluide. Cet ajustement morphologique est le résultat d'un gradient de transport sédimentaire (Sow, 2020).

La côte algérienne est formée par une succession de baies d'importance inégale. La côte est de nature essentiellement rocheuse, elle est caractérisée par un plateau continental très réduit dont la largeur est d'environ 10 milles marins. Les fonds de 100 m sont situés à moins de 5 milles des côtes.

"Selon cadastre", la façade maritime de Tipaza s'étend sur 146,26 Kilomètre. Elle débute à l'Est, par l'Oued Mazafran limite de la wilaya d'Alger, et se termine à l'Ouest à Oued Damous limite de la wilaya de Chlef. Le littoral offre des aspects contrastés dans l'organisation de ses structures et de ses paysages morphologiques. Il est dominé sur presque toute son étendue par des reliefs vigoureux fortement disséqués. Ces reliefs se terminent souvent vers la mer par des côtes rocheuses fortement escarpées, particulièrement dans presque toute la zone. Ils prennent également des dispositions variées ; ils sont soit perpendiculaires à légèrement obliques par rapport au littoral, soit franchement parallèles à la côte. Mais dans la majeure partie des cas, ces reliefs sont séparés les uns des autres par des vallées profondes et étroites qui expliquent les difficultés d'accès à cette région par la mer (TAD.a, 2016).

1.1.2.1. Plages sableuses :

Par définition une plage correspond au domaine intertidal, c'est-à-dire au domaine de balancement des marées. Cependant pour comprendre la dynamique des zones littorales que sont les plages et plus particulièrement les plages sableuses, il est nécessaire de considérer les transferts sédimentaires entre la plage et la zone subtidale (cross-shore) ainsi que le long de la côte. Le littoral et les plages sont des systèmes qui évoluent à différentes échelles de temps et d'espace en fonction des agents de forçage comme la houle, les marées et les courants associés (Hamon, 2014).

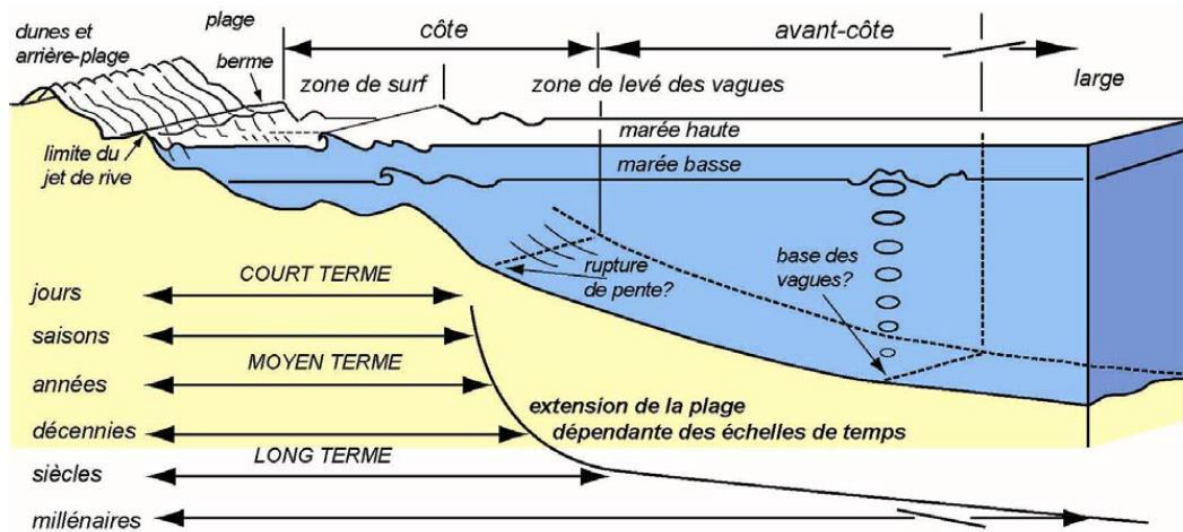


Figure 1: Schéma de la zone littorale et des échelles de temps impliquées dans sa dynamique (Source : Cowell et al., 1999 modifié par Dehouck (2006))

Dans sa partie émergée, la plage est généralement délimitée par des dunes ou une falaise. La profondeur de fermeture du système est considérée comme la limite en mer des plages, elle est définie comme la profondeur limite d'action de la houle, profondeur qui correspond à une demi-longueur d'onde de la houle (Figure 1). Ensuite, depuis la mer vers la terre il y a d'abord la zone de levée des vagues ou "shoaling zone" qui s'étend du point de formation des vagues au point de déferlement ("breaking point"). Puis, il y a la zone de déferlement ou de surf (surf zone) qui s'étend depuis le point de déferlement des vagues vers le haut de plage. Enfin, le haut de plage ou "swash zone" correspond à la zone de la pente affectée par le jet de rive (Hamon, 2014).

1.1.2.2. Falaises :

Le terme "falaise" désigne dans son sens général, une paroi soumise à l'action des vagues quelle que soit son origine, rocheuse ou meuble, une falaise est un escarpement situé sur la partie supratidale (en amont de la plateforme d'érosion). Elle possède une pente supérieure à 15° avec des hauteurs très variées allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres (Otmani, 2020).

Les falaises constituent un cas particulier de versant qui recule parallèlement à lui-même, laissant devant lui une plate-forme rocheuse doucement inclinée vers la mer. Lorsque cette plate-forme manque, on parle de falaises plongeantes dont l'origine est souvent un escarpement de faille. Les falaises plongeantes résistent bien à l'attaque mécanique des houles car elles réfléchissent les vagues (Bernatchez et al., 2014).

Les caractéristiques des falaises, notamment leur hauteur, leur profil et leur vitesse de recul, sont déterminées par un ensemble de facteurs cela inclut les conditions topographiques et structurales d'une part, comme la nature des roches et la configuration du relief, et les processus morphogéniques actifs d'autre part, tels que l'érosion marine et l'action des agents atmosphériques.

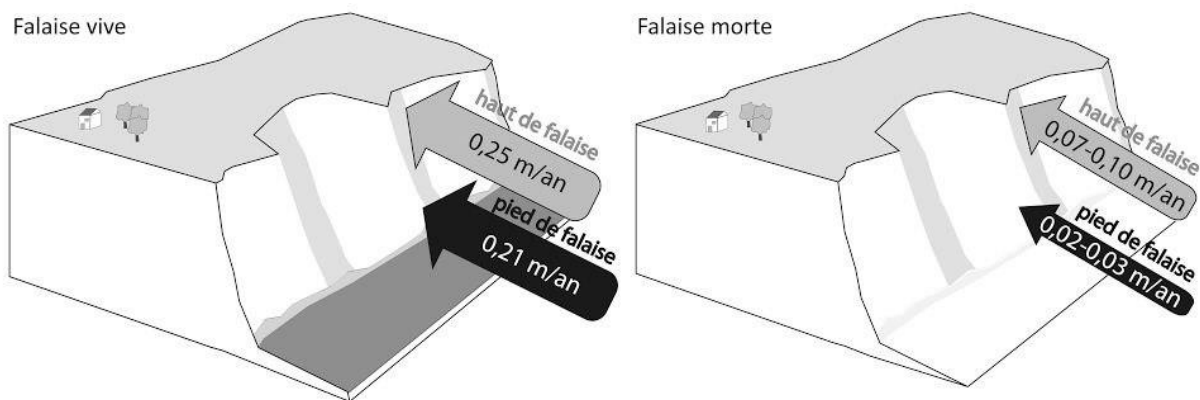


Figure 2: Répartition spatiale des taux d'ablation en contexte de falaise vive et morte (2010-2013) (Source : <https://journals.openedition.org/geomorphologie>)

1.1.2.3. Cordon dunaire :

Les cordons dunaires côtiers sont des accumulations sédimentaires qui résultent d'un processus de transport et de sélection des matériaux sous les actions combinées de phénomènes hydrodynamiques maritimes, puis éoliens. Leurs évolutions sont en relation directe avec la nature, la morphologie et l'évolution des plages qui les bordent et avec lesquelles ils constituent un système morphodynamique en continuelle adaptation (Gouguet, 2018).

Les dunes littorales sont des monticules de sable créés par les dynamiques éoliennes et marines, La mer apporte des sédiments sur la côte qui sont par la suite remobilisés par le vent. C'est un milieu dynamique sujet à des échanges sédimentaires permanents avec la plage, (Dubois, 2000)

Elle résulte de l'accumulation par le vent de sable apporté par la mer, constituant un bourrelet rectiligne parallèle au rivage .(Paskoff, 2010), La vulnérabilité des dunes dépend beaucoup de leur couverture végétale et de l'orientation du vent. La plupart des écosystèmes de dunes côtières sont dégradés en raison de la pression humaine, principalement par le biais du tourisme et de l'urbanisation du littoral (UICN, 2012)

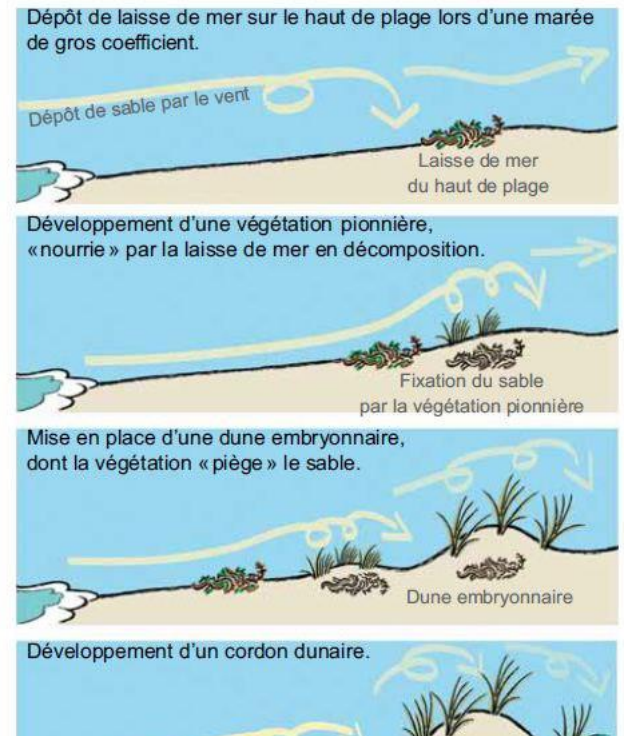


Figure 3: Formation dunaire (Source : GILLES LEROUVILLOIS, inspirés d'illustrations de BIOTOPE de 2004)

1.1.3. Hydrodynamique côtière :

La zone littorale est une zone complexe où se produisent de nombreuses interactions entre les agents dynamiques responsables des circulations hydrodynamiques.

Comme dans la plupart des pays du monde, l'Algérie se caractérise par une forte concentration de population sur son littoral liée aux fortes activités touristiques et économiques qui s'y déroulent. La pression exercée par ces activités côtières en plus du changement climatique la rend exposée à un risque naturel élevé. D'autre part, les différentes études et aménagements littoraux liés à ces activités, nécessitent une bonne connaissance des régimes de tempêtes et des niveaux de retour des hauteurs de vagues extrêmes afin d'assurer un renforcement et une conception économiques et durables des ports et des infrastructures de protection côtière et d'identifier les zones côtières vulnérables exposées à des risques naturels élevés(Amarouche et al., 2020).

En mer Méditerranée, plusieurs études se sont concentrées sur l'évaluation des vagues extrêmes, des tempêtes de vagues et des tsunamis possibles. Au niveau Méditerranéen, les travaux de Besio ont montré que la zone la plus énergique de la Méditerranée se situe dans le bassin occidental entre les îles Baléares, la Sardaigne, la Corse et la côte nord de l'Algérie, et ce, avec une puissance moyenne annuelle - le long de la côte - d'environ 10kW/m (Besio et al., 2016).

Dans les côtes centrales algériennes, plusieurs grandes accumulations de blocs ont été soupçonnées d'être le résultat d'une tempête catastrophique ou d'un tsunami. Les niveaux de retour les plus élevés de hauteurs de vagues extrêmes sont estimés dans le bassin algérien, l'impact de ces vagues peut varier à la fois en fonction de l'indice de puissance de la tempête et de la direction de propagation des vagues (direction moyenne globale des

vagues). Donc, il est difficile de déterminer l'événement à l'origine de l'accumulation de blocs sur les côtes algéro-montantes s'ils sont causés par un tsunami ou par des vagues extrêmes. Ainsi, le bassin algérien est exposé à la fois à de violents événements orageux et aux différentes activités cycloniques de la mer Méditerranée (Amarouche et al., 2020).

En ce qui concerne l'effet érosif des vagues sur le littoral d'étude (Tipaza), les vagues induisent par endroits des pertes de terrains et la fragilisation par érosion des défenses côtières naturelles (falaises sableuses côtières). A titre d'exemple, toutes les dunes du côté ouest d'Alger, Sidi Fredj et Zéralda sont pratiquement réduites. Et il en est de même pour la sape d'ouvrages de protection par affouillement. La synthèse de tous ces indicateurs montre que la zone d'étude est régulée par une agitation hydrodynamique non négligeable (Hemdane et al., 2023).

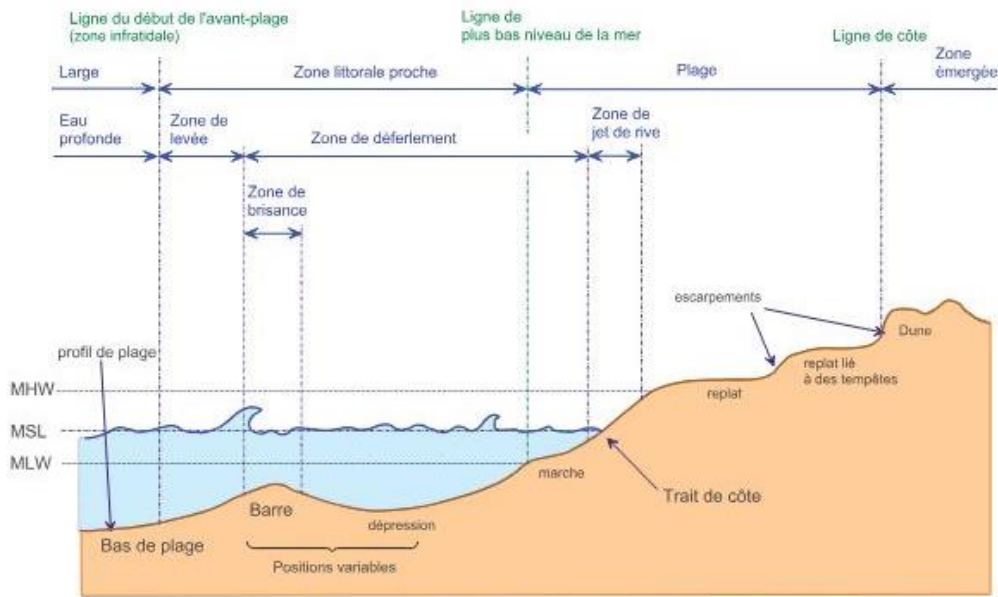


Figure 4: Termes et traits caractérisant la zone côtière (Source : Morang and Parson (2002) et Horikawa (1988))

1.1.3.1. Les vagues et les houles au large :

Les données des vagues au large du littoral de Tipaza sont extraites du « Summary of Synoptic Meteorological Observations » (S.S.M.O) (Tableau n°1) (in Mouhoubi et Ouabel, 2012). L'observation de ces données montre que les directions NE, N et NW sont celles qui impactent le plus le littoral de la région. En effet, l'examen de l'orientation du trait de côte du littoral de Tipaza montre que celle-ci, est, d'une manière générale, orientée E-W. Par conséquent, cette orientation laisse l'ensemble (ou presque) du littoral de Tipaza fortement exposé aux vagues, houles et vents des secteurs Nord, Nord-est et Nord-Ouest. Toutefois, certains endroits identifiés au niveau de la commune côtière de Tipaza sont quant à eux sensiblement exposés aux vagues, houles et vents des secteurs Nord-est et Est.

Tableau 1 : Conditions des houles au large du littoral (données SSMO in Mouhoubi et Ouabel, 2012)

| | Tp (s) | N360 | N45 | N270 | N315 |
|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Annuelle | 6 | 1 | 1.09 | 1.19 | 1.1 |
| | 8 | 2.67 | 2.56 | 2.67 | 2.64 |
| | 10 | 4.92 | 5.05 | 5.54 | 4.53 |
| Vingtennale | H _s (m) | 6.16 | 5.79 | 9.13 | 5.58 |
| | T _p (s) | 12.17 | 11.83 | 14.44 | 11.60 |

1.1.3.2. Les courants de retour :

Lorsque les vagues, les houles et les vents atteignent la côte avec une incidence frontale, ils peuvent générer un retour de masse d'eau vers le large. Certains courants de retour, tels que les rip currents, sont très dangereux et peuvent « transpercer » la ligne de déferlement des vagues. En ce qui concerne la zone d'étude, les vagues du secteur N peuvent générer des courants de retour au niveau des petits-fonds du littoral de Tipaza. Toutefois, et en raison de l'orientation du trait de côte, d'autres vagues, entre autres, de secteurs NE et NW peuvent atteindre, par endroits, la côte avec une incidence frontale ou presque en y générant, de potentiels courants de retour.

L'étude océanographique complète, portant sur les vagues, les vents et les courants, relative au littoral de Tipaza, a révélé que :

Le littoral de Tipaza est de type microtidal, avec un marnage inférieur à 2 mètres. Cette faible amplitude des marées accroît la sensibilité côtière de la région. En raison de l'orientation générale Est-Ouest (ou Est Nord Est – Ouest Sud-Ouest) du trait de côte, le littoral de Tipaza est fortement exposé aux vagues, houles et vents provenant des secteurs Nord-Est, Nord et Nord-Ouest. Les vagues des secteurs Nord-Ouest et Nord-Est peuvent, à des degrés divers, générer des courants de dérive littorale, ces courants jouent un rôle essentiel dans l'équilibre côtier. Bien que les vagues arrivent obliquement depuis le large, la morphologie côtière (orientation du trait de côte) peut engendrer localement des courants de retour potentiels. L'orientation structurale (NE) du Mont de Chenoua permet de protéger relativement la plage de Tipaza contre les vagues venant du secteur Nord-Ouest. Certains phénomènes océanographiques météorologiques (parfois extra-météorologiques) peuvent provoquer une élévation soudaine du niveau de la mer. Il est donc fortement recommandé de tenir compte de ces phénomènes, car ils peuvent entraîner des surcotes marines importantes le long de la côte (TAD.a, 2016).

1.1.4. Les agents de la dynamique côtière :

1.1.4.1. Urbanisation :

Bien que des lois relatives à l'aménagement et à la protection de l'environnement, telles que la loi n°83-03 de la protection de l'environnement, la loi n°29-90 relative à l'aménagement et à l'urbanisme et la loi n°01-20 relative à l'aménagement et au développement durable aient été mises en place en Algérie. Les législateurs ont pris conscience du caractère singulier de l'espace littoral méritant par conséquent une législation spécifique permettant aussi bien sa protection que la mise en valeur de ses potentialités naturelles et culturelles.

C'est dans cette optique que se place la loi littorale n°02-02 fixant, principalement, les dispositions générales et environnementales naturelles du littoral algérien particulières relatives au littoral, s'efforçant ainsi de concilier espace de vie et environnement naturel du littoral algérien.

Le littoral algérien a toujours été un territoire propice à l'établissement humain. En l'espace de 45 années, il a subi une urbanisation intense qui a développé une vulnérabilité multiple face aux phénomènes naturels extrêmes. Les réglementations telles que les instruments d'urbanisme (PDAU, POS...), les textes législatifs relatifs à l'aménagement et au développement durable du territoire, à la protection et à la valorisation du littoral, ou à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes ainsi que certaines études émergentes ne restent que théoriques et non applicables sur le terrain faute d'élaboration de stratégies de planification à long terme exprimée par des plans de protection (Aouissi et Madani, 2016).

La zone d'étude, Tipaza, est l'un des espaces les plus évolutifs de l'aire métropolitaine d'Alger (Nouri & Ozer, 2015) avec 1.8% de la population algérienne établie dans le site et un taux d'accroissement entre 1998 et 2008 de 2.1% (CNERU, 2010) Tipaza est le chef-lieu de commune et de wilaya qui occupe la partie centrale de cette dernière, occupant une superficie de 6600 ha, avec une façade littorale de 33,83 km, dont 11,30 km sont déjà urbanisés. Le domaine littoral de la commune de Tipaza est d'environ 4636,40 ha, représentant près de 70,25 % de la superficie totale de la commune (TAD, 2016).

Le paysage urbain de Tipaza est au centre d'enjeux conflictuels : conservation urbaine, gestion de la dynamique urbaine, protection des aires naturelles, aménagement rural et gestion touristique-récréative. Auxquels

s'ajoute l'enjeu de durabilité physique, social et économique (Khettab, 2019). L'urbanisme est l'un des secteurs les plus développés au niveau de la wilaya, notamment sur sa partie Est. Il est communément admis par les diverses études portant sur le littoral à travers le monde que le seuil d'occupation humaine est de l'ordre de 30% du littoral par rapport au pays considéré comme niveau d'alerte du fait des valeurs patrimoniales écologiquement sensibles que recèlent les espaces côtiers (TAD.b, 2016).

A l'instar des villes algériennes, la ville de Tipaza a connu un important déséquilibre et une extension qui reste insuffisante par rapport à un site de plus en plus saturé qui ne répond pas à ses besoins. Après saturation de cette ville, sa croissance est prise en charge par la naissance d'une série de dédoublements successifs de son établissement élémentaire via ses parcours (Louadj et Berrouba, 2017).

Cependant, le secteur de l'urbanisme est souvent ressenti comme secteur à double tranchant pour le développement des villes. S'il est bien géré, il peut être d'un apport certain en développement, emploi et habitat, mais s'il est mal régulé, plusieurs problèmes naissent - cadre bâti illicite, besoins mal pris en charge, fléaux sociaux - et deviennent des freins à ce développement tant voulu par les autorités et les populations de la région.

❖ **Urbanisation actuelle par rapport aux zones non aedificandi (TAD.b, 2016):**

Tableau 2: Bandes des 100 m

| Commune | Sup (HA) | Sup urbaine (HA) | % |
|---------|----------|------------------|-------|
| Tipaza | 288,8 | 33,32 | 11,54 |

Tableau 3: Bandes des 300 m

| Commune | Occupation de l'espace | Surface occupée dans la zone de servitude (Ha) |
|---------|------------------------------|--|
| Tipaza | Carrière à l'arrêt à Chenoua | 157.52 |

Tableau 4 : Extension longitudinale 3Km

| Commune | Linéaire côtier (Km) | Linéaire côtier urbanise (LCU) (km) | LC/LCU | Conformité avec Loi 02-02 |
|---------|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------------------|
| Tipaza | 33,83 | 8,48 | 25,07 | Non conforme / à bloquer |

Tableau 5: Extension longitudinale à moins de 5 Km

| Commune | Agglomération | Linéaire (km) | Conformité avec la Loi 02-02 |
|---------|----------------------|---------------|------------------------------|
| Tipaza | Ain Tagourait-Tipaza | 11,6 | Conforme / à préserver |
| | Tipaza-Chenoua | 1,6 | Non conforme / à bloquer |
| | Chenoua-El beldj | 4,36 | Non conforme / à bloquer |
| | El beldj-El hamdania | 5,69 | Conforme/à préserver |

1.1.4.2. Erosion :

L'érosion du littoral, appelée aussi érosion côtière, est un phénomène naturel ou anthropique qui se produit en de nombreux endroits du monde. Différents facteurs peuvent induire cette érosion non compensée par l'engraissement local : facteurs planétaires, tels que la légère montée des océans et les phénomènes de rééquilibrage isostatique, et les facteurs locaux qui déséquilibrent le bilan sédimentaire et la disponibilité de sédiments, les conditions hydrodynamiques, les courants marins (action des vagues et de la houle), particulièrement lors de grandes marées et de fortes tempêtes. Ce phénomène est favorisé par plusieurs facteurs anthropiques. Cette érosion côtière se manifeste par un recul du trait de côte, des couloirs de ravinement, l'abaissement des plages et des petits fonds, des dépôts de pente lorsque les roches sont globalement saines, ou des phénomènes plus ou moins spectaculaires lorsque les roches sont altérées, éboulements rocheux, glissements de matériaux ponctuels ou en masse, suivant la hauteur, la pente et la nature de la falaise (Paul, 2008).

Il est communément admis que le problème environnemental majeur du littoral méditerranéen, et l'Algérie n'en fait pas exception, est son artificialisation du fait d'un développement infrastructurel multiforme important (ports, unités de dessalement, industries, tourisme...) entraînant ainsi et réciproquement une extension urbaine et des demandes sociales persistantes dont la traduction spatiale n'est pas toujours conforme et cohérente avec la notion de durabilité des ressources naturelles. Les pressions sur le littoral se manifestent donc sûrement par des phénomènes d'érosion côtière, de pollution marine, de la perte ou de la fragmentation des habitats, de l'altération de paysages côtiers remarquables... (TAD.a, 2016).

Ouvert vers le Nord, le littoral de Tipaza est exposé aux vents dominants et aux tempêtes, ce qui entraîne son érosion et son recul. Cette érosion résulte de processus naturels associés à la dynamique côtière, tels que les transports de sédiments, ainsi que d'influences humaines, notamment l'urbanisation. L'érosion du littoral est l'un des risques majeurs affectant la région, en plus du risque sismique et des inondations. La perte de 1000 hectares de forêt en 2008 due aux incendies a également contribué à l'aggravation de ce phénomène.

a. Dégradations naturelles :

- **Effet des sels marins :**

Le site, situé en bord de mer, est soumis en hiver à des vents du nord parfois violents. Il est, dès l'origine, soumis aux conditions climatiques liées au choix de son implantation. Les effets néfastes des sels sont toutefois plus à redouter dans des phénomènes de remontées capillaires que par des effets éoliens (Seridi et al., 2021).

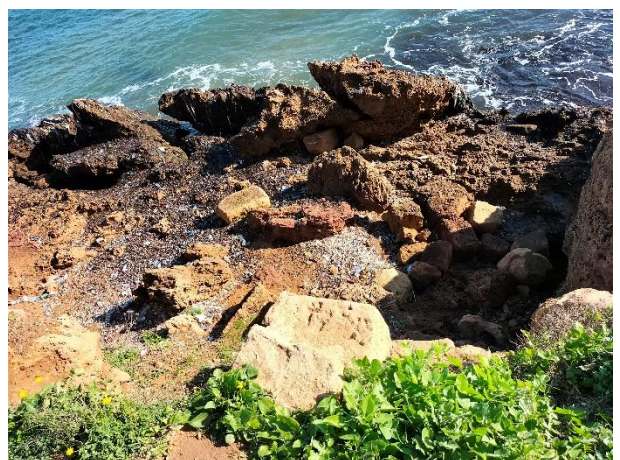


Figure 5: Dissolution chimique par les sels marins (le 02/03/2024)

- **Dynamique marine :**

Les houles prédominantes sont Ouest-Nord-Ouest en hiver. La période de houle est de 8- 9 secondes, elle atteint souvent des périodes maximales de 13 secondes en période de tempête ainsi que des amplitudes maximales de 4 à 6 m (LEM, 2018, p. 49). Ces houles gardent presque la totalité de leur énergie du large. Donc, le site de Tipaza est très exposé au vent générateur de houles à la côte (Figure 6), du fait de son orientation par rapport au littoral. Les résultats de l'étude de propagation de la houle et des vents dominants à la côte (LEM, 2018) démontrent un processus répétitif et cumulatif. La falaise est sujette aux attaques permanentes de la houle frontale et des vagues et provoquent des creusements de grottes mettant en péril la stabilité de l'ensemble de sa structure et du bien qu'elle porte (Belkacemi, 2022).



Figure 6: Impact de la dynamique marine
Source : (le 02/03/2024)

- **Les vents :**

Les vents agissent sur les reliefs (Figure 7) par déflation en arrachant les grains de sables, mettant la roche dure à nu, tout en se conjuguant à d'autres agents d'érosion qui sont : la gélifraction et la défragmentation (fractures et diaclases visibles dans la partie nord du site). Le vent peut provoquer en hiver des tempêtes de type exceptionnel, comme celle produite en 2001, où les vagues ont atteint 9 mètres de Hs, engendrant des dégâts importants dans le périmètre du port et de la falaise (LEM, 2018).

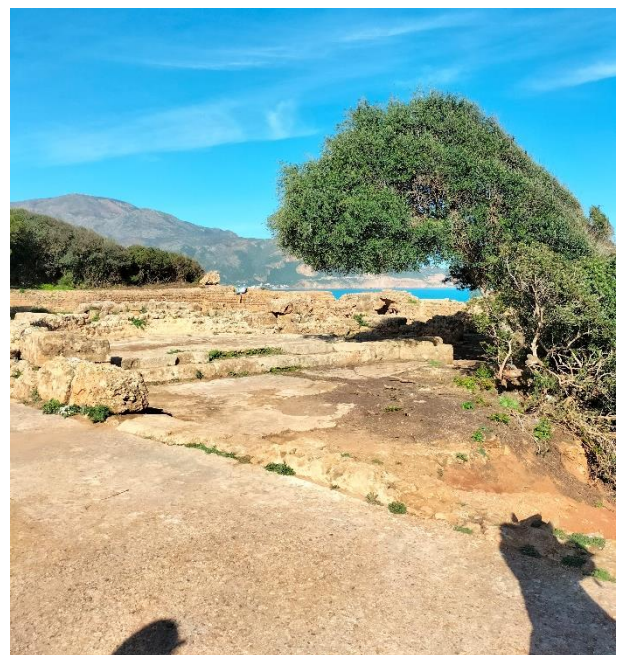


Figure 7: L'effet du vent sur la direction de la végétation (le 02/03/2024)

- **Les pluies :**

Des glissements peuvent survenir, provoqués par des pluies diluviennes, fluant le long des versants et des pentes en transportant une quantité considérable de boue, de sable et de terre, accentuant l'érosion différentielle jusqu'à la provocation d'éboulements. Et selon le rapport daté du 31 janvier 2017, élaboré par le LEM (2017), adressé à la direction des travaux public, signalant des éboulements de roches au niveau de la falaise, durant la nuit du 30 janvier 2017, une des roches tombées au niveau de la nouvelle digue de protection du site est d'environ neuf à dix tonnes. Son décollement, effectué à hauteur de 15 à 17 m de la falaise, s'est fragmenté lors de la chute. Cet accident est signalé comme la conséquence des eaux de pluies qui se sont déversées au cours du mois de janvier 2017 ; la houle a atteint 8 m de Hs, cela correspond à une tempête majeure selon l'échelle de Beaufort. Cette échelle évalue les vents en fonction de leur force et de leurs effets, allant de la brise légère à la tempête majeure. Ainsi, lorsque la houle dépasse les 5 mètres de Hs, elle indique des conditions maritimes sévères (Gervais, 2012) ; Belkacemi, 2022).

b. Menaces dues à l'urbanisation

- **Constructions illicites :**

Selon les deux derniers recensements généraux de la population et de l'habitat (en 2020 et en 2021), la wilaya de Tipaza et les communes côtières ont connu une croissance urbaine importante, qui se traduit par la naissance de nouvelles agglomérations d'une part et la fusion constatée entre plusieurs agglomérations d'autre part. Le dernier recensement de la population et de l'habitat (en 2021) montre que presque 60% de la population des communes littorales de la wilaya de Tipaza sont regroupées au niveau des agglomérations. A la fin de l'année 2020, la population de la wilaya est estimée à 809.311 habitants, avec une densité de population de l'ordre de 474 habitants /km² en 2021 (DPSB, 2021).

1.1.4.3. Submersion marine :

Les zones côtières peuvent être vulnérables aux effets des catastrophes naturelles en raison du changement climatique. La submersion des côtes est provoquée par l'élévation du niveau de la mer et constitue l'un des facteurs contribuant à l'accentuation des risques côtiers. Cette élévation du niveau de la mer peut provoquer des submersions et des érosions dans les zones côtières, s'ajoutant aux dangers météorologiques extrêmes comme les tempêtes et aux causes géologiques comme les tsunamis provoqués par les tremblements de terre. Toutes ces raisons peuvent affecter les zones côtières par des risques multiples (érosion, submersion et intrusion saline) (Chaib et al., 2020 a).

La submersion est particulièrement dangereuse pour les zones côtières basses et les îles. Ces dangers sont causés par des facteurs climatiques comme l'effet de serre qui contribue à l'élévation du niveau de la mer, provoquée par la fonte des glaces et la dilatation des océans par des facteurs géomorphologiques comme le type de côte et la géologie, et par des facteurs anthropiques qui concernent l'impact humain sur la zone côtière. La submersion

marine, l'érosion côtière et le recul du littoral affectent la moitié des côtes méditerranéennes, considérées comme les plus vulnérables au monde au changement climatique; (Chaib et al., 2020a); (Calvin et al., 2023)

En Algérie, ce problème est devenu une préoccupation majeure pour les scientifiques et les décideurs politiques. La zone côtière algérienne présente une forte activité sismique et un risque de tsunami et a toujours connu une évolution liée au climat. La cartographie de la vulnérabilité et de l'exposition du littoral montre qu'elle est à 80% modérément vulnérable à l'érosion et à la submersion. Aussi, 45% de cette zone sont fortement exposés aux aléas côtiers. Certains secteurs sont plus vulnérables et exposés que d'autres (Chaib et al., 2020b).

1.1.5. Changement climatique :

1.1.5.1. A l'échelle régionale :

En raison de sa position géographique et de ses caractéristiques climatiques, l'Algérie est très vulnérable au changement climatique. Même une faible augmentation de la température entraînerait divers problèmes socioéconomiques qui entraveraient le développement du pays (Sahnoune et al., 2013).

Les résultats du rapport de l'IPCC ont été utilisés pour la quantification de la variable « élévation relative du niveau de la mer ». A ce sujet, le niveau moyen mondial de la mer a augmenté de 0,20 [0,15 à 0,25] mm entre 1901 et 2018. Le taux moyen d'élévation du niveau de la mer était de 1,3 [0,6 à 2,1] mm an⁻¹ entre 1901 et 1971, augmentant à 1,9 [0,8 à 2,9] mm an⁻¹ entre 1971 et 2006, et augmentant encore à 3,7 [3,2 à 4,2] mm an⁻¹ entre 2006 et 2018 (degré de confiance élevé) L'influence humaine a très probablement été le principal moteur de ces augmentations depuis au moins 1971. Aussi, les scénarios de l'IPCC appliqués pour l'Algérie pour la période de 1990-2020 ont prévu une augmentation du niveau de la mer de 5 à 10 cm. Par conséquent, le niveau de sensibilité côtière relatif à la variable « élévation relative du niveau de la mer » est élevé sur l'ensemble du littoral de Tipaza (TAD, 2016), La répartition spatiale et temporelle des précipitations va également changer. L'analyse des données climatiques de 1931 à 1990 dans le nord de l'Algérie révèle qu'une hausse de température de 0,5°C atteindrait une augmentation de 1°C vers 2020. Une hausse de température de 2°C est prévue d'ici 2050 (Sahnoune et al., 2013).

1.1.5.2. Les prévisions des modèles climatiques des élévations du niveau marin :

L'Agence pour la Protection de l'Environnement des Etats-Unis prévoyait pour l'année 2100 (EPA) :

- ✓ Une élévation du niveau mondial des océans comprise entre 0,5 m et 3,5 m.
- ✓ Les prévisions pour l'année 2100 tendent à se stabiliser depuis 1992 autour d'une fourchette comprise entre un minimum de 15-20 cm et un maximum de 80 à 95 cm.
- ✓ La montée du niveau de la mer provoquée par l'expansion thermique des océans serait de 0,23 à 0,43 mm/an (en moyenne, mais avec une accélération dans la deuxième partie du siècle), la contribution des glaciers serait comprise entre -0,11 et 0,30 mm/an et l'impact des changements hydrologiques sur la surface terrestre et dans les nappes aquifères serait compris entre -0,13 et 0,01 mm/an.

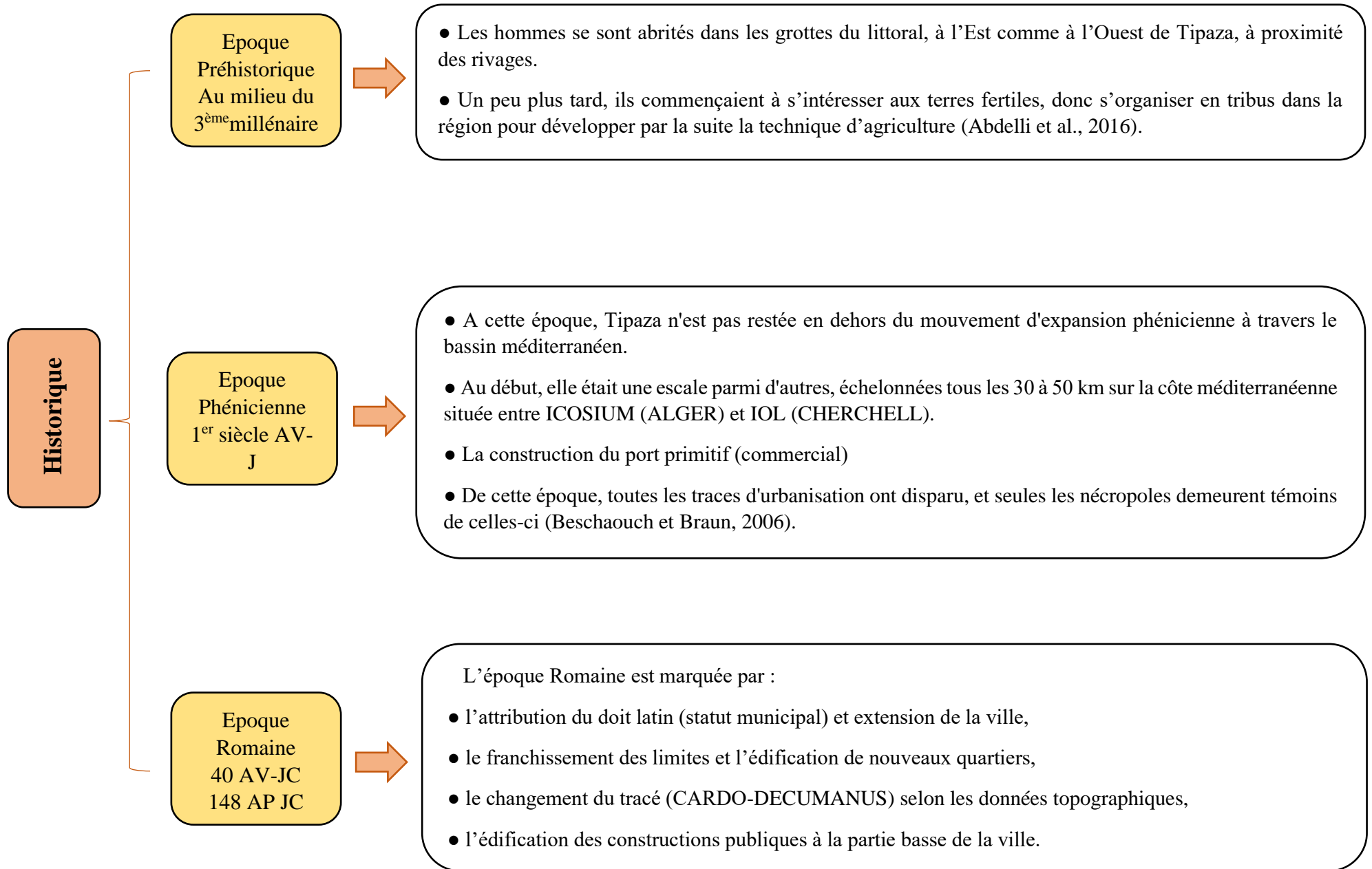
1.1.6. Historique des sites archéologiques :

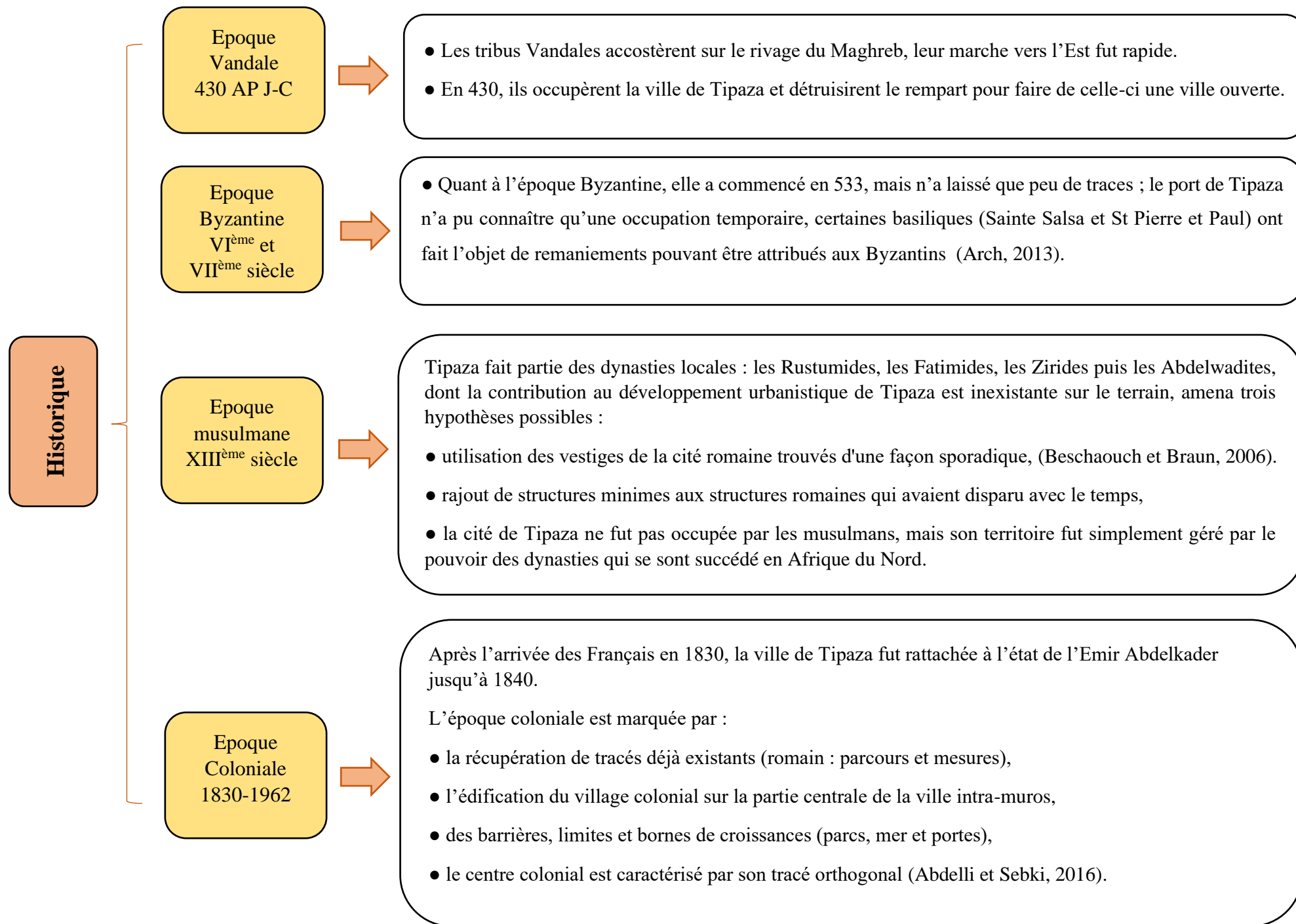
Le peuplement de la région de Tipaza, au même titre que l'ensemble du pays, a connu plusieurs civilisations. D'importants témoignages subsistent et constituent aujourd'hui un patrimoine historique et culturel.

La création de Tipaza remonte vers le Ve- VIe siècles avant J.-C., par les phéniciens. Le nom de « Tipaza » signifiait pour eux « lieu de passage ». Fondée par les Phéniciens au VIe siècle, la ville prospéra sous la domination romaine à partir du IIe siècle après J.-C., située en plein littoral algérien, à environ 70 km à l'ouest d'Alger. La ville de Tipaza est un ancien comptoir punique autrefois occupé par les Romains. Elle est constituée de nombreux vestiges phéniciens, romains, paléochrétiens, byzantins. Ces vestiges antiques témoignent de son riche passé faisant de cet endroit l'une des destinations touristiques les plus populaires d'Algérie. Ce site qui s'étend sur une superficie de 200 hectares, abrite différentes civilisations allant du VIe siècle avant J.-C. au VIe siècle de notre ère, dont les Berbères, les Phéniciens, les Romains et les Byzantins (Seridi et al., 2021).

Le site comprend deux parties principales : l'antique Tipaza, d'une part, et le Mausolée royal de Maurétanie, d'autre part.

- ✓ Le Mausolée royal de Maurétanie, connu aussi sous le nom de « Kbor er Roumia » ou, « tombeau de la Chrétienne », se situe à une altitude de 260 m au faite d'une colline, à une distance d'environ 10 kilomètres au sud-est de Tipaza.
- ✓ L'antique Tipaza comprend deux parties distinctes et non continues :
 - Une zone enclose en front de mer, à l'ouest de la ville, qui renferme une partie de la ville antique à l'intérieur de la ligne des remparts ainsi que les principaux vestiges de la Nécropole qui s'étend à l'extérieur. Cette zone comprend les principaux monuments mis au jour : le Nymphée, le Théâtre, des Thermes, une Basilique, le Forum, la Curie, des éléments viaires et des restes de villas maritimes.
 - Une autre partie, également enclose et en front de mer, symétrique à la première, comprend la zone Est de la ville antique et la Nécropole à l'extérieur de la ligne conservée des remparts. Un front de carrière est inclus dans la zone (Beschaouch et Braun, 2006).





1.2. Contexte de l'étude :

Les sites archéologiques sont des richesses non renouvelables. Ils représentent souvent notre seul moyen d'exploration de notre histoire. Qui n'a pas laissé de traces orales ou écrites ? Diverses lois et règlements sont élaborés afin de les protéger contre le vandalisme et les fouilles non autorisées. Toutefois, ces sites restent exposés aux facteurs de dégradation naturels.

Les ruines de Tipaza, témoignage précieux de l'histoire romaine en Algérie, sont confrontées à des menaces croissantes telles que l'urbanisation non réglementée et l'érosion côtière.

Notre étude vise à élaborer un état des lieux par rapport aux menaces et aux facteurs de dégradation de ce site, puis à proposer des stratégies de gestion durable pour préserver et protéger ces ruines. L'objectif est de concilier la préservation du patrimoine avec un développement urbain respectueux de l'histoire et de l'environnement, nécessitant une coopération étroite entre les parties prenantes locales, nationales et internationales.

Pour mieux comprendre la problématique posée et de pouvoir arriver aux résultats attendus, ce travail s'articule autour de deux approches principales : théorique et pratique. La première approche théorique constitue le corpus théorique du travail, réalisé à base de recherches bibliographiques et traite des données théoriques afin de mieux comprendre le thème de recherche, le tout accompagné d'analyses, d'exemples, de référence en termes de mise en valeur des sites archéologiques afin d'éclairer au mieux les actions à mener sur ce patrimoine.

Dans le cadre de la partie pratique de ce mémoire, une étude approfondie a été menée sur les sites archéologiques de Tipaza. Cette étude pluridisciplinaire vise à évaluer l'état de conservation de ces vestiges romains d'une importance historique majeure, ainsi que les pressions et menaces auxquelles ils sont confrontés. Quatre axes d'analyse ont été explorés :

1. **Inventaire et localisation des ruines archéologiques** : une extraction détaillée des cartes anciennes du Centre culturel de Tipaza devant permettre d'identifier et de localiser précisément les différents sites et ruines présents dans la région. Un accent particulier a été mis sur la compréhension de l'impact de l'urbanisation, depuis la période coloniale française jusqu'à nos jours, sur ces sites historiques.
2. **Analyse de l'érosion côtière** : grâce à l'outil DSAS (Digital Shoreline Analysis System) sur ArcGIS, une étude diachronique a été réalisée pour quantifier le recul de la ligne de rivage et l'érosion menaçant les ruines romaines situées à proximité du littoral.
3. **Évolution de l'urbanisation et du port** : l'évolution de l'urbanisation et du port de Tipaza a été examinée afin d'évaluer les pressions anthropiques exercées sur les sites archéologiques au fil du temps. Cette analyse devrait permettre de mettre en lumière les impacts potentiels de ces activités humaines sur la préservation du patrimoine.

4. **Valorisation touristique et retombées économiques :** enfin, une étude a été consacrée à la valorisation touristique de ces sites, en analysant les retombées économiques générées par les visiteurs (billetterie, hébergement, achats, services de guides, restauration, etc.). Cette étude vise à souligner l'importance de la préservation du patrimoine archéologique pour le développement local durable.

Cette approche pluridisciplinaire, combinant des méthodes géomatiques, archéologiques, urbaines et économiques, devrait permettre d'obtenir une vision d'ensemble des enjeux liés à la conservation et à la valorisation des sites archéologiques de Tipaza.

1.3. Localisation et choix de la zone d'étude :

La wilaya de Tipaza fait partie de la région nord centre fortement urbanisée et polarisante à la fois, jouissant d'atouts majeurs économiques, touristiques et naturels, la mettant à l'avant-garde du reste du territoire national. Sa superficie est de l'ordre de 1707 km². Elle est distante de 72 km de la capitale Alger.

Elle est limitée géographiquement par :

- ✓ la mer méditerranéenne au Nord
- ✓ la wilaya de Blida au Sud
- ✓ la wilaya d'Alger à l'Est
- ✓ la wilaya de Chlef à l'Ouest

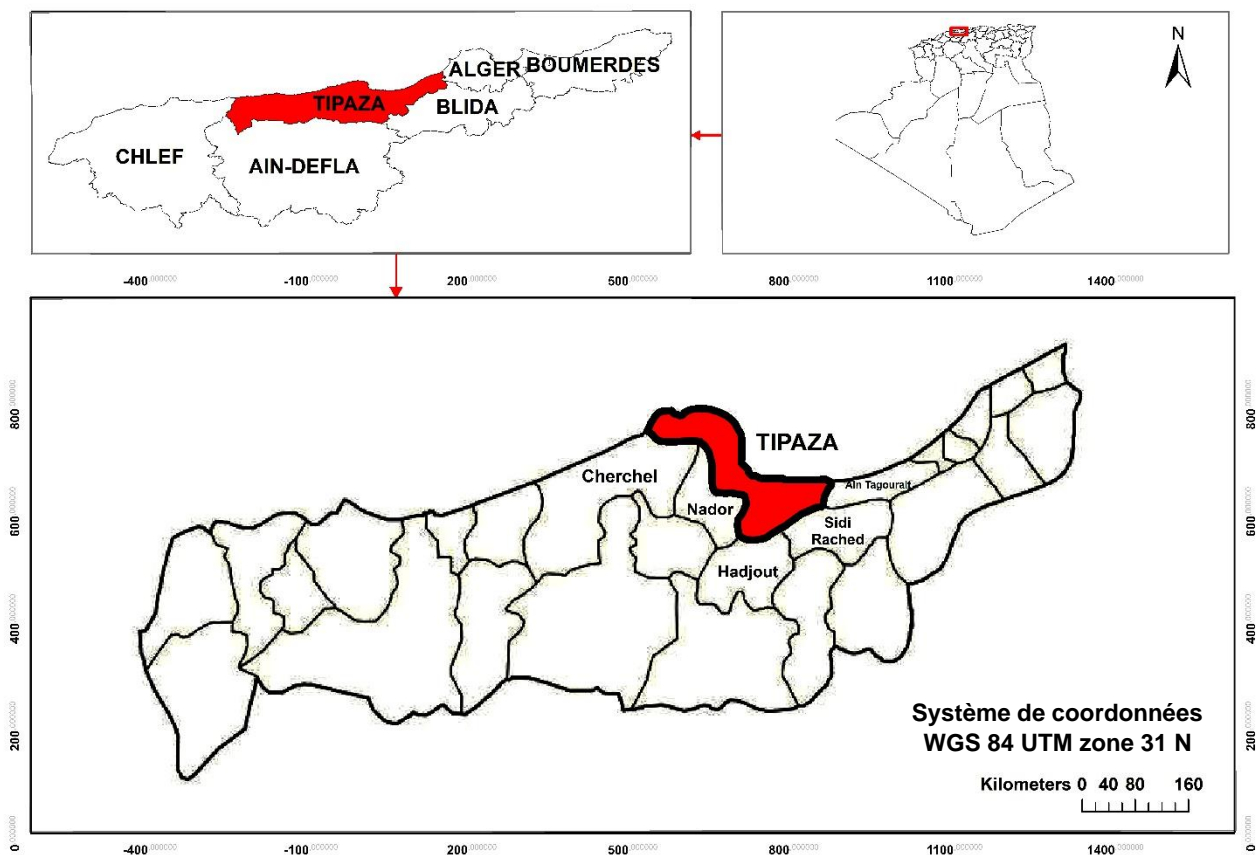


Figure 9: La situation géographique de Tipaza

La commune de Tipaza, érigée en chef-lieu de wilaya en 1985, se situe dans les confins Ouest du Sahel d'Alger et dans la partie Est du Massif du Chenoua et la vallée de l'oued Nador. Elle se trouve à 80 km d'Alger et couvre une superficie d'environ 7000 ha.

Elle est limitée :

- ✓ au Nord par la mer Méditerranée
- ✓ au Sud par les communes de Sidi Rached et de Nador
- ✓ à l'Est par la commune de Aïn Tagouraît.
- ✓ à l'Ouest, par la commune de Cherchell.

- Les coordonnées géographiques de Tipaza :

Limite Est : 2°57'63" E

Limite Ouest : 1°80'21" E

Limite Nord : Environ 36°64'88" N

Limite Sud : Environ 36°35'50" N

L'altitude par rapport au niveau de la mer : 32 m

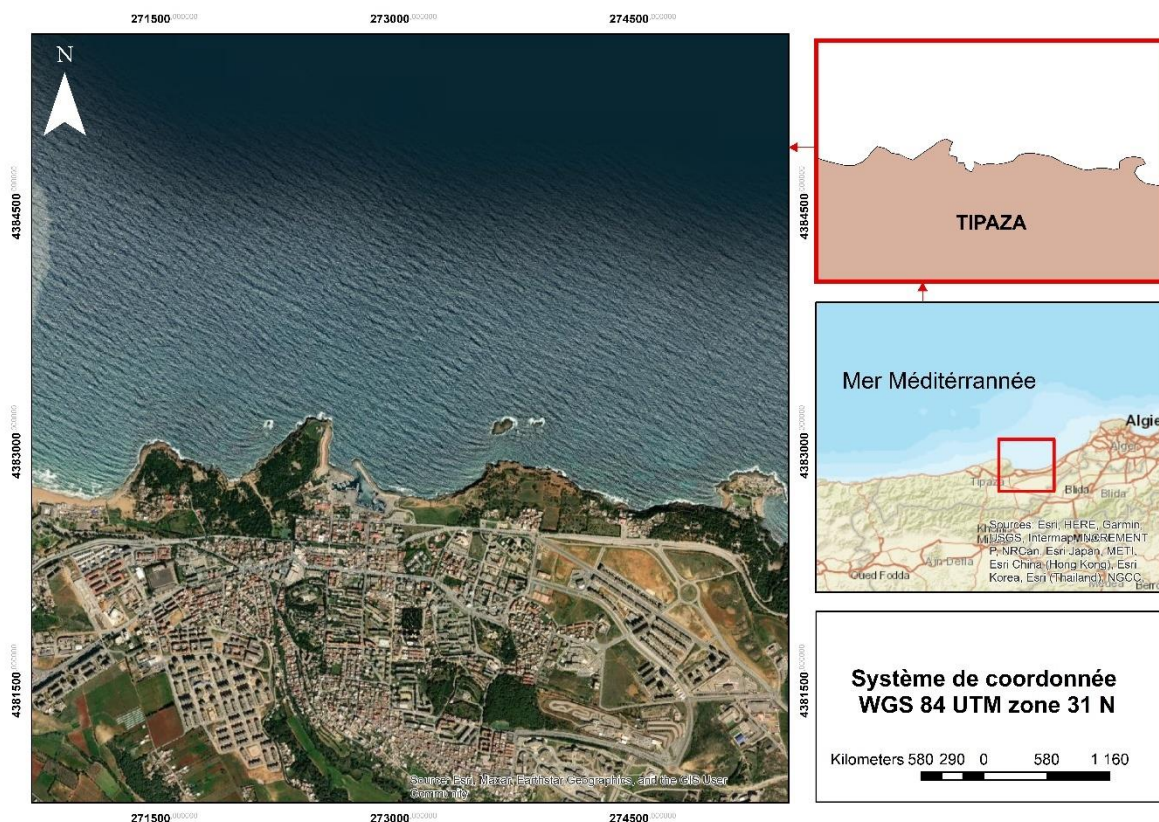


Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude

1.3.1. Localisation des sites archéologiques :

La wilaya de Tipaza possède sur son territoire un patrimoine riche de sites et vestiges historiques datant des époques Punique, Romaine et Byzantine.

L'importance des sites et vestiges historiques, particulièrement de l'époque antique, présents dans de nombreuses communes mais surtout à Tipaza et Cherchell, donne une place de choix au tourisme culturel à la wilaya.

La notoriété de la wilaya de Tipaza se trouve renforcée depuis 1982 avec le classement des sites archéologiques sur la liste du patrimoine culturel mondial par l'UNESCO.

Les sites classés patrimoine mondial de l'humanité sont :

- ✓ **Le parc archéologique Est** : situé à l'entrée est de la ville, à droite de la route qui vient d'Alger, correspond à une grande nécropole et une basilique funéraire de Sainte Salsa.



Figure 11 : Parc archéologique Est-Tipaza
(le 02/03/2024)

- ✓ **Le parc archéologique Ouest** : est situé à la sortie ouest de la ville, regroupe un grand nombre de monuments.



Figure 12 : Parc archéologique Ouest-Tipaza
Source : auteurs (02/03/2024)

- ✓ **Le mausolée royal de Mauritanie** : appelé le « tombeau de la chrétienne », se situe à une distance d'environ 10 km au sud-est de Tipaza.



Figure 13 : La mausolée royale de Mauritanie-Tipaza
Source : <https://fr.wikipedia.org/>

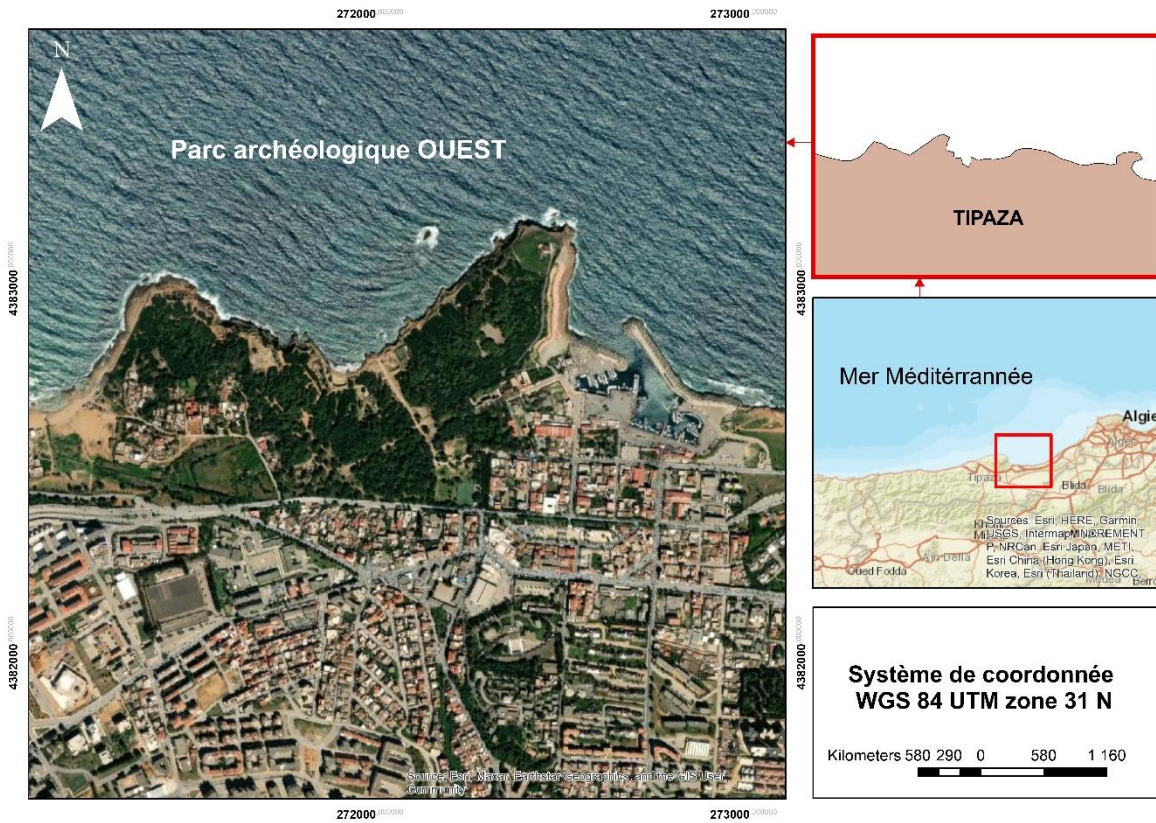


Figure 14: Situation du Parc Archéologique Ouest

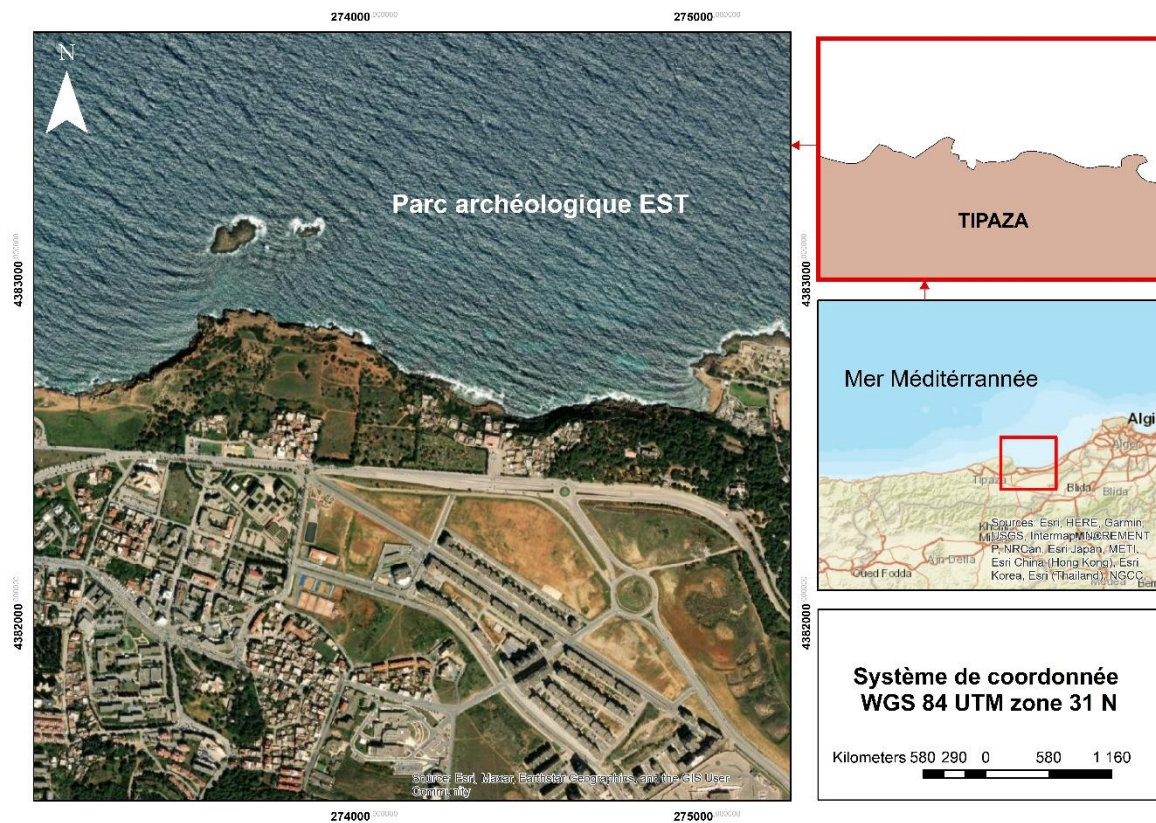


Figure 15: Situation du parc archéologique Est

**CHAPITRE II : DIAGNOSTIC
PHYSIQUE ET INTERACTION
DE FACTEURS**

2 CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS

2.1. Etude climatique :

2.1.1. Introduction :

Le climat est défini comme un « ensemble de phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné ». La caractérisation du climat est effectuée à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques tels que les précipitations, la température, le vent... Ainsi, toutes les régions du monde ont été définies pour un type de climat particulier, comme par exemple le climat méditerranéen. Le climat méditerranéen est la transition entre la zone chaude et la zone tempérée et est défini comme un climat pluvieux souvent doux en hiver, chaud et sec en été (Colmet-Daage et al, 2019).

L'évolution générale du climat lors du XXe siècle, au moins dans sa deuxième moitié, montre un changement avec des tendances au réchauffement (GIEC, 2007). La région méditerranéenne qui est caractérisée par une forte variabilité interannuelle du régime pluviométrique due à une position géo-climatique vulnérable, a généré de nombreuses recherches sur la caractérisation du climat (Abdelali et al., 2012).

2.1.2. Précipitation :

2.1.2.1. Variation annuelle :

Tableau 6 : Variations annuelles des précipitations (Source : <https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Les années | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Pluie (mm/an) | 232,03 | 390,23 | 337,5 | 580,08 | 532,62 | 416,6 | 532,62 | 680,27 | 453,52 | 527,34 | 500,98 | 548,44 | 558,98 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Les années | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Pluie (mm/an) | 627,54 | 537,89 | 384,96 | 495,7 | 485,16 | 759,38 | 390,23 | 237,3 | 469,44 | 435,59 |

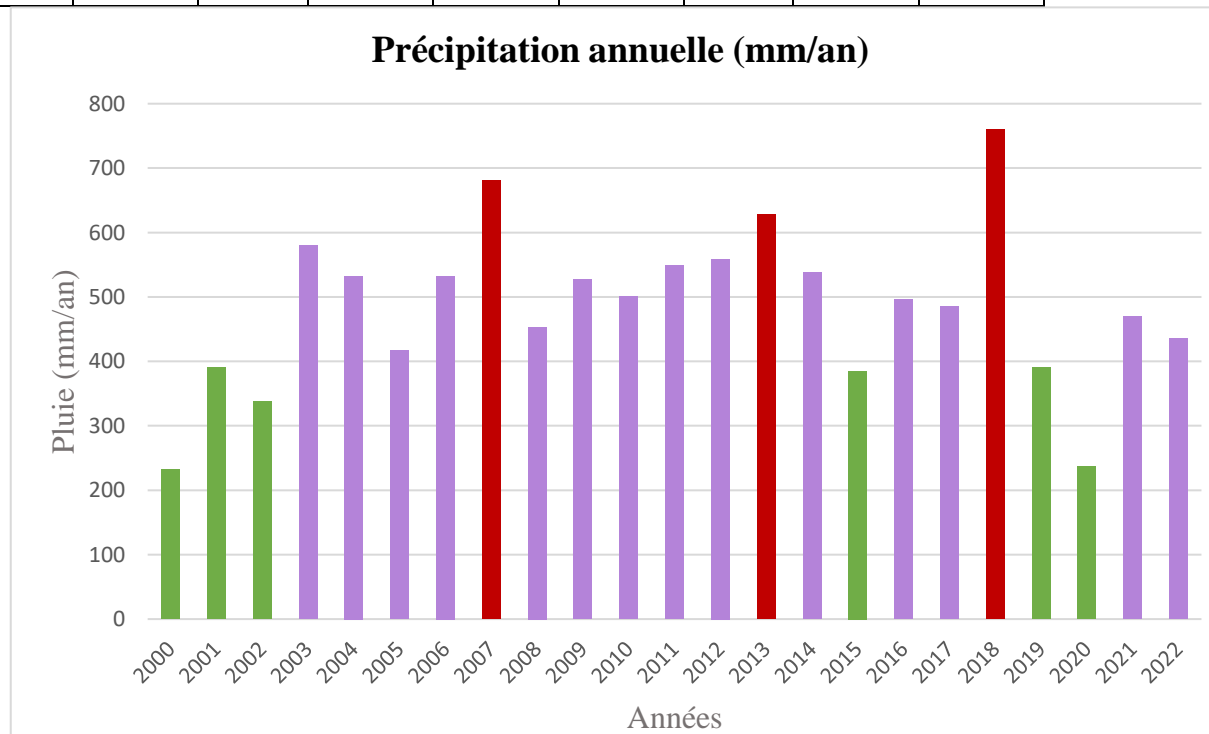


Figure 16: Variation des moyennes annuelles des précipitations (2000-2022) pour la zone de Tipaza

2.1.2.2. Variation mensuelle :

Tableau 7 : Variations mensuelles de la précipitation (Source : <https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>)

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Ao | Sep | Oct. | Nov. | Déc |
|-----------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| Pluie (mm/mois) | 60,16 | 52,03 | 53,8 | 52,5 | 34,33 | 9,03 | 1,63 | 5,51 | 25 | 43 | 84,6 | 61,37 |

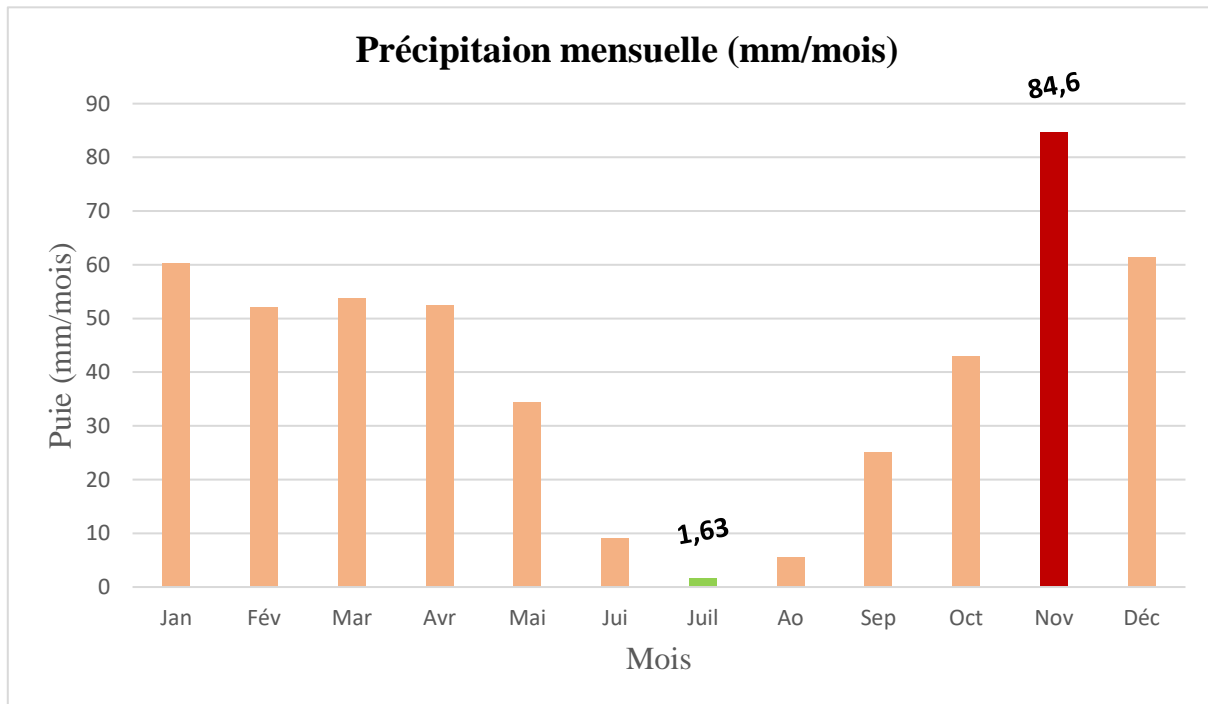


Figure 17 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations (2000-2022)

1.1. Interprétation :

Les traitements statistiques des données (tableau 3) couvrant une période de 22 ans, allant de 2000 à 2022, ont permis de tracer l’histogramme des moyennes mensuelles et annuelles des précipitations de la zone d’étude. Ces traitements montrent que la région se caractérise par deux périodes distinctes :

- **Période hivernale (pluvieuse) :** Elle s’étend du mois de septembre jusqu’au mois de mai, avec une moyenne maximale de 84,6 mm/mois observée au mois de novembre.
- **Période estivale (plutôt sèche) :** Allant du mois de juin au mois de septembre, avec une moyenne minimale de 1,63 mm/mois observée au mois de juillet.

La différence maximale entre ces deux périodes est de 83 mm, avec décembre enregistrant la plus haute moyenne (84,6 mm) et juillet la plus basse (1,63 mm).

L'analyse des variations des moyennes annuelles des précipitations sur la période de 22 ans a permis d'observer une grande variabilité des précipitations d'une année à l'autre. Les valeurs minimales sont d'environ 232,03 mm/an en 2000, tandis que les valeurs maximales ont atteint un pic dépassant les 759,38 mm/an en 2018.

2.1.3. Vent :

Le vent est un élément important dans la dynamique des eaux marines. En effet, il est à l'origine des houles, des clapots (déferlement au large) et des courants superficiels par frottement à la surface (Adem, 2014)

2.1.3.1. Tableau des directions des vents :

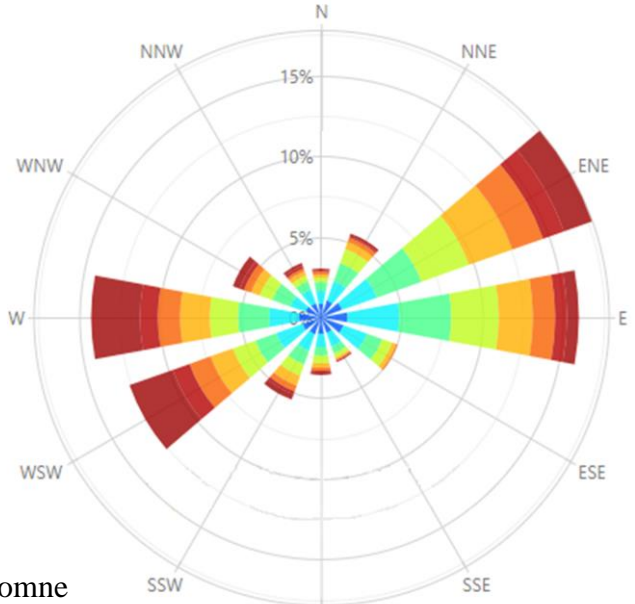
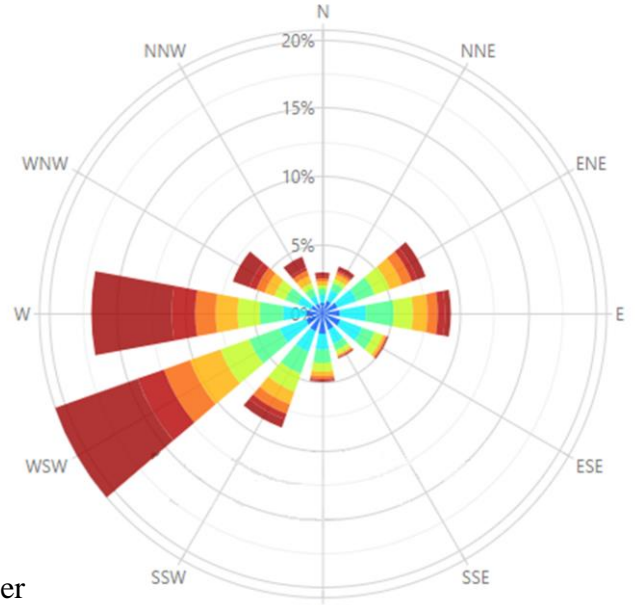
Tableau 8: Les directions des vents (2000-2023)

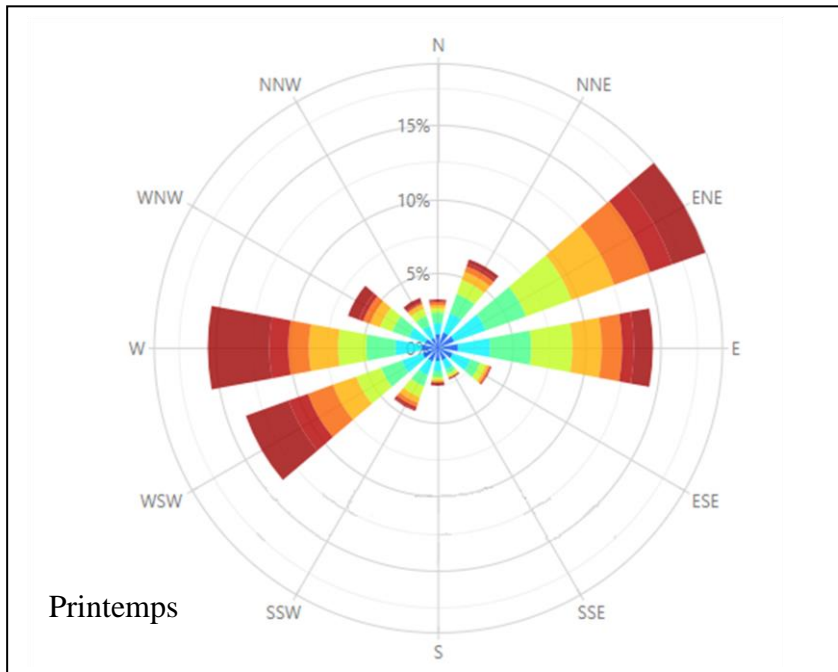
Source : <https://www.puertos.es/en-us/oceanografia/Pages/portus.aspx>

| | E (%) | N (%) | NE (%) | NW (%) | S (%) | SE (%) | SW (%) | W (%) |
|----------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------|-----------------|-----------------|
| 2000 | 0 | 0 | 25 | 16,67 | 0 | 8,33 | 50 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 41,67 | 8,33 | 0 | 0 | 50 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 50 | 0 |
| 2003 | 0 | 0 | 50 | 16,67 | 0 | 0 | 33,33 | 0 |
| 2004 | 0 | 0 | 50 | 8,33 | 0 | 0 | 41,67 | 0 |
| 2005 | 0 | 0 | 58,33 | 25 | 0 | 0 | 16,67 | 0 |
| 2006 | 0 | 0 | 50 | 8,33 | 0 | 0 | 41,67 | 0 |
| 2007 | 0 | 0 | 58,33 | 16,67 | 0 | 0 | 25 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 33,33 | 8,33 | 0 | 0 | 58,33 | 0 |
| 2009 | 0 | 0 | 33,33 | 33,33 | 0 | 0 | 33,33 | 0 |
| 2010 | 0 | 0 | 25 | 8,33 | 0 | 0 | 66,67 | 0 |
| 2011 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 75 | 0 |
| 2012 | 0 | 0 | 8,33 | 66,67 | 0 | 0 | 25 | 0 |
| 2013 | 0 | 0 | 25 | 33,33 | 0 | 0 | 41,67 | 0 |
| 2014 | 0 | 0 | 16,67 | 41,67 | 0 | 0 | 41,67 | 0 |
| 2015 | 0 | 0 | 16,67 | 41,67 | 0 | 8,33 | 33,33 | 0 |
| 2016 | 0 | 0 | 41,67 | 25 | 0 | 0 | 33,33 | 0 |
| 2017 | 0 | 0 | 25 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 |
| 2018 | 0 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 50 | 0 |
| 2019 | 0 | 0 | 16,67 | 41,67 | 0 | 0 | 41,67 | 0 |
| 2020 | 0 | 0 | 16,67 | 33,33 | 0 | 41,67 | 0 | 8,33 |
| 2021 | 0 | 0 | 16,67 | 66,67 | 0 | 0 | 16,67 | 0 |
| 2022 | 0 | 0 | 33,33 | 33,33 | 0 | 8,33 | 25 | 0 |
| 2023 | 33,33% | 0 | 16,67 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| % Moyen | 0,013888 | 0 | 30,55583 | 28,47208 | 0 | 2,7775 | 36,45875 | 0,347083 |

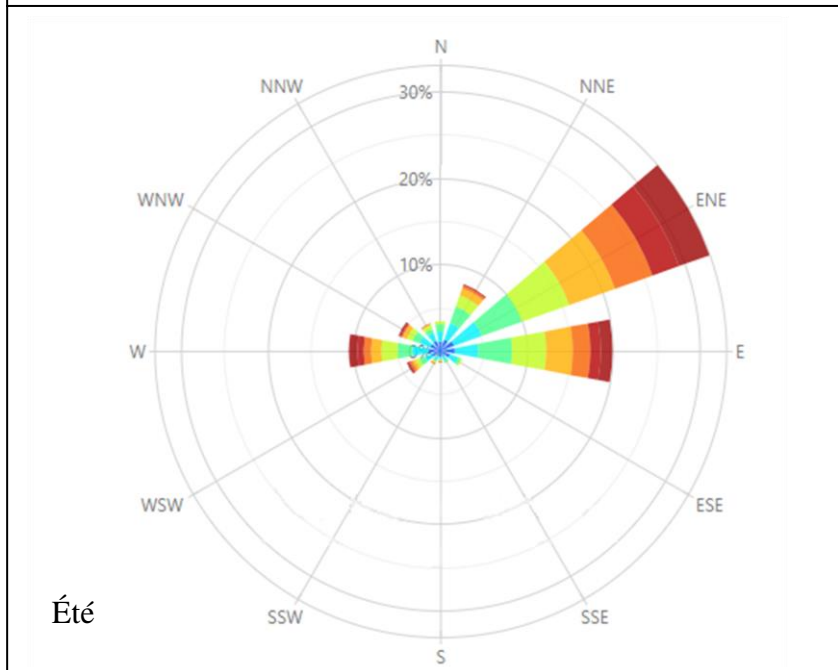
2.1.3.2. Les roses des vents :

Tableau 9: Les roses des vents saisonnières et annuelle de la région de Tipaza

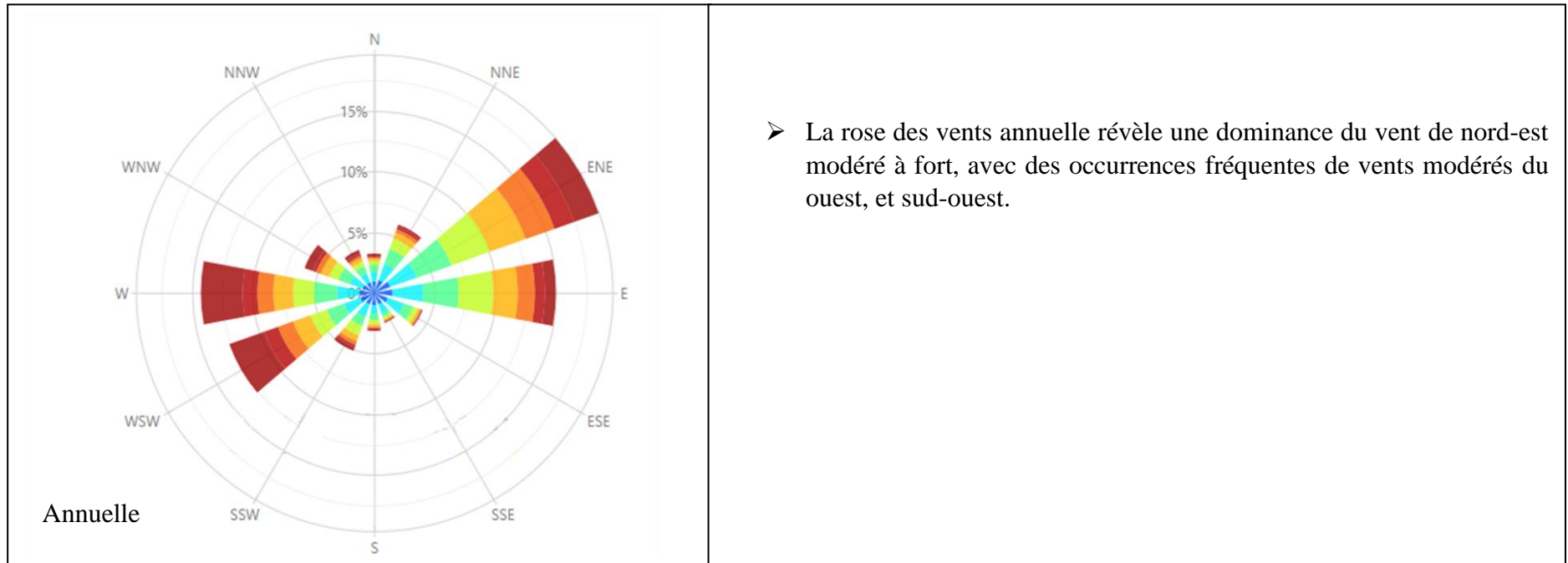
| | |
|--|---|
|  <p>Automne</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le vent dominant est du nord-est (ENE). Cela signifie que le vent souffle le plus souvent du nord-est vers le sud-ouest. ➤ La vitesse et la fréquence du vent sont généralement plus élevées qu'en été mais plus faible qu'en hiver. La rose des vents montre que les segments NE, ENE et WSW sont les plus longs, mais ils sont moins longs que les segments NW de la rose des vents d'hiver. |
|  <p>Hiver</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le vent dominant est du (WSW). Cela signifie que le vent souffle le plus souvent du nord-ouest vers le sud-est. ➤ La vitesse et la fréquence du vent est généralement plus élevée en hiver qu'en été. La rose des vents montre que les segments NW, WSW et SSW sont les plus longs, indiquant des vents forts dans ces directions. |



- Le vent dominant est du (ENE). Cela signifie que le vent souffle le plus souvent du nord-est vers le sud-ouest.
- La vitesse et la fréquence du vent est généralement plus faible qu'en hiver. La rose des vents montre que les segments NE, ENE et WSW sont les plus longs, mais ils sont moins longs que les segments NW de la rose des vents d'hiver.



- Le vent dominant est du nord-ouest (ENE). Cela signifie que le vent souffle le plus souvent du nord-ouest vers le sud-est.
- La vitesse et la fréquence du vent est généralement la plus faible de l'année. La rose des vents montre que tous les segments sont relativement courts, indiquant des vents faibles dans toutes les directions.



✓ **Remarque:**

Force du vent :

- La couleur des segments de la rose des vents indique la force du vent.
- Les segments **rouges** indiquent des vents forts (supérieurs à 30 km/h).
- Les segments **jaunes** indiquent des vents modérés (entre 15 et 30 km/h).
- Les segments **verts** indiquent des vents faibles (inférieurs à 15 km/h).

Fréquence du vent :

- La longueur des segments de la rose des vents indique la fréquence du vent.
- Les segments **plus longs** indiquent que le vent souffle plus souvent dans cette direction.
- Les segments **plus courts** indiquent que le vent souffle moins souvent dans cette direction.

2.2. Etude hydrographique :

2.2.1. Introduction :

Compte tenu de sa position géographique, la wilaya de Tipaza dispose d'un réseau hydrographique relativement important d'Est en Ouest. Le réseau hydrographique dans cette région est représenté par plusieurs oueds orientés du nord au sud, à l'exemple des oueds Nador, El Hachem, Bellah, Messelmoune, l'Arbaa, Sebt, Oued Mazafran et Damous. Il existe aussi d'autres oueds qui ne sont en réalité que de simples ravins.

La plupart des oueds débouchent en mer après un court trajet ; les seuls oueds de la façade nord ayant un profil plus ou moins long sont d'ouest en Est : O. Nador, O. Mazafran, O. El Hachem, O. Damous, O. Sebt et O. Messelmoune (Benmeddah, 2018).

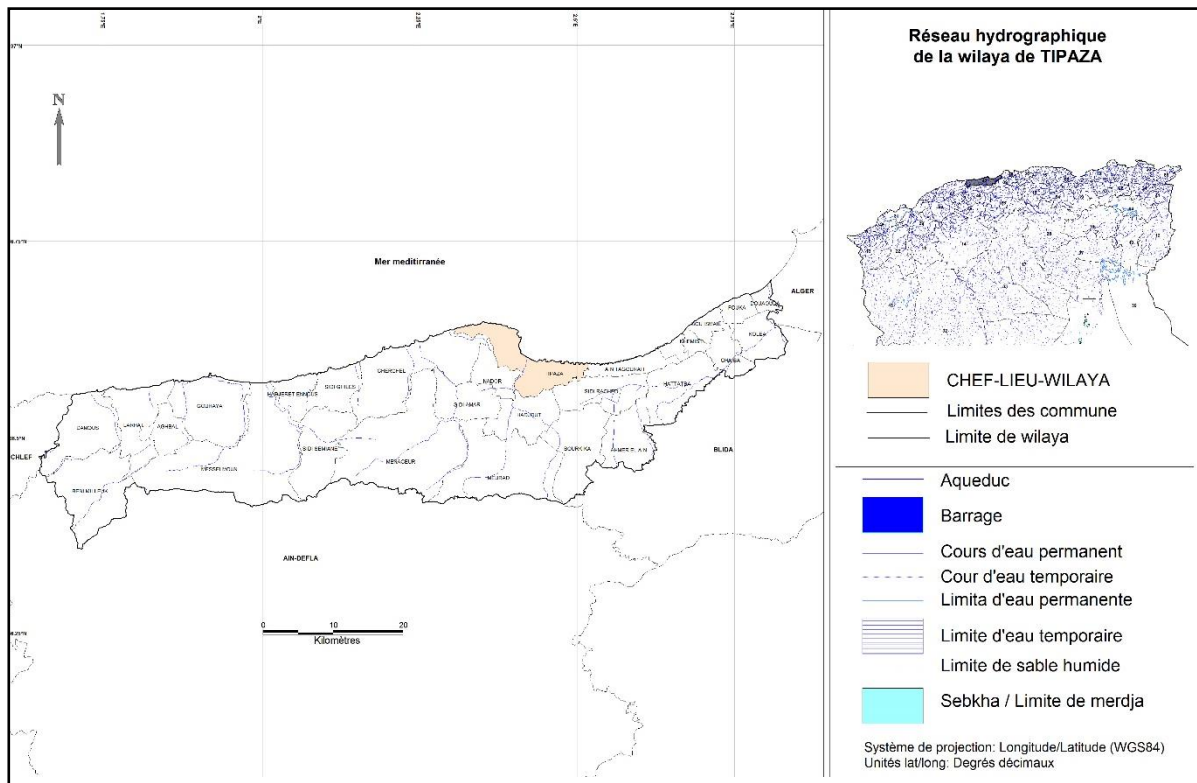


Figure 18: Réseaux hydrographiques de la wilaya de Tipaza
Source : <https://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2015/01/reseau-hydrographique-TIPAZA>.

2.2.2. Inventaire des cours d'eau :

Tipaza est organisée en deux principaux bassins hydrographiques de part et d'autre du Mont Chenoua, l'un côtier drainant les eaux du versant nord directement vers la mer, l'autre fluvial alimentant les oueds El Hachem et Nador. Le bassin côtier se compose de six (06) sous-bassins dont les plus importants sont : Oued Damous, Oued Messelmoune, Oued El Hachem, Oued Nador, Sahel et l'ancien lac Halloula. Enfin l'Oued Mazafran qui constitue sa limite avec la wilaya d'Alger (TAD.b, 2016).

Le comportement hydrologique d'un bassin versant est essentiellement lié à ses paramètres et caractéristiques géographiques, morphologiques et orographiques qui déterminent les différents paramètres d'un

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS

bilan hydrologique (ruissellement, infiltration, précipitations et évapotranspirations, inondation...) (Bouchala, 2020).

Les cours d'eau drainant les bassins versants de la wilaya de Tipaza :

Tableau 10: Les bassins versants de la wilaya de Tipaza (Source : (Bouchala, 2020))

| Code | Bassin versant |
|------|----------------------|
| 0212 | Oued Mazafran |
| 0210 | Oued Djer-Bouroumi |
| 0204 | Sahel |
| 0203 | Oued El Hachem-Nador |

- **Oued Mazafran :**

L'embouchure de l'oued Mazafran se trouve à la frontière ouest de la wilaya d'Alger, au niveau de la commune de Zéralda (plage de Khaloufi 2), L'oued Mazafran prend source au niveau de la plaine de Matidja et son débit est estimé à environ 13.8 m³/s et couvre une superficie de 600 km². Son apport solide est estimé à environ 1610 t/km²/an, et son bassin versant couvre une superficie de 1889 km². C'est un oued à fort débit (le plus important des cours d'eau dans la région d'Alger) Ce qui le rend un acteur important dans l'évolution de la morphologie côtière de la baie de Bou-ismail ainsi que la dynamique hydro-sédimentaire de la côte Ouest algéroise. Cet oued est formé principalement par la confluence de trois (3) oueds secondaires : Oued Djer, Oued Bouroumi et Oued Chiffa (Otmani, 2020) ;(Berkani et Merzougui Salem, 2021).

- **Oued El-Hachem**

Le bassin versant de l'Oued El-Hachem, ou bassin du « côtiers algérois » est située dans la wilaya de Tipaza, il est localisé à 70 km à l'Ouest d'Alger à mi-chemin entre le chef-lieu de la wilaya de Tipaza et la ville de Cherchell dans une zone montagneuse dominée par les monts du Braz, il fait partie de l'Atlas tellien et se trouve au pied du versant sud du massif de Chenoua. le bassin s'étend depuis la montagne de Boumâad au sud (1417 m) jusqu'à la Méditerranée au Nord , couvrent une superficie de 224 km², alimentant la zone centrale de la côte de la wilaya, avec un apport moyen de l'Oued El Hachem de 44 Hm³/an (Saoudi, 2021) ; (TAD.a, 2016).

- **Oued Nador**

La vallée inférieure du oued Nador est une plaine alluviale faisant partie d'un ensemble littoral plus vaste appelé Sahel d'Alger (plaine de la Mitidja). Elle est située géographiquement à 75 km à l'ouest d'Alger. La vallée est bordée à l'ouest par le massif du Chenoua et au sud et à l'est par les contreforts du Sahel (Atlas tellien). Cette vallée emprunte un sillon synclinal d'orientation NNE-SSO dont l'axe principal est occupé par l'Oued Nador qui

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS

a donné son nom à cette plaine alluviale : le bassin versant de l'oued Nador qui couvre une surface de 244 km², avec un apport moyen de l'ordre de 36 Hm³/an (Moulla et al., 2013).

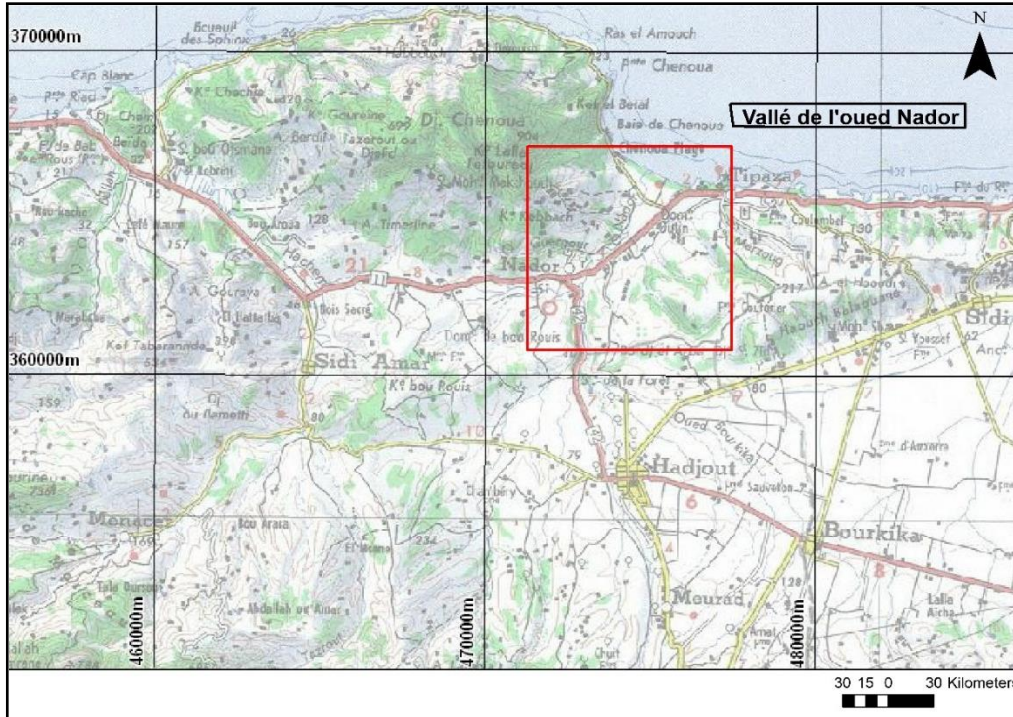


Figure 19: Vallée de l'Oued Nador
Source : (Benmeddah, 2018)

2.2.3. Réseau hydrographique de l'Oued Nador :

Le bassin versant de l'Oued Nador dispose d'un réseau hydrographique relativement important et particulièrement dense à l'amont. L'Oued Nador s'écoule entre le massif du Chenoua au NNO et les formations astiennes des contreforts sahéliens au SSE. Les affluents de l'Oued Nador (principaux et secondaires), sont : Oued Hamamra, oued Damous, oued El Hachem, oued Djer, oued Barrich, oued Roumroum, oued Boukelal, oued Guergour, oued Ozakou, oued Bou Chenoun, oued Bou Kisdadene, oued Arar, oued Melah, oued Merad, oued Bourkika, oued Bou Ardoun, oued Atallah, oued Hamou., oued Bou Djabroun, oued Fodda, oued Bou Yerseme (Bouchala, 2020).

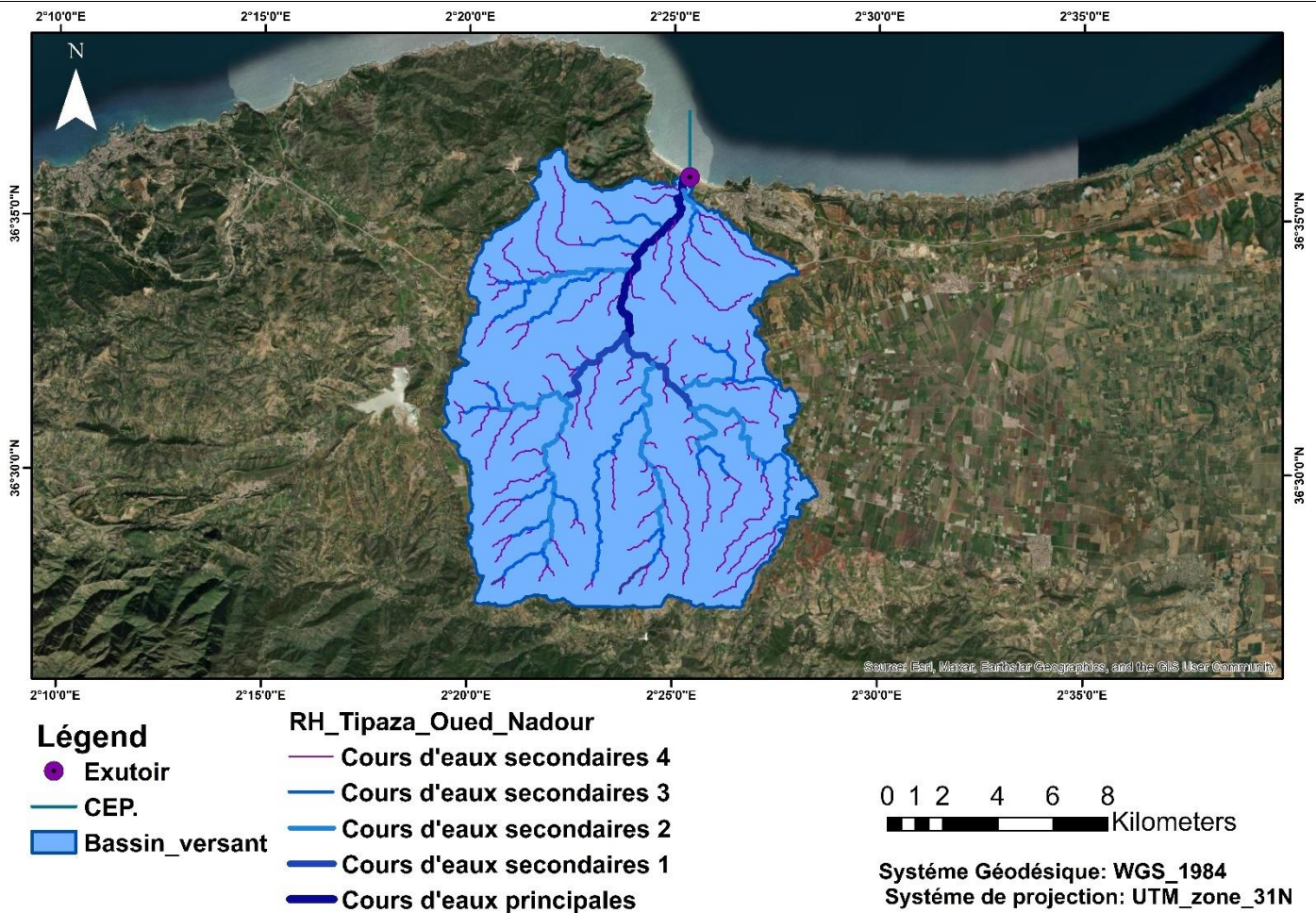


Figure 20: Le bassin versant de l'oued Nador

2.2.4. Evaluation des flux sédimentaires :

Les principaux facteurs qui contrôlent la production et le transport des sédiments dans les bassins versants sont dus essentiellement à l'effet conjugué de l'intensité et de la sévérité des précipitations, de la configuration du bassin versant, de la sensibilité des formations à l'affleurement et des caractéristiques hydrauliques du cours d'eau.

Considérant la particularité du climat méditerranéen, plusieurs études ont montré que les flux solides augmentent généralement durant la période de grande mobilisation des sédiments s'étalant de septembre à mars à l'échelle saisonnière avec une nette dis-concordance entre les précipitations, les écoulements et les apports solides (Bouguerra et Bouanani, 2019).

Oued NADOR, dont le bassin versant est voisin de celui de l'oued El Hachem, présente un apport annuel moyen de l'ordre de 30 hm³/an. C'est un cours d'eau à régime pluvial avec un débit variable au cours de l'année ; il est généralement faible en été et augmente en hiver en raison des précipitations. La station hydrométrique de Boukhamza, située à environ 20 km en amont de l'embouchure, fournit des données sur le débit de l'oued depuis 1953 avec un débit maximum journalier supérieur à 1000 m³/s (Hattab, 2001).

2.3. Etude géomorphologique :

2.3.1. Géologie régionale :

Le territoire de la wilaya de Tipaza se répartit en :

- ✓ **Montagnes** : 336 km² soit 19.6 % de la superficie de la wilaya
- ✓ **Piémonts et collines** : 577 Km², soit 33.8 % de la superficie totale de la wilaya
- ✓ **Plaines** : 611 Km², soit 35.7 % du territoire de la wilaya
- ✓ **Autres** : 183 Km², soit 10.8 % de la superficie de la wilaya (Oueds, barrage...) (Benmeddah, 2018).

La région de Tipaza est située dans le domaine alpin caractérisé par une géologie complexe avec affleurement :

- des massifs anciens, formés de schistes noirs, micro-brèches, grès, conglomérats à éléments siliceux,
- des massifs secondaires représentés par du calcaire jaunâtre, de l'argile rouge et des dolomies,
- des massifs tertiaires formés de marnes, grès, calcaires et les terrains quaternaires, en général, meubles qui donnent des alluvions et des sols sableux. Ainsi que la chaîne calcaire ou dorsale kabyle, l'Oligocène kabyle et les flysch (Crétacé à Miocène).

Dans la plaine de l'Oued Nador, se retrouvent le Pliocène, le Plaisancien (marnes bleues), le quaternaire (microconglomérats à ciment calcaire). Au sein de cette structure très accidentée des plaines de l'Oued Nador s'est formée par subsidence des matériaux détritiques plio-quaternaire. (Bouderbala, 2015)

- Au Nord-ouest de la zone d'étude, apparaît la chaîne de montagne du Chenoua.
- Au Nord-est, la Mitidja s'étend essentiellement sur la wilaya de Blida et se trouve limitée au niveau de la wilaya de Tipaza par le bourrelet constitué par le Sahel.
- Au Nord du Sahel un cordon littoral présente un rétrécissement et une élévation graduelle d'Est en Ouest jusqu'à disparition par endroits à Tipaza et dans les daïras de Cherchell et Sidi Amar où le relief très accidenté autour du mont du Chenoua présente des escarpements importants en bordures de la mer (Bouchala, 2020).



Figure 21: Carte géographique de la wilaya de Tipaza (Source : <https://images.app.goo.gl/hqLnsmqEhGHhFX23A>)

2.3.2. Stratigraphie de la région :

2.3.2.1. Les terrains éruptifs :

Ils n'apparaissent qu'en pointements de faible superficie en bordure du littoral. Ils sont représentés par des Granites, Granodiorites au sud de Hadjret Ennous et des Syénites près de Cherchell, des liparites quartzifères et feldspathiques et dacites sur le flanc sud du Chenoua. Les affleurements sont plus importants sur la bordure du bassin synclinal Miocène de Menaceur où la roche est surtout constituée d'Angitendésites, où prospère la forêt de chêne liège. Toutes ces roches éruptives fournissent des sols non calcaires, siliceux très caillouteux et superficiels à vocation strictement forestière.

2.3.2.2. Les terrains primaires :

Ils ne sont présents que sur la moitié du Nord du Mont du Chenoua. Le Dévonien y est représenté par une série de schistes noirs, micro-brèches et grès et le Permien par des conglomérats à éléments siliceux, grès variés et argiles rouges.

2.3.2.3. Les terrains secondaires :

Ils sont représentés par :

a. Le Trias : Il forme des pointements isolés assez nombreux dans la partie Est du Zaccar et dans le mont du Chenoua. Il est formé de calcaires jaunâtres, d'argiles rouges ou bariolées et de dolomie.

b. Le Jurassique : Il est formé de calcaire dur comportant quelquefois du silex et constitue les lignes de crête, les pics et les falaises abrupts. Cette formation se rencontre sur le versant Est du Chenoua dépourvu de sols et de couverture végétale.

c. Le Crétacé : Très largement dominant dans le périmètre d'étude, il se décompose en trois étages distincts.

- **Le Crétacé inférieur :** Constitue les massifs centraux et les lignes de crête du Zaccar. Il est composé de schistes, de grès, de quartzites et de calcaires. L'Albien, formé d'argiles brunes gréseuses et de grès quartziteux, se rencontre surtout dans la forêt de Tizi Franco et de Bou Harb. Cette formation apparaît également au Sud de Menaceur où le chêne liège prolifère sur des grès.
- **Le Crétacé moyen :** Il est représenté par le Cénomaniens et le Turonien observé dans le versant Nord et sur le djebel Nador. Le Cénomaniens dominant est caractérisé par une alternance de marnes argileuses ou de marnocalcaires tendres et roches calcaires dures. L'érosion a créé un relief accusé par enlèvement des marnes qui forment les bas-fonds et les vallées. Les calcaires durs forment les crêtes rocheuses. Ces formations donnent rarement naissance à des sols cultivables.
- **Le Crétacé supérieur :** Est représenté par le Sénonien et le Danien. Il est formé par des marnes schisteuses présentant des lentilles de calcaires. Les marnes Cénomaniennes donnent naissance à des sols agricoles.

2.3.2.4. Les terrains Tertiaires

a. L'Eocène : Il apparaît sous forme de petits affleurements très dispersés au Sud-Est du massif du Chenoua. Il est formé de marnes, de grès, de calcaires et de calcaire gréseux de l'Eocène inférieur.

b. Le Miocène : Se retrouve principalement dans la plaine de l'oued Messelmoune et de Sidi Ghiles. Il est représenté par plusieurs assises à la base des grès grossiers. Lorsqu'elle affleure, cette assise donne des pentes rocheuses souvent ravinées. Au-dessus, viennent s'étagérer des couches argilo-gréseuses, puis des marnes parfois gréseuses du Burdigalien. Seules les argiles rouges donnent des terres agricoles. Les grès et poudingues sont recouverts par des broussailles.

c. Le Pliocène : Il occupe essentiellement la plaine de la Mitidja Ouest où il affleure largement. Il forme un affleurement de couches gréseuses jaunes qui se prolongent par des sables à l'ouest. Par ailleurs, les couches Pliocènes sont constituées par les molasses astiennes du Sahel à l'est de Sidi Amar. Le Pliocène affleure aussi au sud de Cherchell sous forme de mollasse très grossière (Bouchala, 2020).

2.3.3. Caractéristiques géomorphologiques :

2.3.3.1. Plages :

Les plages sont des zones littorales d'accumulation de sédiments détritiques, des sables fins aux galets, mobilisés sur la plateforme par la dernière transgression (Guilcher, 1954 ; Paskoff, 1994). Selon Mongi et Miossec (2010), les plages sont une forme littorale où l'accumulation l'emporte sur l'érosion. Elles sont généralement relayées vers l'intérieur des terres par des dunes. Les matériaux d'accumulation sont constitués de sable fin à grossier (0.2-2 mm) ou de galets (2-20 cm) ou de blocs (plus de 20 cm).

Les plages sont dynamiques, le profil change dans le temps selon l'apport et le départ des sédiments. Elles ont pour rôle de protéger la zone littorale de l'impact des tempêtes, par dissipation de l'énergie des houles (Stépanian, 2002).

Dans le littoral Centre, de Damous jusqu'à Bejaia, de larges baies ouvertes circonscrivent à peu près 40 à 50% de côtes sableuses : Plages de Tipaza, d'El Djamila, de Zemmouri, du littoral kabyle (Seridi et al., 2021).

La wilaya de Tipaza est limitée géographiquement par la Méditerranée au nord. Sa côte recèle 51 plages dont 39 sont ouvertes à la baignade en plus de nombreuses criques, baies et autres falaises offrant aux touristes et pêcheurs de belles balades pittoresques (Wilaya de Tipaza).

La région de Tipaza possède environ 14 plages (Tableau 11). Elles sont pour la plupart petites. Le décor montagneux est l'une des caractéristiques les plus marquantes des plages sablonneuses de Tipaza, car ce paysage couvre presque tout le littoral

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS

Tableau 11: Fiche technique des plages de la zone d'étude (Source : (TAD.b, 2016))

| Plage | Commune | Longueur (m) | Largueur (m) | Nature lithologique |
|---------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------------------|
| Plage Kouali | Tipaza | 300 | 20 | Sable moyen |
| Plage C.E.T Tipasa | Tipaza | 200 | 15 | Sable fin |
| Plage Corne d'or (Ouest) | Tipaza | 150 | 15 | Sable fin |
| Plage Corne d'or (Est) | Tipaza | 150 | 25 | Sable fin |
| Plage Matarès | Tipaza | 400 | 40 | Sable fin |
| Plage CRF | Tipaza | 400 | 40 | Sable fin |
| Plage Touring Chenoua | Tipaza | 800 | 15 | Sable fin |
| Plage Chenoua | Tipaza | 1000 | 40 | Sable fin |
| Plage Belhoucine | Tipaza | 200 | 20 | Sable grossier |
| Plage les pins | Tipaza | 200 | 20 | Plage à galet |
| Plage El Beldj | Tipaza | 400 | 60 | Plage à galet |
| Plage Si Tayeb | Tipaza | 200 | 30 | Plage à gravier |
| Plage Bleue | Tipaza | 1200 | 50 | Sable grossier |
| Plage Bounaouda | Tipaza | 300 | 8 | Sable moyen |

2.3.3.2. Falaises :

Le terme « falaise » désigne dans son sens général une paroi soumise à l'action des vagues. Quelle que soit son origine, rocheuse ou meuble, une falaise est un escarpement situé sur la partie supratidale (en amont de la plateforme d'érosion). Elle possède une pente supérieure à 15° avec des hauteurs très variées allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. La définition retenue est celle d'un escarpement abrupt supérieur à 30-50° situé au contact ou à proximité de la mer (Otmani, 2020).

Les falaises de Tipaza sont situées à environ 50 km à l'ouest d'Alger, un site abritant des richesses naturelles et archéologiques remarquables. Ces falaises calcaires, qui s'élèvent à plus de 200 m au-dessus de la Méditerranée, offrent une vue panoramique sur la mer, entourée d'une végétation de pins maritimes, de genêts et de plantes méditerranéennes. Malgré leur importance, les falaises de Tipaza font face à des menaces à la fois naturelles et anthropiques telles que l'érosion marine et le développement urbain.

Le parc archéologique ouest de Tipaza est situé sur une des falaises porteuses des vestiges du premier noyau urbain de la cité romaine. Haute de 15 à 18 m, elle est située en bordure de mer et composée de grès, de limon, d'argile et de sable, renfermant des graviers et des bancs gréseux sur une épaisseur de 4 à 8 m. Des zones en porte à faux composés de ruines archéologiques sont apparentes et présentent des déséquilibres.

La falaise forme un promontoire aigu vers la mer. Longue de 300 m et orientée Nord-Sud, située au Nord-Ouest du port de Tipaza, ses bords surplombent à pic les flots. Elle constitue le flanc Est du parc archéologique Ouest. Cette falaise juxtapose un aménagement portuaire de type enrochement se situant aux alentours des côtes altimétriques 0 à +5m (LEM, 2018).

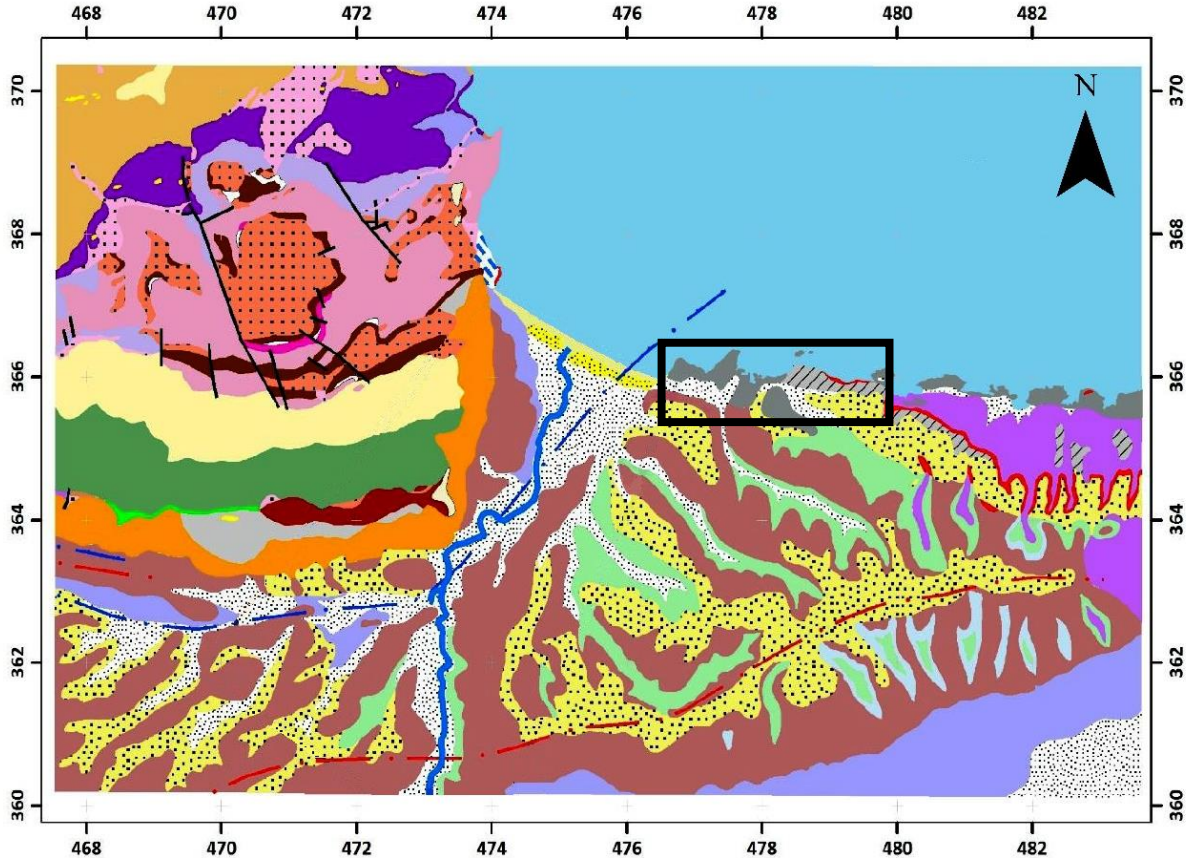
La falaise dans son ensemble est constituée d'un complexe d'une ou de plusieurs dalles de grès, dont le pendage plonge en mer, surmontant une succession de couches de sables marins plus ou moins grésifiés (LEM, 2018).

Elle est probablement apparue à la suite d'un glissement de terrain, ce qui a conduit à la disparition d'une partie de la colline qui abritait des ruines du premier noyau de la ville romaine. C'est probablement le plus grand éboulement connu de l'histoire de la cité. La ville du premier siècle après J.-C. s'étendait sur cette colline appelée colline Templis. Au sommet de cette falaise, se trouve une route servant d'accès au phare situé entre les côtes altimétriques 22 à 23.

En conclusion, la région de Tipaza est située dans le domaine alpin caractérisé par une géologie complexe (massifs primaires), la chaîne calcaire ou dorsale kabyle, l'Oligocène kabyle et les flysch (Crétacé à Miocène). Malgré ce relief accidenté, des zones de plaines alluviales se sont formées dans la région ; ces plaines peuvent être le résultat de processus d'érosion, où les cours d'eau ont lentement déposé des sédiments pour former des plaines, ou de processus subsidents, où le sol s'est affaissé ou a été érodé pour former des dépressions remplies par des sédiments alluviaux. Ces plaines alluviales sont remplies de ce qu'on appelle le remplissage détritique plio-quadernaire, constitué de sédiments déposés au cours des périodes du Pliocène et du Quaternaire, des époques

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC PHYSIQUE ET INTERACTION DE FACTEURS

relativement récentes sur l'échelle géologique. Ces sédiments sont principalement détritiques, ce qui signifie qu'ils sont composés de fragments de roches et de minéraux provenant de l'érosion des reliefs environnants. Ainsi, ces plaines et leur remplissage détritique plio-quaternaire sont des éléments importants dans la compréhension de l'évolution géologique et morphologique de la région de Tipaza.



Système de coordonnées : WGS 1984 UTM Zone 31N

Echelle numérique : 1 / 50 000

Source : La Carte géologique de la région de Tipaza N° 40 (CNCT)

Légende :






- | | |
|--|---|
|  Zone d'étude |  TRIAS Calcaires vermiculés, calcaires siliceux, calcaires jaunes à Myophories |
|  Mer Méditerranée |  CRETACE Marnes et marno-calcaires blancs et rosés à Globotruncana |
|  Oued Nador |  Rhyolite du Vindobonien |
|  Axe Anticlinal |  PERMIEN Conglomérats à éléments siliceux, grès variés et argiles rouges |
|  Axe Synclinal |  Eboulis et dépôts de pentes |
|  Déformation cassante , Failles |  LUTENIEN Faciès Sud englobant par place de l'Aturien, marnes et marno-calcaires |
|  Alluvions récents |  OLIGOCENE Poudingues |
|  Alluvions anciennes (Tyrrhénien) |  DEVONIEN Schistes noirs, microbrèches à tentaculites, lydienne grès à plantes |
|  Cones de déjection, dépôts torrentiels |  JURASSIQUE INF. Calcaire massifs parfois oolithiques à la base et calcaires |
|  Dunes Actuelles |  OLIGOCENE Marnes, marnes sableuses, grès et microbrèches |
|  Plages |  Flysch Crétacé de la bordure Sud du Chenoua |
|  Dunes Lapidifiées |  ERUPTIF Andésites du Burdigalien |
|  PLEISTOCENE Lumachelle à Pectoncles poudingues et grès marins |  PLIOCENE INF Marnes et argiles |
|  PLEISTOCENE Dunes consolidées |  PLIOCENE SUP Calcaire à Lithothamnies souvent construit (biostrome) |
|  JURASSIQUE SUP Calcaire en petits bancs à rares Aptychus et Calpionelles |  PLIOCENE SUP Faciès argileux ou argilo-sableux |
|  MIOCENE INF Faciès gréseux |  PLIOCENE SUP Faciès calcaire ou calcaréo-gréseux avec ou sans galets |
|  MIOCENE INF Faciès argileux |  PLIOCENE SUP Faciès gréseux ou argilo-gréseux |
|  MIOCENE MOYEN Faciès Calcaire |  Sable argileux plus ou moins rubéfiés |
|  MIOCENE MOYEN Faciès argileux | |

Figure 22: Carte géologique de Tipaza 1/50 000 (Source : CNCT)

2.4. Etude topographique :

2.4.1. Réalisation et exploitation d'un modèle numérique de terrain (MNT) :

Le MNT (modèle numérique de terrain) est une représentation numérique et mathématique de l'altitude d'un point quelconque de la surface terrestre d'une zone géographique, dans un système référentiel bien défini. Le MNT reste l'une des plus importantes sources de données utilisées pour l'extraction de nombreux paramètres utilisés tels que la pente, la direction d'écoulement de l'eau, l'indice topographique, etc. Il ne représente toutefois qu'une représentation spatiale de la réalité (Ouédraogo et al., 2014).

La génération d'un MNT s'effectue directement sous SIG à l'aide des outils d'analyse 3D (interpolation raster) de l'extension ArcToolbox du logiciel Arcgis. Cette opération se fait en interpolant le fichier de points de référence qui contient des informations d'élévation topographique pour avoir un fichier raster (en 2D). Ce dernier représente une surface continue disposant de l'information sur le triplet de coordonnées XYZ sur l'ensemble de la zone d'étude à un intervalle régulier. Il existe différentes méthodes d'interpolation : l'inverse de la distance pondérée (IDW), le kriging, la méthode ANUDEM (topo vers raster), le voisin naturel et la méthode Spline. La méthode d'interpolation la plus adaptée est choisie selon la nature des nuages de points à traiter et les outils disponibles (Bounoua, 2016).

Voici les Etapes de la réalisation des cartes à partir d'un MNT :

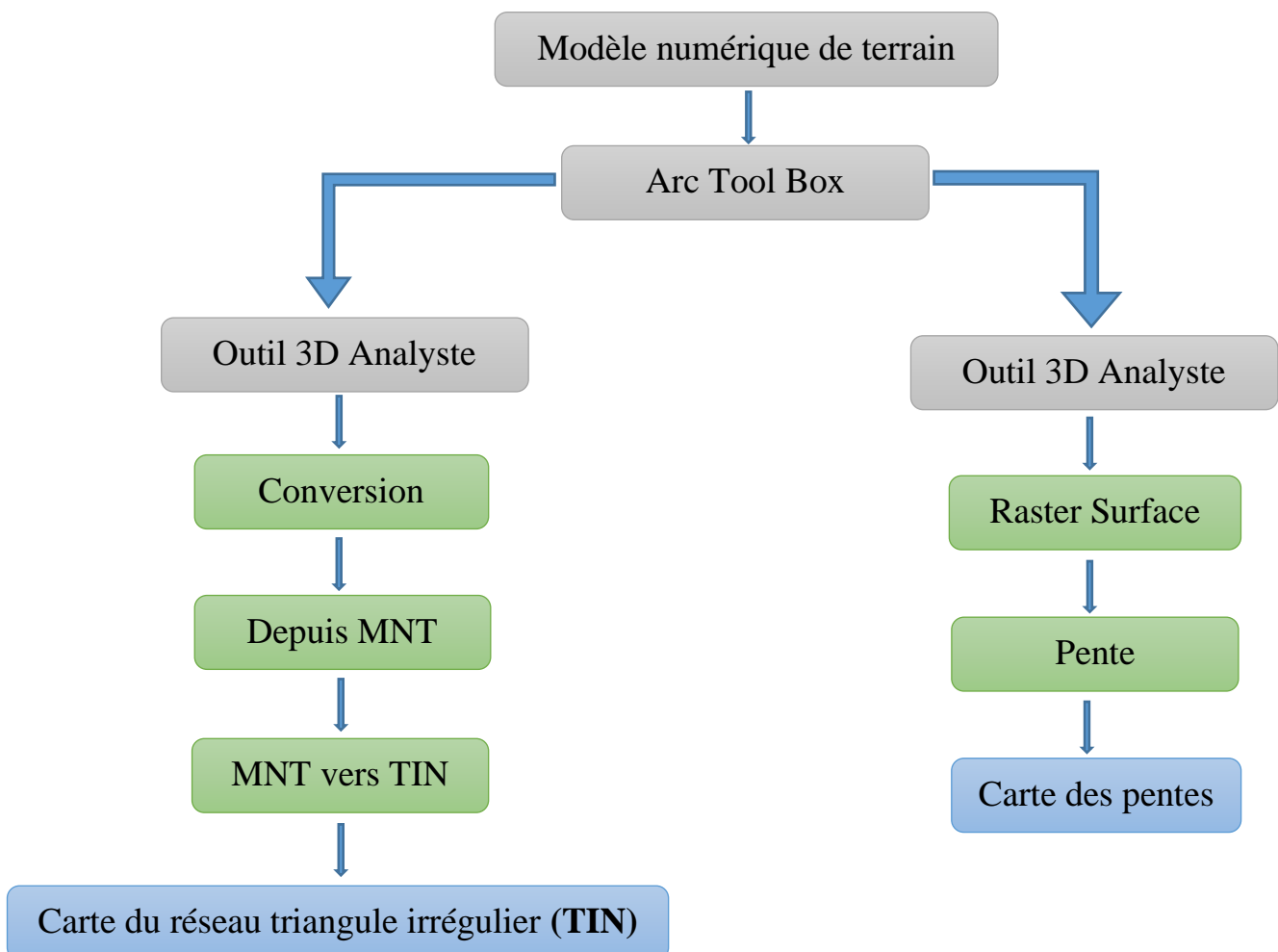


Figure 23: Etapes de réalisation des cartes à partir d'un MNT

2.4.3. Représentation graphique :

Les figures ci-dessous (figures 23, 24) représentent la morphologie terrestre de la zone des ruines de Tipaza avec une résolution de 15 m.

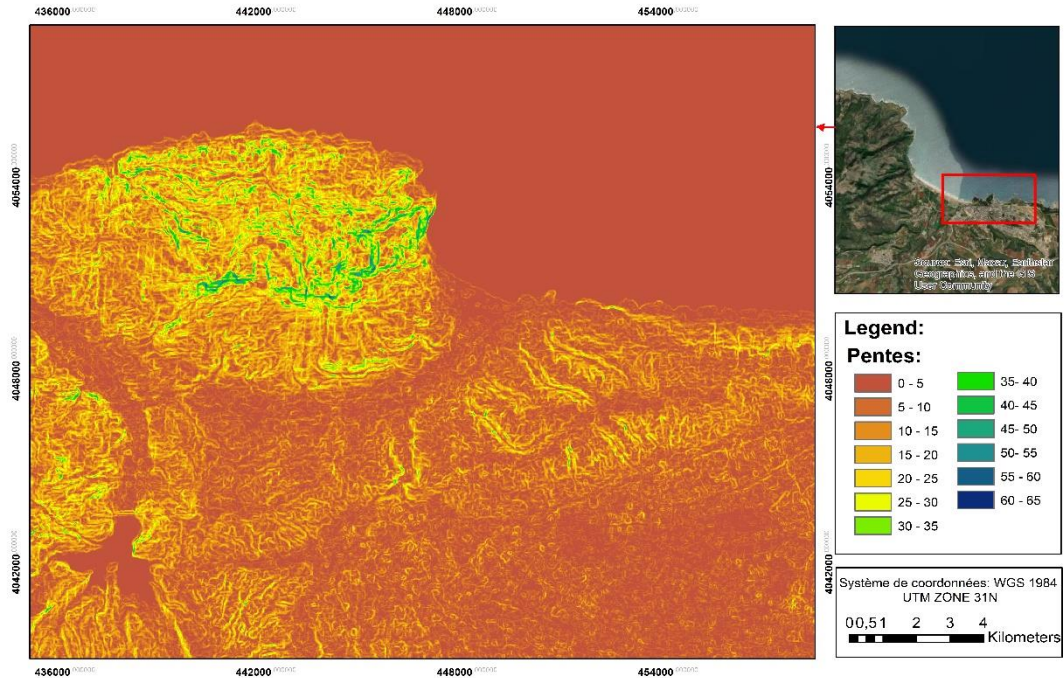


Figure 24: Carte des pentes de la zone d'étude

D'une manière générale, on constate que :

- La carte des pentes de terrain (figure 23) fournit des informations essentielles sur l'inclinaison du terrain et ses implications pour diverses utilisations et la gestion des risques. La légende de la carte utilise une échelle de couleurs pour représenter les différentes inclinaisons, allant de l'orange clair au vert foncé. Ces couleurs illustrent une variété de terrains, incluant des collines, des plateaux inclinés et des pentes modérées. La majorité des pentes dans cette zone sont modérées, typiques de falaises côtières faibles à modestes. Pour la zone des ruines, les pentes du terrain sont comprises entre **5° et 20°**.

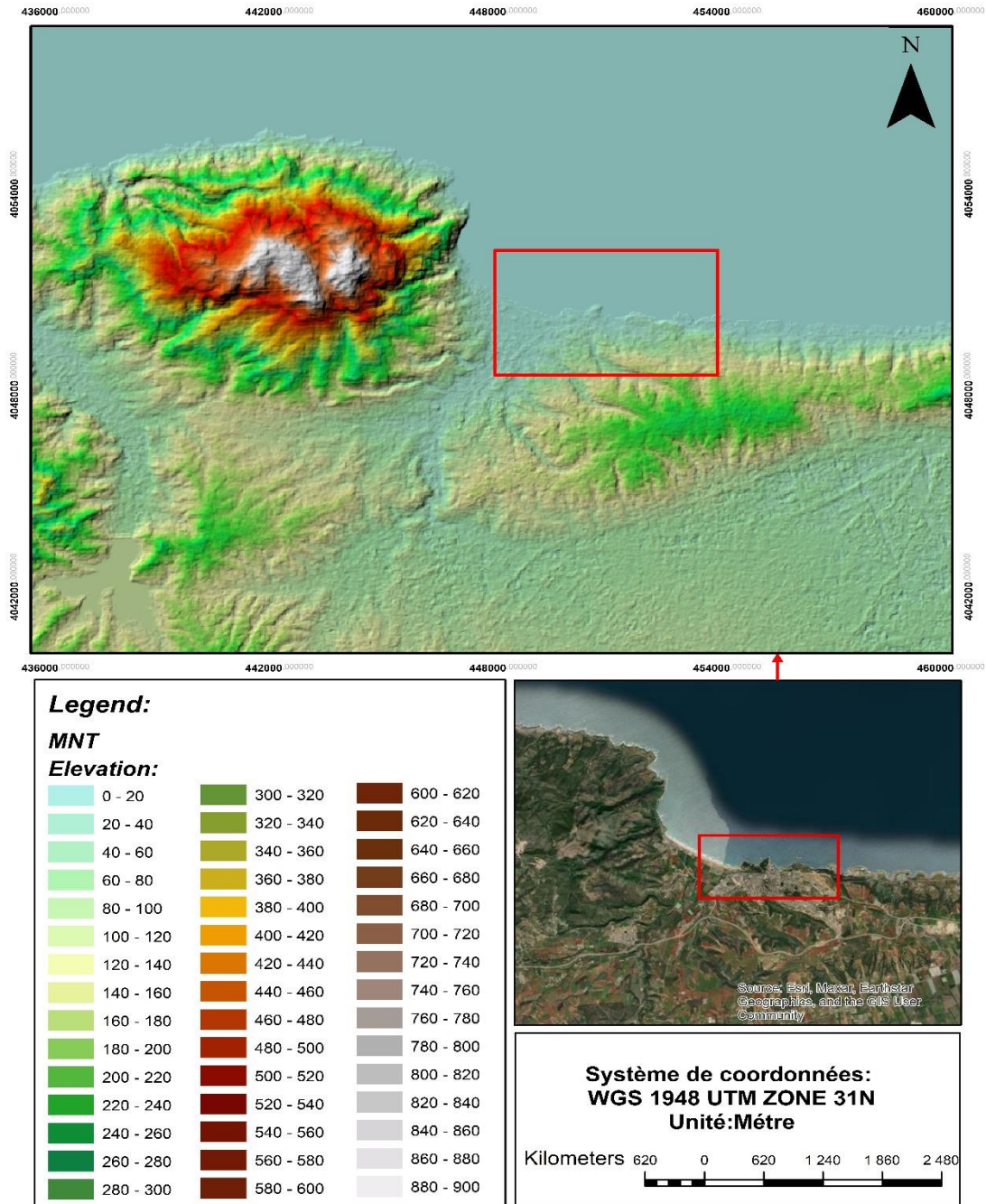


Figure 25: Carte du réseau triangulé irrégulier (TIN) de la zone d'étude

-La deuxième carte (figure 25) présente un modèle numérique de terrain (MNT) avec des élévations représentées par différentes couleurs, L'élévation est indiquée en mètres selon la légende à gauche, allant de 0-20 m en bleu clair jusqu'à 880-900 m en gris foncé. La carte montre une région côtière avec des variations topographiques significatives, une forte pente se manifeste dans la zone des hautes élévations, tandis que dans les faibles élévations, le relief est plus doux comme le montre la figure 23. La zone d'étude illustre principalement des élévations basses à intermédiaires ; ces variations d'altitude se situent entre un intervalle de 20 m à 120 m, avec quelques zones légèrement plus élevées.

2.5. Etude bathymétrique :

L'étude bathymétrique est une étape indispensable dans le diagnostic et la résolution du problème lié à la vulnérabilité des systèmes côtiers. A partir de ce type de carte, des informations importantes à l'échelle spatio-temporelle peuvent être extraites et un suivi diachronique de la morphologie sous-marine peut être établi (Otmani, 2014).

Les fonds marins constituent généralement le prolongement naturel des structures terrestres. Il y a souvent donc une relation étroite entre la géomorphologie du littoral et la topographie générale des fonds. La morphologie des fonds marins est soumise à l'action des facteurs hydrodynamiques, qui entraînent des modifications dans l'ensemble du système littoral (Nechnache, 2015).

2.5.1. Sélection et choix du modèle :

Le modèle numérique utilisé dans le cadre de cette étude est le MIKE 21 qui est un puissant système de modélisation numérique des phénomènes physiques (houles, courants et transport sédimentaire). Ce modèle comporte plusieurs outils :

- Le modèle de propagation de la houle : MIKE 21-SW ;
- Le modèle d'hydrodynamique : MIKE 21-HD ;
- Le modèle de transport sédimentaire : MIKE 21- ST.

2.5.2. Approche méthodologique :

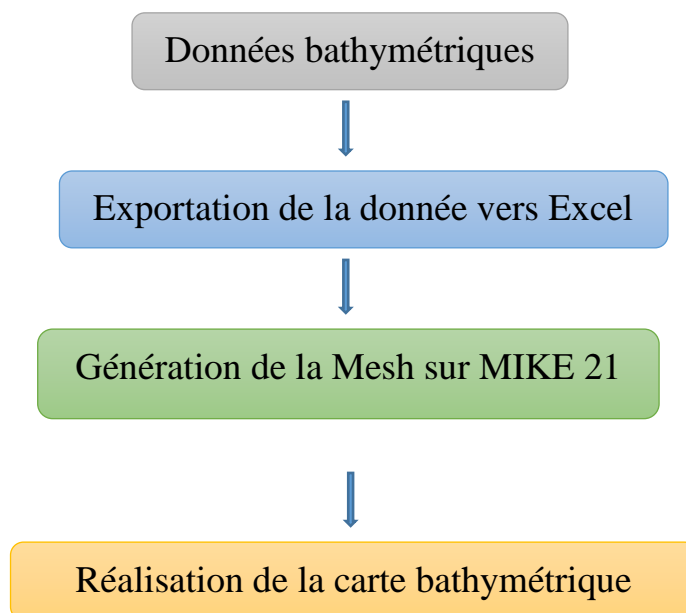


Figure 26: Etapes de la réalisation de la carte bathymétrique

2.5.3. Représentation graphique :

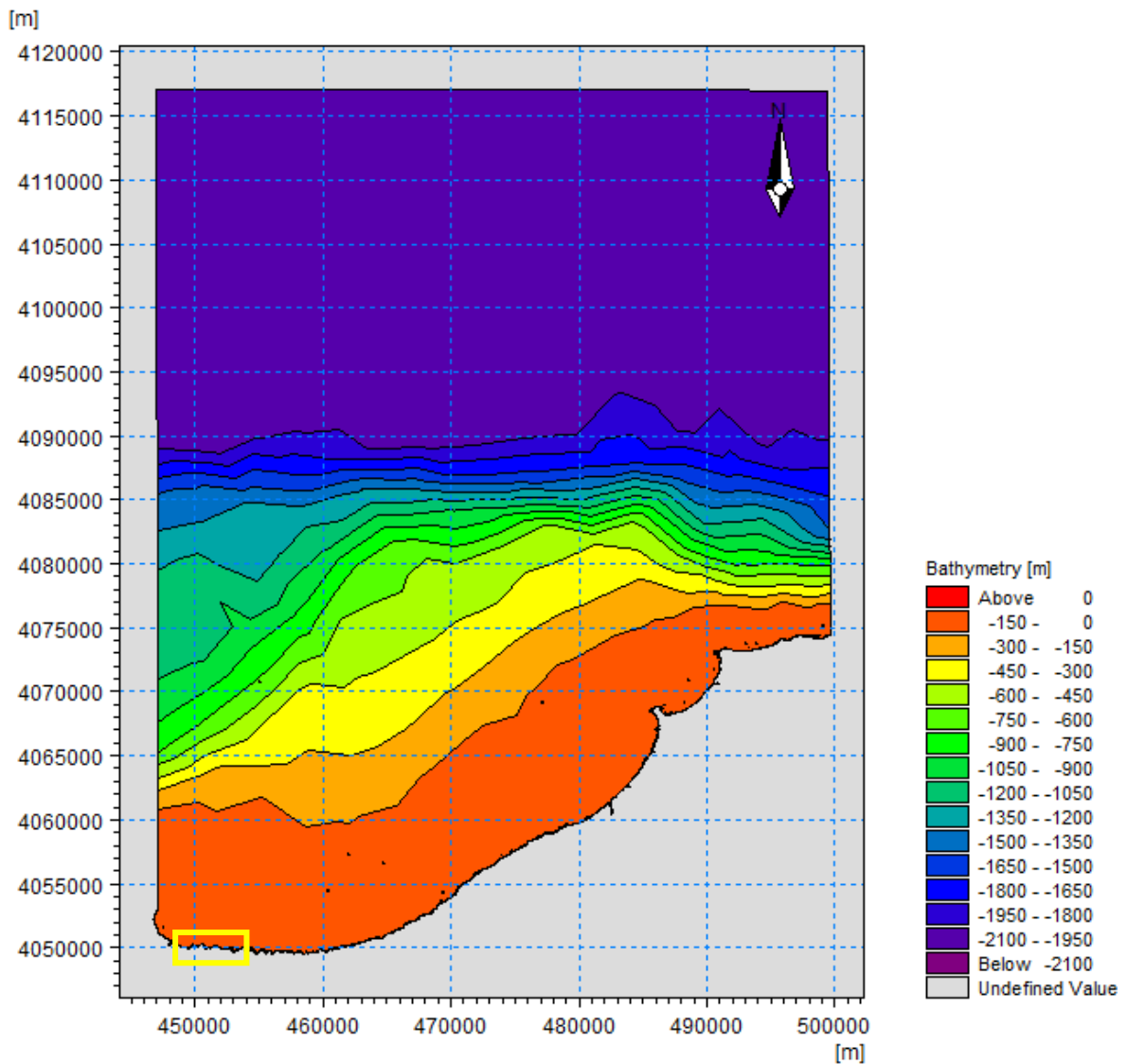


Figure 27: Carte bathymétrique baie de Bousmail

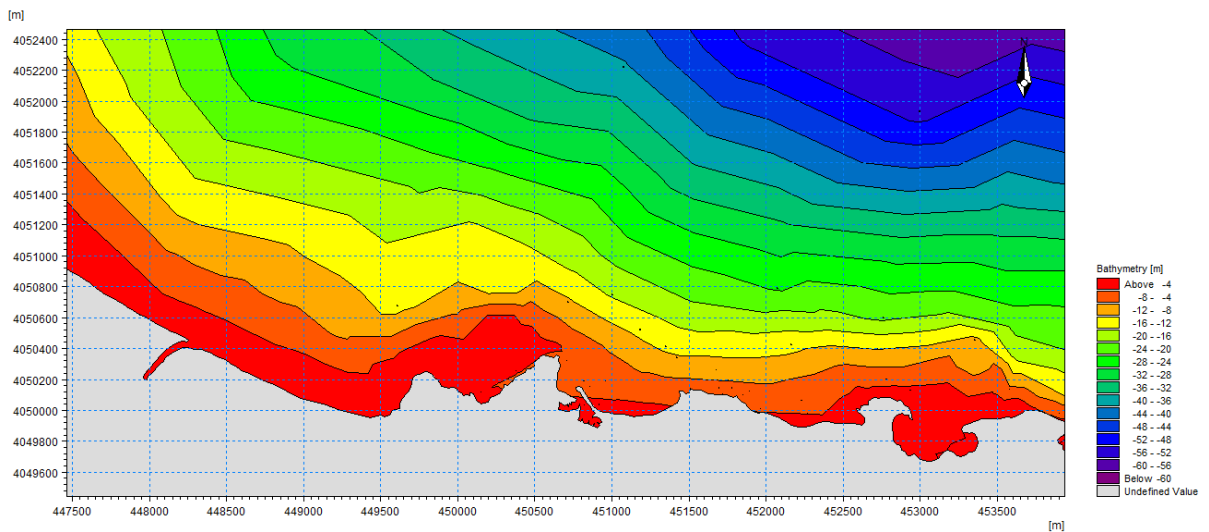


Figure 28 : Carte bathymétrique de la zone d'étude

La carte réalisée est une représentation bathymétrique de la zone d'étude, réalisée à l'aide du logiciel MIKE 21. Cette carte révèle la topographie sous-marine en utilisant un dégradé de couleurs et des isobathes (lignes de contour) pour illustrer les variations de profondeur.

Au niveau de la carte, trois grandes entités bathymétriques majeures sont distinguées.

La première est une vaste dépression centrale profonde, s'étendant sur une large portion de la zone, avec des profondeurs atteignant au moins -60 mètres, comme en témoignent les isobathes en violet et bleu foncé resserrées. Cette dépression semble être bordée au nord et au sud par des pentes sous-marines relativement abruptes, indiquées par la forte densité d'isobathes bleues et vertes rapprochées.

La deuxième entité remarquable est une série de hauts-fonds et de bancs peu profonds, représentés par les zones rouge et orange, situés le long de la côte jusqu'à -12 m de la zone cartographiée. Ces structures bathymétriques pourraient être d'origine sédimentaire ; leur forme allongée suggère une influence possible des courants marins dominants sur leur morphogénèse. L'un de ces hauts-fonds semble être relié à la côte par un chenal étroit mais profond, visible par la languette rouge foncé (Oued Nador).

Enfin, la troisième entité notable est un vaste plateau sous-marin peu profond occupant la majeure partie de la carte de cette zone. Coloriée en vert clair et jaune, elle présente des profondeurs relativement homogènes comprises entre -12 et -36 mètres environ. Ce plateau pourrait correspondre à une ancienne plaine côtière immergée ou à un vaste banc sédimentaire. De minces chenaux à fond durci semblent également s'y dessiner, matérialisés par les fines languettes orange.

**CHAPITRE III : METHODES
D'EXTRACTION DES SITES
ARCHEOLOGIQUE**

3 CHAPITRE III : METHODES D'EXTRACTION DES SITES ARCHEOLOGIQUE

3.1. Introduction

L'extraction des sites archéologiques est une composante essentielle de la recherche archéologique et de la préservation du patrimoine culturel. La région de Tipaza est particulièrement vulnérable aux pressions anthropiques, notamment en raison de son développement urbain rapide. La proximité des ruines historiques aux zones d'urbanisation moderne accentue les risques de dégradation et de destruction des vestiges archéologiques.

Le processus d'extraction des sites archéologiques dans la région de Tipaza implique plusieurs étapes clés, allant de l'identification et la localisation des sites à leur documentation détaillée et à la prospection électrique. Ces étapes sont cruciales pour comprendre la distribution des vestiges archéologiques, leur état de conservation et les menaces qui pèsent sur eux, notamment l'urbanisation rapide et les autres pressions anthropiques.

Ce chapitre explore les techniques et méthodes utilisées pour l'extraction des sites archéologiques de Tipaza. Notamment la délimitation de la ville ancienne, les défis rencontrés lors des fouilles, les principales découvertes effectuées, et pourquoi il est crucial de préserver ce patrimoine pour l'avenir. L'objectif est de mettre en avant les efforts fournis pour révéler les richesses enfouies de cette ancienne cité, témoins de son histoire millénaire.

3.2. Identification des sites archéologiques à partir des cartes anciennes :

3.2.1. Délimitation de la ville ancienne :

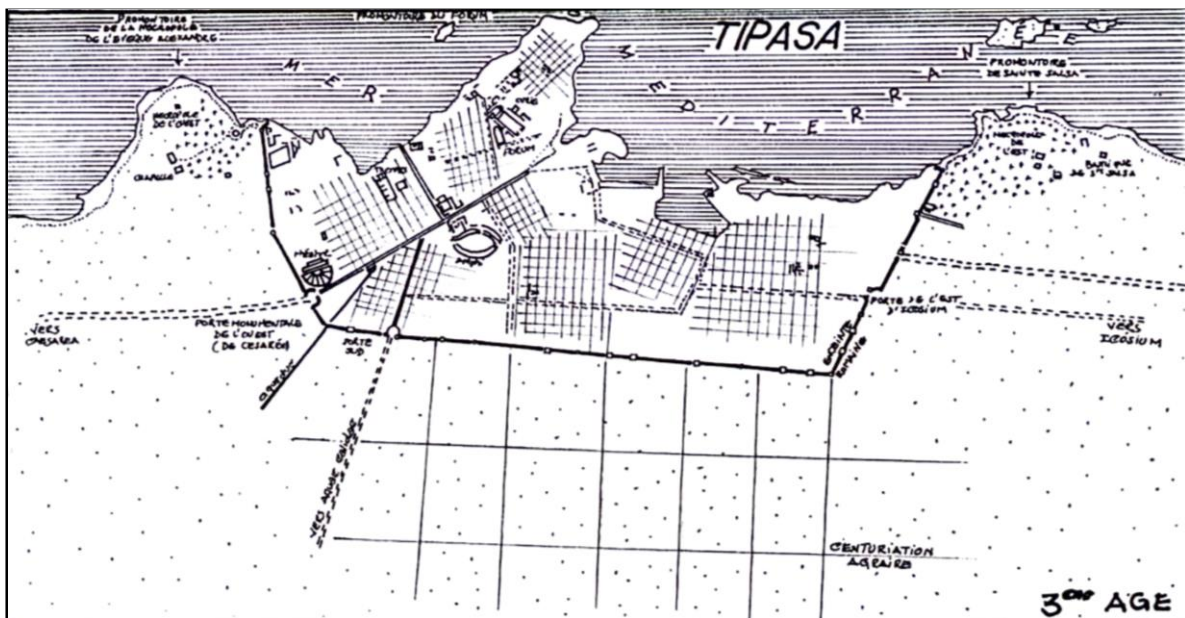


Figure 29: Délimitation de la ville romaine ancienne
(Source : Centre culturel Tipaza)

La carte de l'ancienne ville romaine de Tipaza montre une délimitation claire avec une structure urbaine bien organisée. La ville s'étend le long de la côte méditerranéenne, avec des axes principaux reliant les différentes

parties de la ville. On distingue des portes monumentales à l'ouest et à l'est, indiquant des points d'entrée importants. Le centre de la ville est marqué par des infrastructures significatives comme l'amphithéâtre et le forum, entourés de quartiers résidentiels. Les rues forment une grille régulière, typique de l'urbanisme romain, facilitant la circulation et l'organisation de l'espace urbain. Au sud, la ville est bordée par une ceinture agraire, soulignant l'importance de l'agriculture pour la subsistance de ses habitants (Chennaoui et al., 2010).

3.2.2. Identification des ruines romaines :

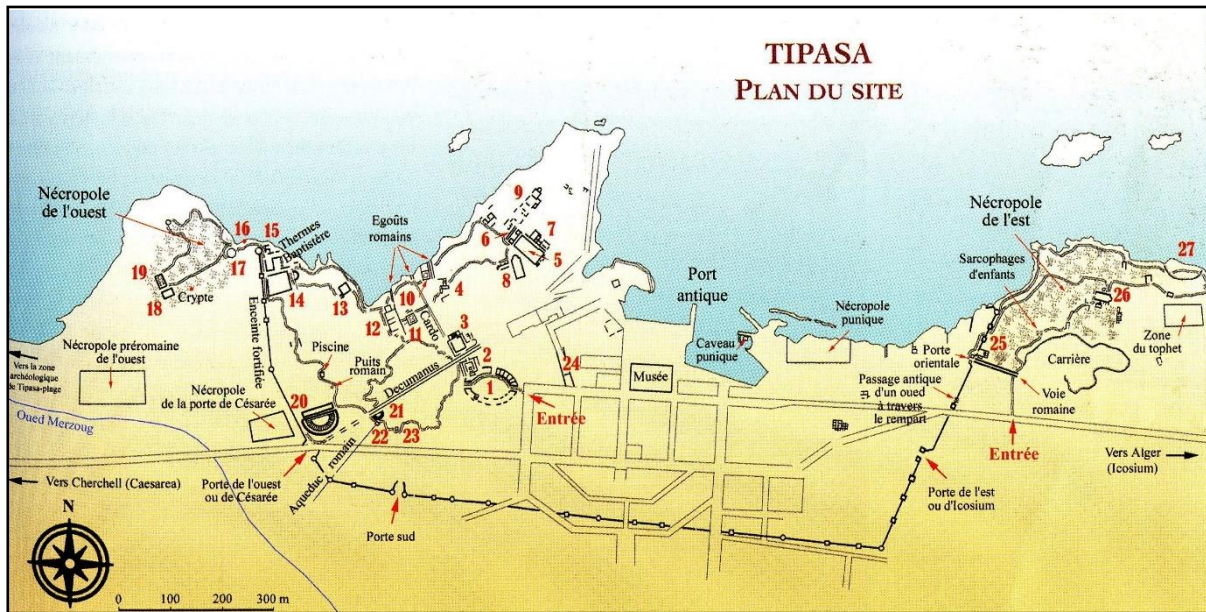


Figure 30 : Identification des ruines romaines
(Source : Centre culturel Tipaza)

Les vestiges des parcs archéologiques Ouest et Est :

- | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---|
| 1 : Amphithéâtre | 10 : Villa des fresques | 19 : Catacombes des évêques et enclos des martyrs |
| 2 : Temple anonyme | 11 : Etablissement industriel | 20 : Théâtre |
| 3 : Nouveau temple | 12 : Petits thermes | 21 : Nymphée |
| 4 : Vestiges de l'enceinte primitive | 13 : Thermes privés | 22 : Répartiteur des eaux |
| 5 : Forum | 14 : Grande basilique chrétienne | 23 : Mausolée |
| 6 : Capitole | 15 : Tour et poterne | 24 : Grands thermes |
| 7 : Curie | 16 : Hypogées | 25 : Basilique Saint Pierre et Saint Paul |
| 8 : Basilique judiciaire | 17 : Mausolée circulaire | 26 : Basilique de Sainte Salsa |
| 9 : Maison particulière | 18 : Basilique 'Alexandre | 27 : Carrière romaine |

La carte montre clairement les remparts fortifiés qui entouraient et protégeaient la ville antique de Tipasa, dessinant un périmètre relativement compact sur une petite péninsule rocheuse avancée dans la mer Méditerranée au nord-ouest. À l'intérieur de cette enceinte fortifiée, les principaux monuments et bâtiments publics de l'époque romaine sont représentés, offrant un aperçu de l'organisation urbaine. On y voit des structures telles que le théâtre, les thermes, des égouts romains, et diverses nécropoles situées à l'ouest et à l'est.

Cette carte permet de bien visualiser les différentes composantes et la délimitation générale de l'ancienne Tipasa à l'époque romaine, en montrant une ville bien planifiée avec des structures clés et des zones spécifiques pour les nécropoles, le tout entouré par des murs de protection.



Figure 32 : Amphithéâtre



Figure 33 : Grand therme



Figure 31 : Mausolée circulaire



Figure 34 : Nouveau temple



Figure 35 : Temple anonyme



Figure 36 : Nymphée



Figure 37 : Basilique Judiciaire



Figure 38 : Théâtre



Figure 39 : Grande basilique

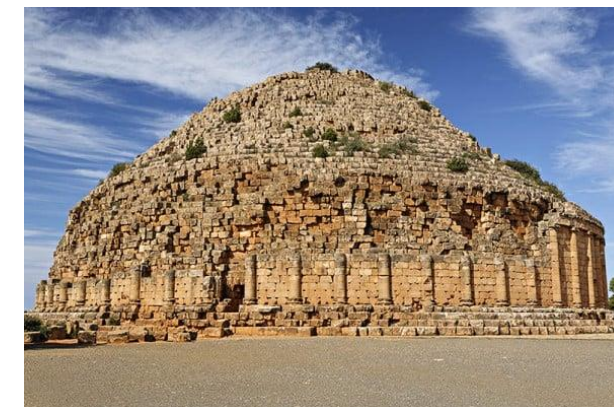


Figure 40: Mausolée



Figure 41 : Saint Salsa



Figure 42: La villa de fresque



Figure 43 : Petit therme



Figure 44 : Forum

3.3. Prospection électrique :

Depuis quelques décennies, les méthodes géophysiques appliquées à la recherche archéologique ont eu un large succès. En Algérie, cette nouvelle approche en recherche archéologique se trouve encore à ses débuts.

Au cours des trente dernières années, le site de Tipasa a continué de susciter un certain intérêt scientifique, notamment par l'expérimentation et l'application de nouvelles technologies liées à l'archéologie, pour approfondir son étude et servir à sa valorisation. Au début des années 1990, des prospections géophysiques non invasives ont été réalisées dans le parc archéologique au sud de l'amphithéâtre pour retrouver des annexes de ce dernier. Il s'agissait alors d'une première tentative de ce genre sur un site archéologique algérien (Ayadi et al., 1992).

La prospection électrique est en effet une méthode très précieuse pour la découverte et l'exploration des sites archéologiques. Elle permet de détecter les anomalies de résistivité électrique dans le sous-sol, ce qui peut révéler la présence de structures enfouies telles que des fondations de bâtiments, des tombes, des poteries ou autres vestiges. Son importance réside dans le fait qu'elle est non invasive et permet d'avoir une vision globale du sous-sol avant d'entreprendre des fouilles coûteuses et potentiellement destructrices. Cela aide à cibler les zones les plus prometteuses et à optimiser les efforts de fouille (Chennaoui et al., 2010).

3.3.1. Récapitulatif des principales campagnes de fouilles :

Des fouilles ponctuelles ont été menées par la suite afin de contrôler les résultats des mesures :

| Campagne | Responsable | Secteur concerné | Monument concerné | Type d'intervention | Observations | |
|-----------|---------------------------|------------------|--|---------------------|---|--|
| 1891 | St. Gsell | Parc Est | Basilique St.Salsa | Fouilles | | |
| 1892 | AbbÈ St.GÈrand | Parc Ouest | Eglise de l'évêque Alexandre | Fouilles | Découverte d'une porte dans la façade nord | |
| 1913 | A.Ballu | Parc Ouest | Grande basilique | Fouilles | Découverte de la mosaïque dite des captifs | |
| 1914 | George Barry | Parc Ouest | Basilique judiciaire | Fouilles | | |
| 1915 | G. Barry | | Basilique judiciaire- forum- capitole | Fouilles | Evacuation d'une grande quantité de pierres qui encombraient ^a le forum | |
| 1929 | J. Lassus | Parc Est | Nécropole .St.Salsa | Fouilles | Découverte de + 20 sarcophages collectifs | |
| 1930 | J.Heurgon | | Cimetière païen, Gde basilique - forum | Etude descriptive | Déblaiement de 60 m2 | |
| 1930 | J. Lassus | Parc Ouest / Est | Basilique chrétienne-Néc.St.Salsa | Exploration | Asymétrie du mur Sud irrégularités dans l'alignement des colonnes et dans la disposition intérieure de l'Eglise | |
| 1931 | P.-M. Duval | Parc Ouest | Portes Sud et Ouest | Fouilles | | |
| 1932 | SMH/ Christofle | Parc Est | Nécropole .St.Salsa et cimetière païen | Fouilles | 500 sarcophages + inscription libyque | |
| 1939-1940 | S/direction de A. Petland | Parc Ouest | Eglise Alexandre | Fouilles | Dégagement total | Travaux de consolidation de la voute |
| 1942 | P.-H.Duval | Parc Ouest | Enceinte | Fouilles | Dégagement total | E.Frezouls, 1952.- MEFR |
| 1942-1944 | L. Leschi. | Parc Ouest | Théâtre | Fouilles | | |
| 1949-1951 | J. Baradez | | Enceinte orientale | Fouilles | | Découverte de 450 sépultures (en jarres, sarcophages monolithes) |

| | | | | | | |
|-----------|------------|------------------|---|----------|---|--|
| 1950 | E.Frezouls | Parc Ouest | Scène du théâtre | Fouilles | Construite extra-muros. Réfection avec pierres de remploi Eventrement du sol | |
| 1951 | J.Baradez | Parc Ouest | Maison des fresques | Fouilles | Amphithéâtre : ses pierres utilisées en 1947 pour la construction de l'hôpital de Hadjout | |
| 1952 | J.Baradez | Parc Ouest | Porte orientale et périphérie : basilique chrétienne | Fouilles | | |
| 1953 | J.Baradez | Parc Ouest / Est | Nécropole orientale Amphithéâtre | Fouilles | | |
| 1954 | J.Baradez | Parc Ouest | Enceinte orientale Basilique chrétienne extra-muros, tombes païennes- area funéraire au sud de la basilique | Fouilles | | |
| 1955 | J.Baradez | Parc Ouest | Thermes de la crique Amphithéâtre Grande basilique abside | Fouilles | | |
| 1955 | J.Baradez | Parc Est | Area Est de St. Salsa Nécropole punique - païenne - chrétienne Thermes privés | Fouilles | | |
| 1956 | J.Baradez | Parc Ouest | Amphithéâtre, théâtre (mur de scène), gde basilique, fours † chaux, nécropoles punique, païenne et chrétienne | Fouilles | | |
| 1956-1957 | L. Leschi | Parc Ouest | Eglise d'Alexandre | Fouilles | | |
| 1959 | J.Baradez | Parc Ouest | Maison des fresques Maison procureur Maison au S/O de la maison des fresques | Fouilles | | |
| 1960-1961 | J.Baradez | Parc Ouest | Nécropole occidentale | Fouilles | | |
| 1966-1967 | P. Cintas | Parc Ouest | Nécropole préromaine occid. | Fouilles | | |

| | | | | | | |
|------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------|--|--|
| 1968-1972 | M.Bouchnaki | Parc Ouest | Nécropole occid. Vallon Matarèse | Fouilles | | |
| 1991 | Mission Algéro-italienne | Centre-ville poste Tipasa | | Fouilles | | |

3.3.2. Représentations visuelles des données

Les mesures, une fois faites, sont représentées de plusieurs manières, à savoir (Ayadi et al., 1992) :

➤ Par les blocs de diagramme isométriques :

Il s'agit d'une représentation 3D des valeurs de résistivité sous forme de blocs empilés. Les mesures le long de chaque profil sont représentées sur un diagramme de façon à avoir une vue en perspective des zones d'anomalie. Cette représentation renseigne sur l'existence, la localisation ainsi que la direction des anomalies, en permettant de visualiser facilement les variations 3D de résistivité et la géométrie des structures enfouies potentielles.

➤ Par Carte d'isorésistivité :

Elles sont similaires aux cartes de résistivité apparente, mais représentent les valeurs de résistivité réelle à une profondeur donnée. Les lignes de même couleur (isolignes) relient les points de même résistivité, formant ainsi des zones fermées délimitant des anomalies. Plusieurs cartes à différentes profondeurs peuvent être produites pour obtenir une vision 3D.

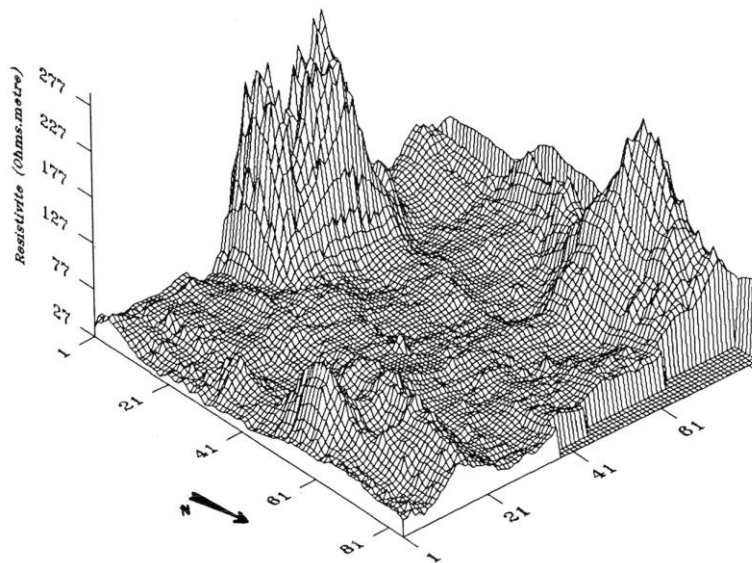


Figure 46: Blocs diagrammes isométriques représentant le résultat de la prospection électrique de 1992 effectuée au niveau parc ouest du site.

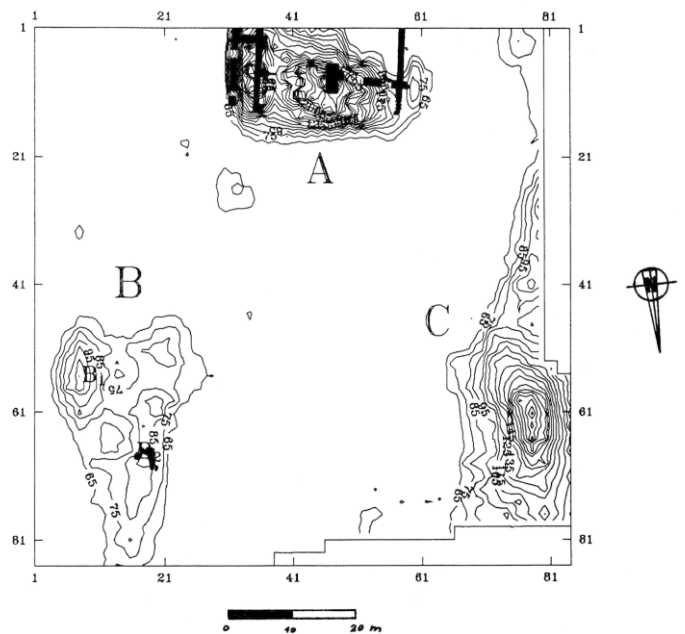


Figure 45 : Carte de l'isorésistivité apparente avec le schéma des structures découvertes lors de la prospection effectuée en 1992 (ne sont représentées que les zones d'anomalies).

3.3.3. Potentiel de découvertes archéologiques sous les zones urbaines de Tipaza :

Bien que de nombreux vestiges aient déjà été identifiés et fouillés, la possibilité de découvrir des structures enfouies supplémentaires sous les zones aujourd'hui urbanisées ne doit pas être négligée.

En effet, l'expansion de la ville moderne de Tipaza s'est inévitablement faite sur et autour de ces ruines antiques. Il est donc fort probable que certaines d'entre elles aient été recouvertes par les constructions récentes sans avoir été explorées en profondeur ou même détectées.

La réalisation de prospections électriques systématiques dans ces zones urbaines ayant potentiellement recouvert d'anciennes ruines romaines pourrait s'avérer très fructueuse. En cartographiant minutieusement les variations de résistivité du sous-sol, il serait possible de détecter des anomalies caractéristiques de structures enfouies comme des fondations, des murs, des hypogées ou des thermes antiques par exemple. Une attention particulière devrait être portée aux zones en bordure immédiate du site archéologique principal, où la probabilité de découvrir des extensions de la ville antique est la plus élevée selon les modèles d'urbanisme antique

Grâce aux techniques modernes non-invasives et à une analyse poussée des données collectées, il serait ainsi envisageable de cartographier avec précision l'étendue réelle de ces ruines romaines anciennement répertoriées. Des structures majeures insoupçonnées à ce jour pourraient alors être mises au jour, permettant de compléter considérablement les connaissances sur l'urbanisme et l'architecture de l'antique Tipaza à l'époque romaine (Ayadi et al., 1992).

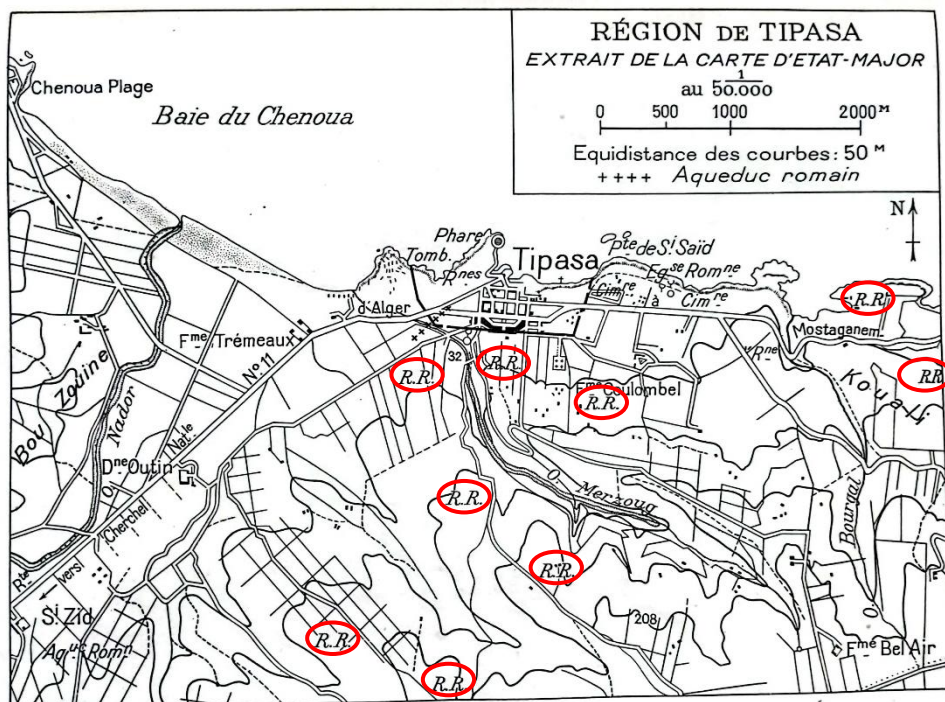


Figure 47 : Distribution des ruines romaines sur la région de Tipaza (Source : Centre culturel Tipaza)

3.4. Menaces anthropiques sur les sites archéologiques :

Tipaza, site antique d'une grande richesse archéologique, est restée figée dans le temps pendant des siècles après la fin de l'époque romaine. Contrairement à d'autres anciennes cités, elle n'a pas connu de développement urbain significatif durant les périodes médiévale et ottomane. Ce n'est qu'avec l'arrivée des Français au XIX^e siècle, dans le cadre de la colonisation de l'Algérie, que Tipaza a entamé une véritable phase d'expansion urbaine. Cette période marque le début d'une transformation profonde du paysage urbain de la ville, rompant avec des siècles de stagnation et d'abandon relatif (CNERU, 2010).

3.4.1. Phase 01 : Création du grand village colonial

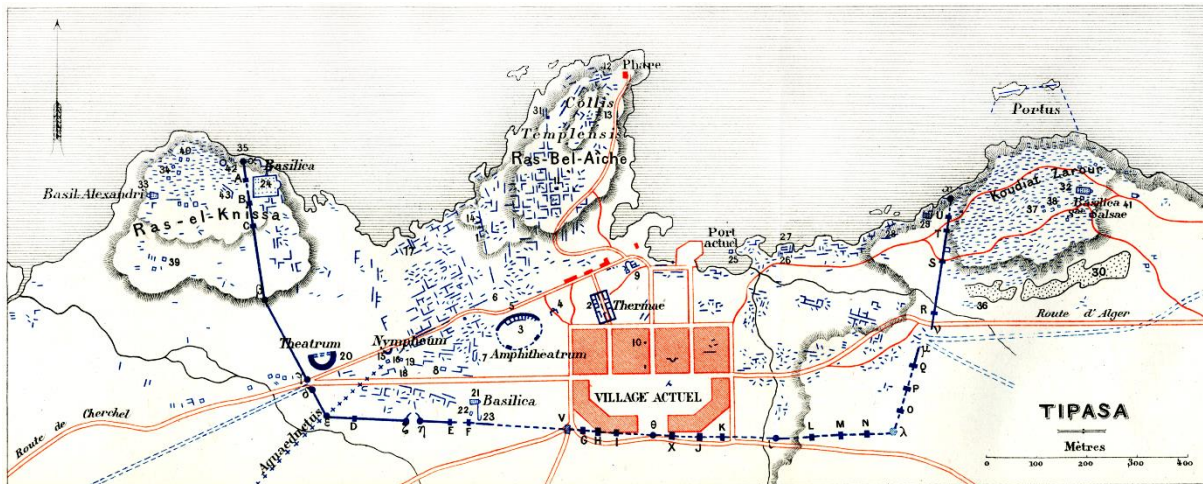


Figure 48: Délimitation du village colonial français 1894
(Source : Centre culturel Tipaza)

D'après ce plan, on constate que le village colonial français a été construit au cœur même du site archéologique antique de Tipaza. Les nouvelles constructions coloniales en orange viennent se superposer aux ruines romaines préexistantes, créant une scission entre les deux principales zones archéologiques.

Le village colonial et ses structures associées occupent désormais une partie centrale de l'ancienne ville romaine, séparant physiquement le secteur nord comprenant le théâtre, les thermes et l'amphithéâtre, du secteur sud englobant notamment les basiliques chrétiennes et les nécropoles.

Par décret du 12 août 1854, une concession agricole de 2672 hectares a été accordée à l'entrepreneur parisien Demonchy, avec l'engagement de l'État de niveler les rues, achever la route Tipaza-Marengo, et construire une église et une école. Le noyau urbain initial, symétrique et régulier, couvrait 9,8 hectares en 5 îlots, où 48 maisons devaient être construites.

3.4.2. Phase 02 : 1861-1948 :

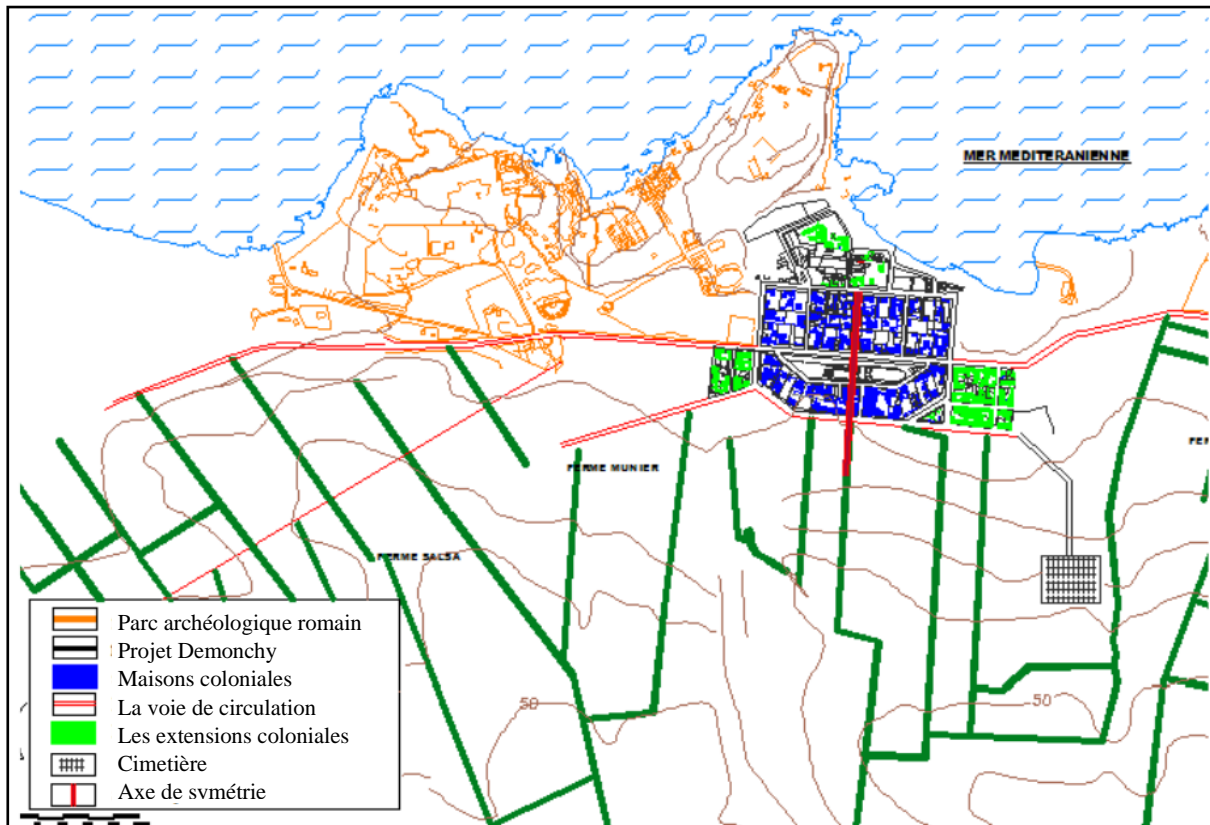


Figure 49: Les extensions du noyau de base
(Source : Musée de Tipaza)

À cette époque, le village connaît des extensions du noyau de base. Elles se sont réalisées comme suit :

- **En 1864** : L'extension vers le Nord-Ouest par la construction de l'îlot industriel Chaix Tremaux.
- **En 1925** : L'extension vers le Sud-Ouest par la construction de l'îlot de Bourgard suivie d'une extension vers l'Est.
- **En 1948** : La construction du port marque une dernière extension vers le Nord.

3.4.3. Phase 03 : 1959-1962 :

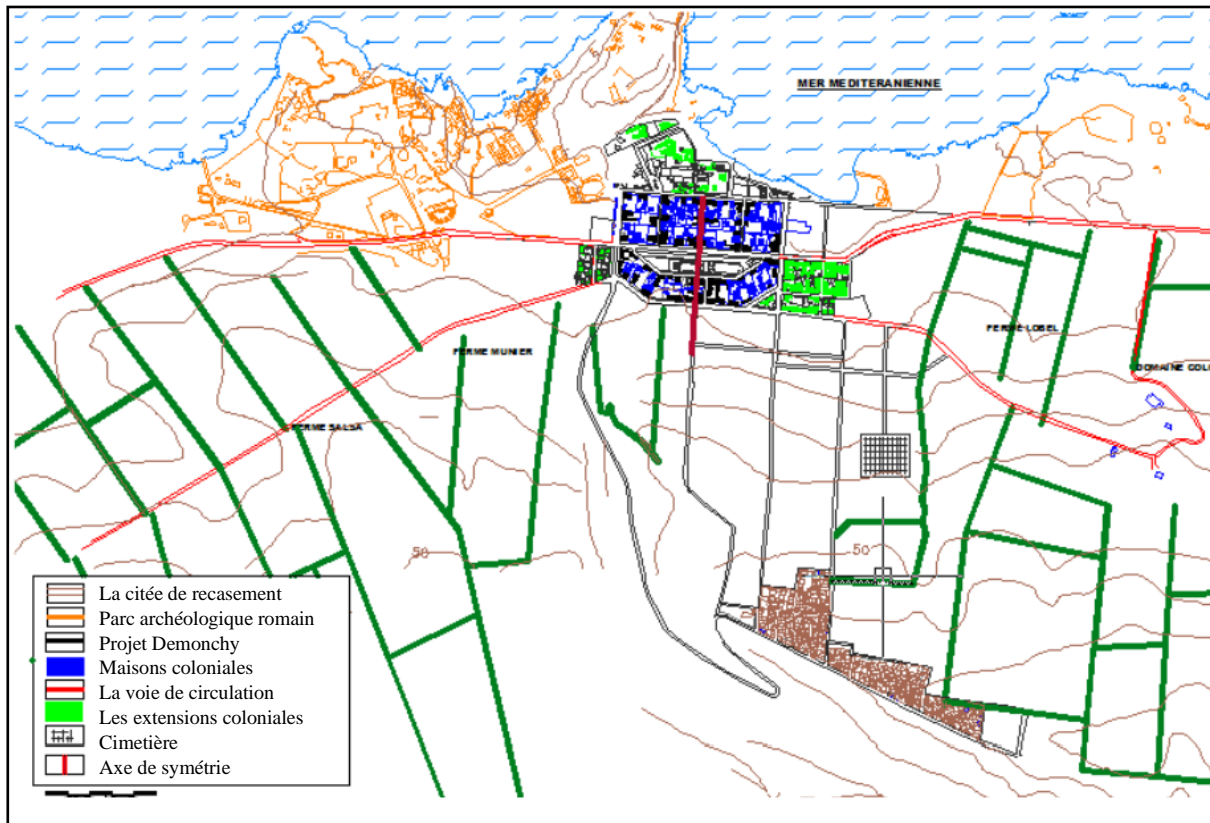


Figure 50 : La création de la cité Oued Merzoug et la cité HLM
Source : Musée de Tipaza

- **En 1959 :** Le mode de croissance change car il prend la direction Sud avec la création de la cité Oued Merzoug et la cité HLM dans le cadre du plan de Constantine (1958-1962).

3.4.4. Phase 04 : L'époque post-coloniale :

A partir de 1962 jusqu'à 1984, la ville de Tipaza était un noyau villageois dont le secteur urbain se limite au noyau colonial, entouré de terres agricoles, de sites archéologiques et de la mer au Nord.

Elle présentait trois entités :

- ❖ Un centre-ville coïncidant avec les limites du village colonial
- ❖ Une cité sise à Oued Merzoug
- ❖ Une cité de type HLM.

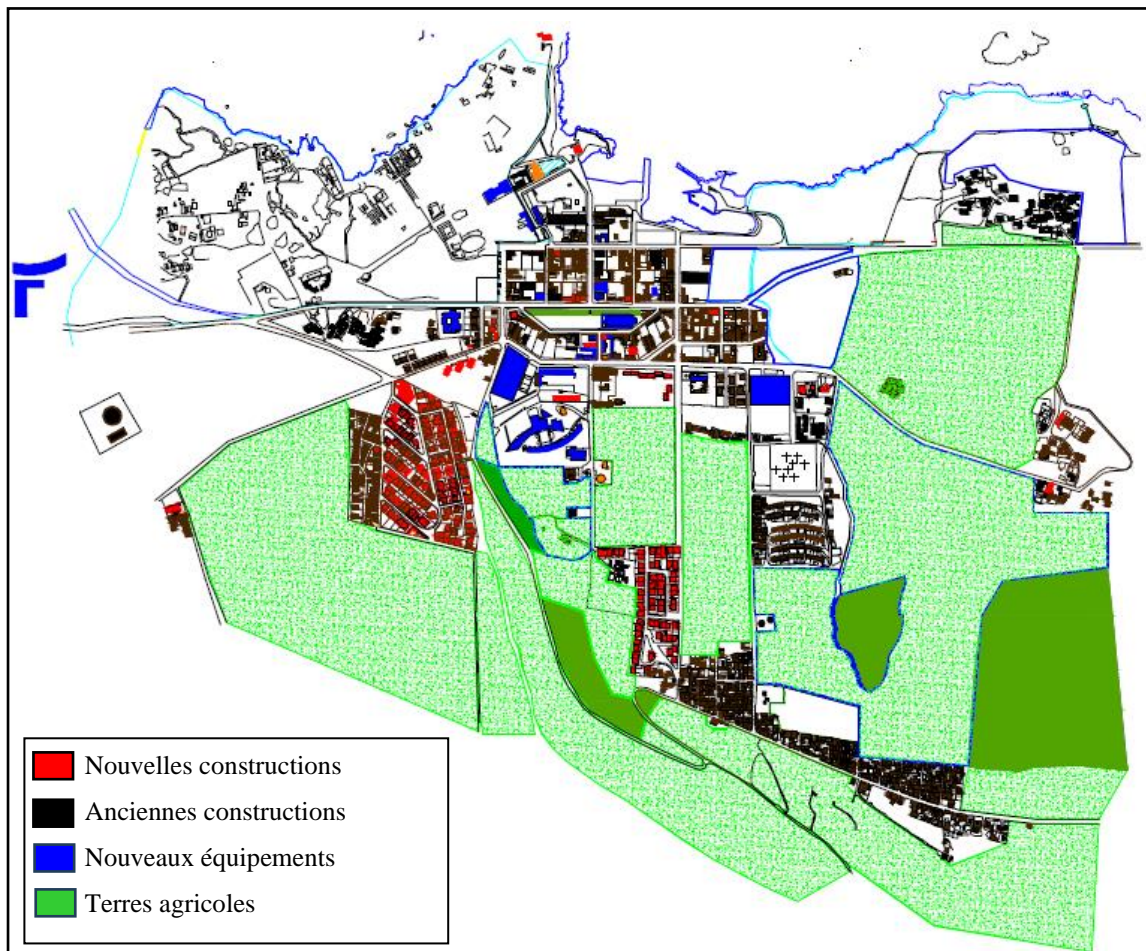


Figure 51: Les extensions du noyau de base
(Source : Musée de Tipaza)

Après 1984 la ville est promue chef-lieu de wilaya. La nouvelle agglomération urbaine s'est réalisée par la construction de plusieurs cités d'habitat de type HLM et d'autres cités administratives aux caractères semi préfabriqué afin de répondre aux besoins nouveaux du chef-lieu de wilaya en termes d'implantation de sièges de direction et d'habitat pour les fonctionnaires et d'équipements d'accompagnement.

Cette nouvelle agglomération avait pris la direction des hauteurs du site au vu des contraintes archéologiques et leurs zones de servitude qui se présentaient sur toute la zone littorale (les deux parcs archéologiques de l'Est et de l'Ouest) (Annex 2):

- Un programme important a été réalisé depuis 2002 rentabilisant ainsi toutes les friches urbaines qui étaient disponibles notamment dans la partie sud. Ce périmètre est à sa limite de saturation à l'exception de certaines parcelles déjà affectées.
- Deux extensions ont été prévues dans le cadre de l'étude de révision en 2002, il s'agit de l'extension Est (POS AU1 prévue comme pôle d'équipements) et de l'extension Ouest (POS AU2 prévue comme pôle multifonctionnel) (Figure 52).
- Dans le cadre de la révision du PDAU communal de Tipaza en 2006, un nouveau pôle d'extension AU3 a été dégagé pour accueillir des équipements de haut niveau (pôle d'excellence). Entre autres une zone d'équipement est prévue à la sortie de la ville (Figure 52).

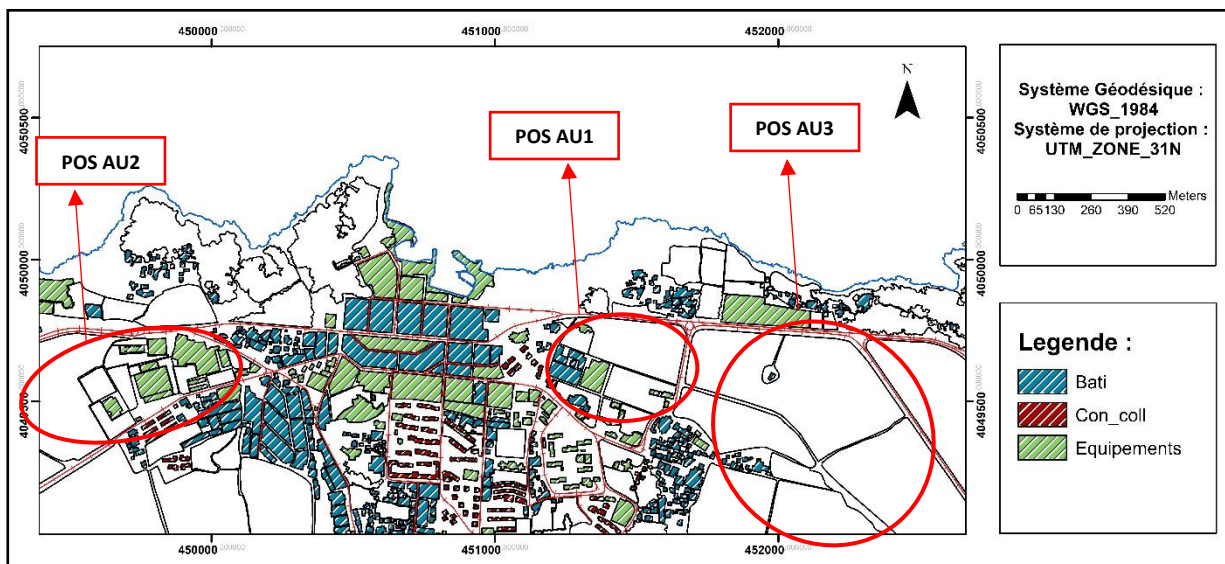


Figure 52 : Les sites d'extensions urbaines

3.5. Classification des sites archéologiques par l'UNESCO :

En 1982, les sites archéologiques de Tipaza sont classés au patrimoine mondial par l'UNESCO, ce qui leur confère une protection internationale et une reconnaissance de leur valeur universelle exceptionnelle.

La carte (figure 53) montre les sites archéologiques de Tipaza, délimités par des zones hachurées en orange au nord de la ville actuelle. La ligne rouge pointillée représente les limites de l'ancienne ville romaine. La classification UNESCO a renforcé les efforts de conservation, intensifié les recherches archéologiques et accru la mise en valeur touristique des sites. Cette reconnaissance internationale a également influencé les politiques d'aménagement urbain, en séparant clairement les zones archéologiques des zones bâties et agricoles. Cela assure la pérennité et l'étude des vestiges pour les générations futures.

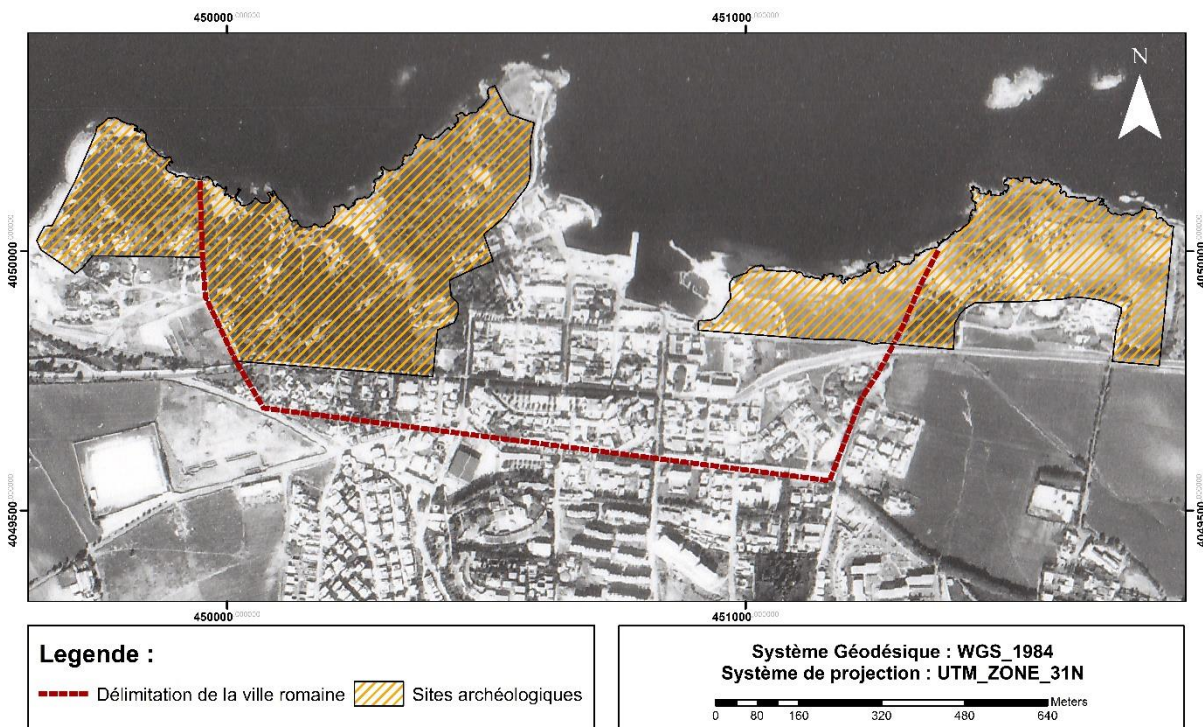


Figure 53 : Délimitation des sites archéologiques classés par l'UNESCO (1992)

Entre 2002 et 2006, le site archéologique de Tipaza a été classé sur la liste des patrimoines mondiaux en péril pour plusieurs raisons, notamment : l'augmentation de la pression anthropique (Figure 54), la détérioration naturelle due à l'érosion côtière et aux changements climatiques, le manque d'entretien et la gestion inadéquate.

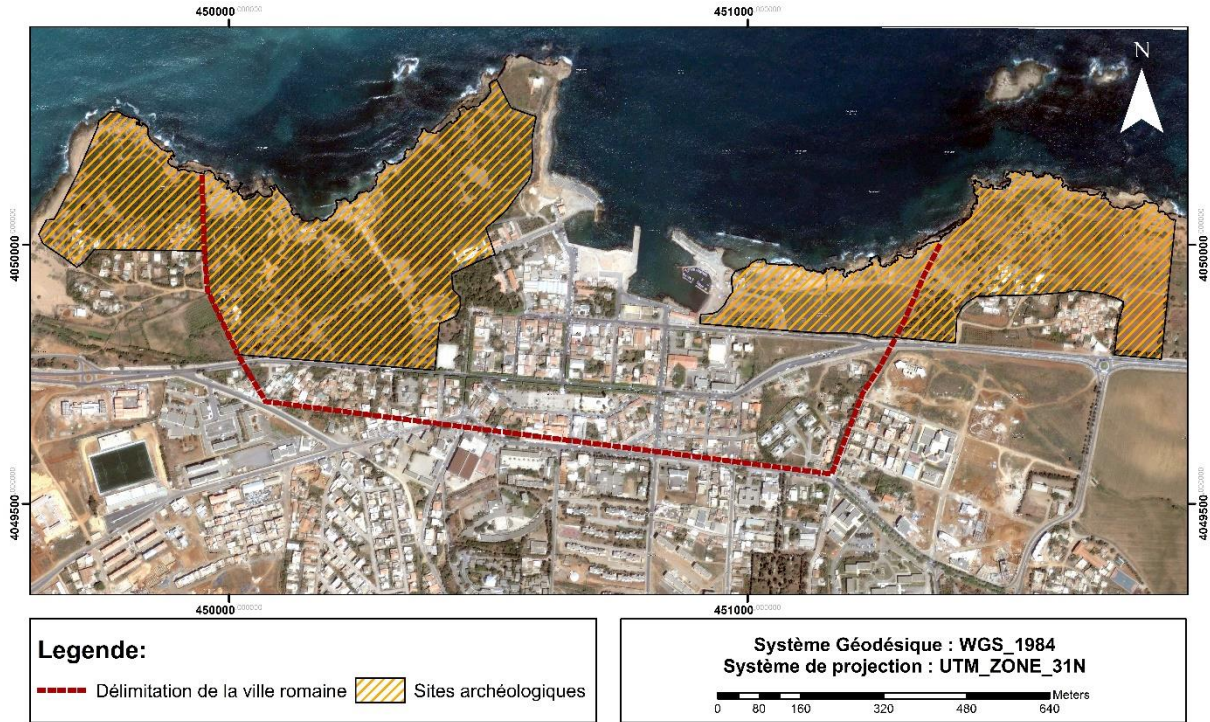


Figure 54: Sites archéologiques (2006)

**CHAPITRE IV : MATERIEL ET
METHODES**

4 CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

Le principal objectif de cette étude est d'analyser les menaces pesant sur les ruines romaines de Tipaza. Dans cette optique, ce mémoire s'est initialement concentré sur l'étude de l'évolution de la ligne de rivage, afin d'examiner les dynamiques du trait de côte d'une partie du littoral de Tipaza (des falaises) à une échelle spatiotemporelle, qui est une zone fragilisée par l'érosion côtière. De plus, l'étude de l'occupation du sol de cette région a permis de mettre en évidence les changements dans la répartition des différentes utilisations du sol au fil du temps.

4.1. Présentation des logiciels utilisés :

4.1.1. Présentation du logiciel ArcGIS 10.4.1 :

Le logiciel ArcGis est un système d'information géographique développé par la société ESRI (Environmental Systems Research Institute). C'est un outil utilisé pour manipuler, gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres.

4.1.2. Présentation du logiciel Smart GIS :

Smart GIS est **le premier logiciel SIG et GPS égyptien**, avec une première version publiée en **2010**. Ce logiciel a été créé par le programmeur égyptien **Mohamed Elshayal**. Contrairement à de nombreux autres logiciels, Smart GIS est **indépendant de tout financement organisationnel** et n'est affilié à aucun logiciel commercial.

Smart GIS est un **système d'information géographique (SIG)** qui permet de **visualiser, analyser et gérer des données géospatiales**. Il est utilisé pour cartographier et comprendre les informations liées à la géographie, telles que les emplacements, les frontières, les infrastructures, les ressources naturelles et bien plus encore (Smart GIS Map Editor and GPS Tracking, 2020).

4.1.4. L'organigramme :

Cinq étapes clés ont été réalisées pour effectuer ce travail :

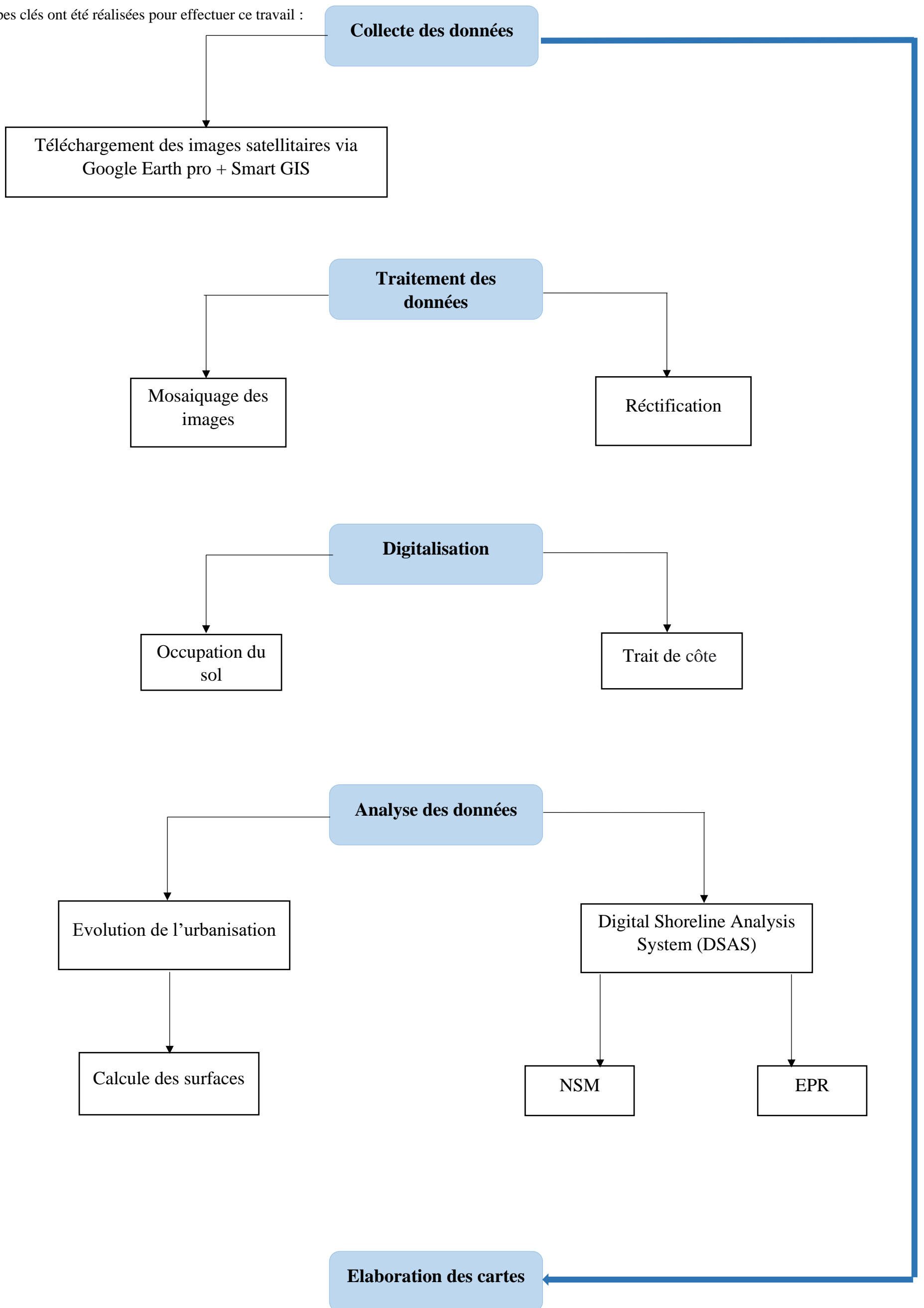


Figure 55: Organigramme montrant la méthodologie de travail

4.2.1. Collecte des données :

Les données utilisées dans cette étude, provenant de différentes sources et à différentes résolutions spatiales, sont résumées dans le tableau suivant (Annex 1) :

Tableau 12: Caractéristiques des données utilisées dans l'étude

| Image | Moyen d'acquisition | Résolution | Source |
|--------------|------------------------------|-------------------|---------------|
| 1959 | Photo aérienne | Métrique | APPL |
| 1992 | Photo aérienne | Métrique | APPL |
| 2006 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2009 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2012 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2013 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2015 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2017 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2019 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2021 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |
| 2023 | Google Earth Pro + Smart GIS | Centimétrique | Téléchargée |

4.2.1.1. Choix des images satellitaires

Plusieurs sources d'images satellitaires peuvent être exploitées pour extraire la ligne du rivage, à savoir : les images Landsat, Quickbird de Google Earth. Pour le présent travail, le choix s'appuie sur les images de Google Earth Pro qui est un logiciel open accès en offrant un historique sur soixante-quatre (64) ans environ des images satellitaires de haute résolution.

Au départ, nous avons fixé les principes de téléchargement suivants :

- On sélectionne l'image là où l'état de la mer est calme.
- Pour chaque image, on prend de préférence celle prise au mois de septembre, août ou octobre, car c'est la période où la mer est calme (en état d'équilibre). Si ces derniers ne sont pas disponibles, on prend celle du mois de mai, avril, juin et mars.
- Toutes les images doivent être soumises au même zoom et même résolution (1 : 50 m).

4.2.1.2. Méthode de téléchargement des images satellitaires :

Le téléchargement des images satellitaires de Google Earth a été fait en utilisant le logiciel Smart GIS Map Editor 18.001. Cette méthode repose sur la combinaison du logiciel Smart GIS et Google Earth par synchronisation du fonctionnement, ce qui permet de télécharger les images de Google Earth à très haute résolution et à temps record

Les étapes de téléchargement des images de Google Earth au niveau de Smart Gis :

- Synchronisation de Google Earth avec Smart GIS Software
- Les deux logiciels doivent être ouverts en même temps et exécutés en même mode
- Au niveau de Smart Gis Software, les images téléchargées sont de très haute résolution.

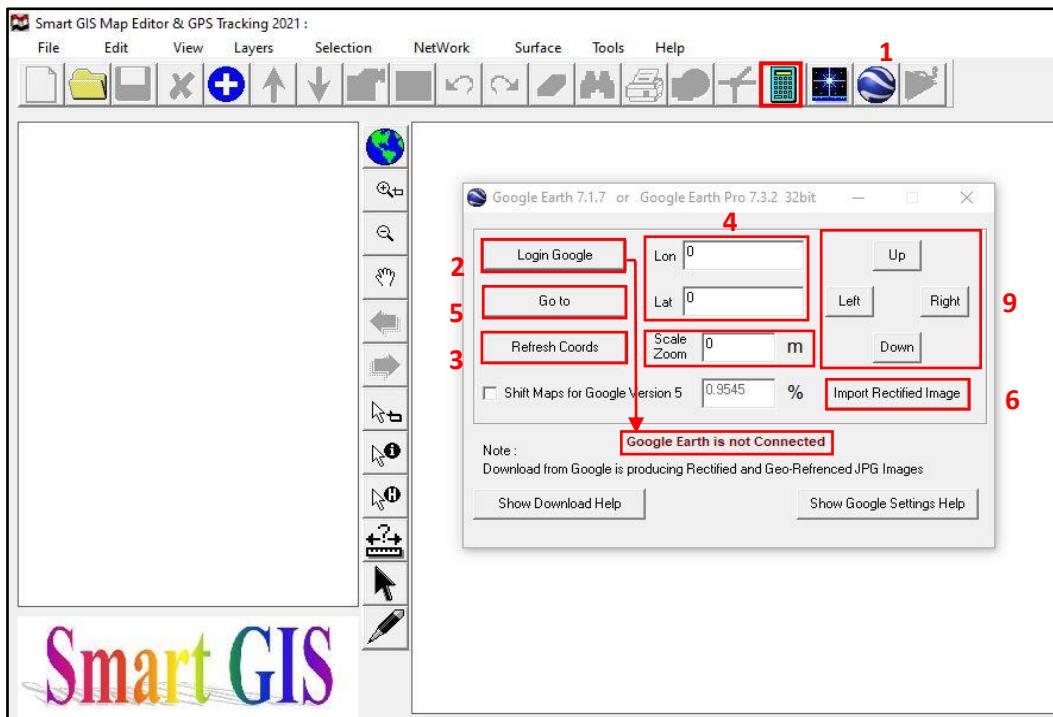


Figure 56 : Etapes de téléchargement des images de Google Earth au niveau de Smart Gis(A)

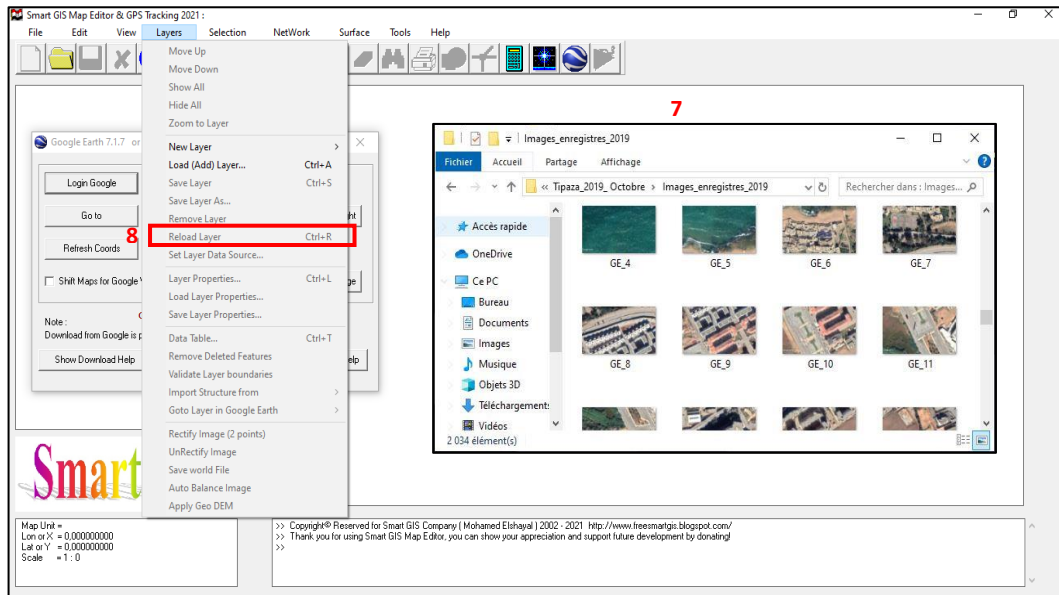


Figure 57 : étapes de téléchargement des images de Google Earth au niveau de Smart Gis(B)

4.2.2. Traitement des données :

Cette partie décrit les différents outils et techniques du SIG utilisés pour un meilleur traitement des données. Ce dernier est réparti en trois (03) niveaux. Dans un premier temps, un traitement au niveau des images brutes téléchargées, puis dans un deuxième temps l'extraction du trait de côte et des surfaces d'occupation du sol par digitalisation des images traitées. Et finalement, le calcul numérique des paramètres statistiques d'évolution des traits de côte. L'ensemble des traitements sont réalisés via le logiciel ArcGIS 10.4 et Excel 2019.

4.2.2.2.1 Mosaïquage des images :

Le mosaïquage consiste à assembler l'ensemble des images raster de chaque zone littorale en une seule image en utilisant l'outil « Mosaic To New Raster » :

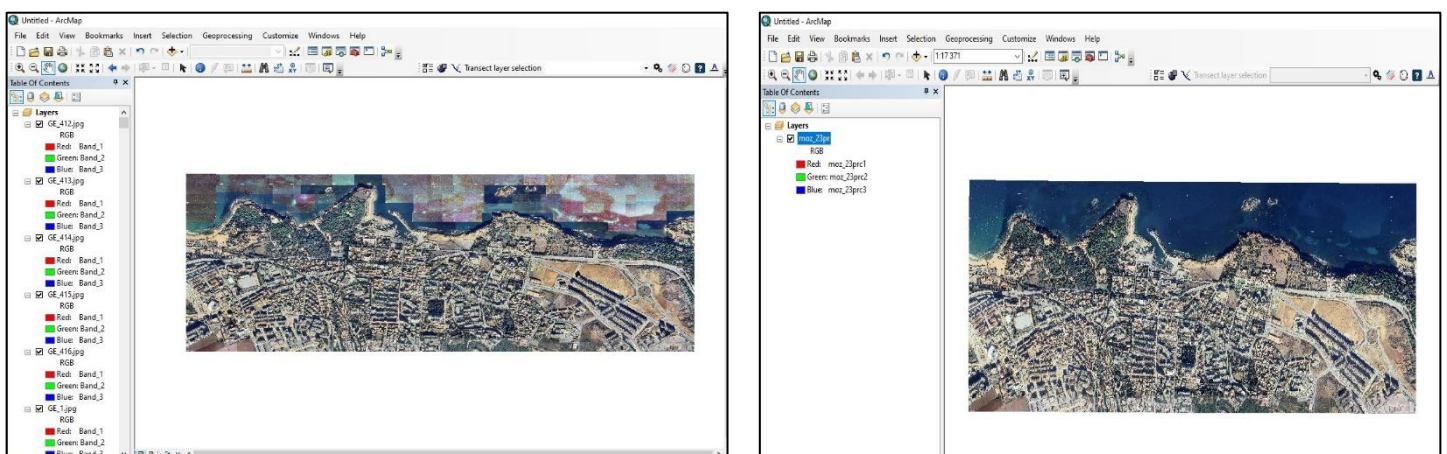


Figure 58 : Mosaïquage des images cas de l'année 2023 (Avant/Après)

4.2.2.3. Rectification des images mosaïques :

La réalisation de la rectification permet d'éliminer le décalage spatial entre les images ancienne et récente. Pour ce faire, on doit choisir l'une des images comme référence en utilisant l'outil de géoréférencement (il est

préférable qu'elle soit la récente). Dans ce cas, nous avons choisi l'image de l'année 2023 pour recaler les images anciennes (1959/1992/2006/2009/2012/2013/2015/2017/2019/2021).

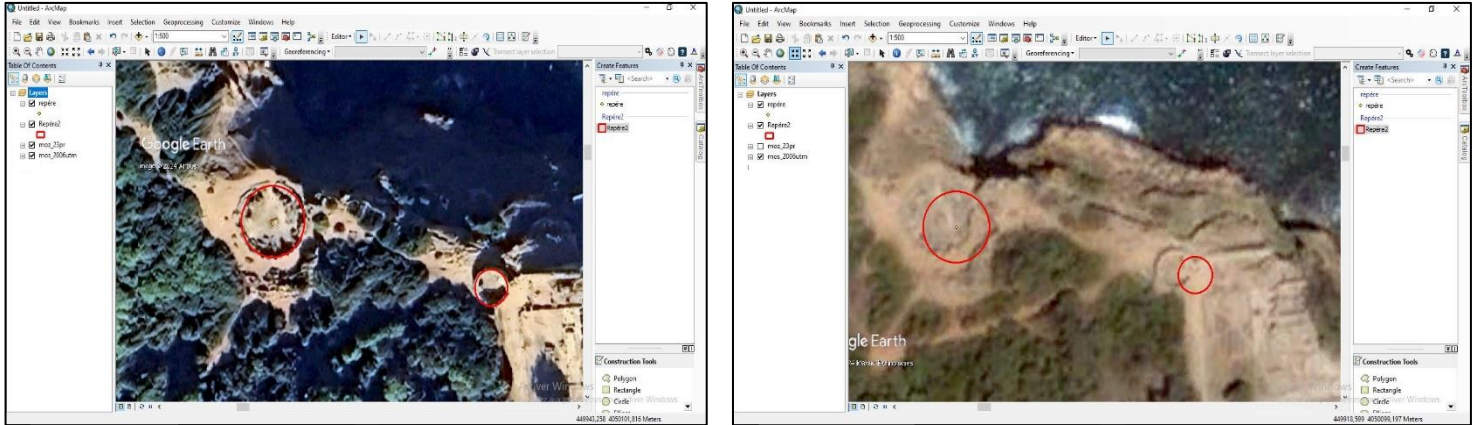


Figure 59: Mode de rectification de l'image ancienne par l'image de référence 2023

4.2.2.3.1. Marge d'erreur :

Les images utilisées dans notre étude proviennent de sources variées, ce qui peut créer un problème lié à la marge d'erreur/décalage, même après avoir procédé à l'étape de la rectification. Par exemple les photos aériennes anciennes (1959 et 1992) présentent généralement une résolution spatiale plus faible que les images satellites récentes (2006, 2017, 2023). Une image haute résolution représentera le trait de côte avec plus de détails qu'une image ancienne de faible qualité, rendant difficile une superposition parfaite. De plus, ces images anciennes peuvent être affectées par des distorsions géométriques, ainsi qu'un manque de repères fiables comparé aux images récentes.

Le géoréférencement initial de ces images anciennes peut également comporter des imprécisions, en fonction des méthodes utilisées à l'époque.

Un autre point à prendre en considération est les distorsions géométriques, comme l'angle de prise de vue, qui peut entraîner des distorsions verticales : c'est-à-dire que les objets apparaissent déformés ou décalés en fonction de leur hauteur. Un effet de verticalité peut faire paraître la ligne de côte décalée par rapport à sa position réelle, surtout dans les zones de relief accidenté. De plus, d'autres distorsions peuvent survenir en raison de la courbure de la Terre. Des effets de relief ou des conditions atmosphériques variables lors de l'acquisition des images même après une rectification, de légères distorsions résiduelles peuvent persister et entraîner des décalages lors de la superposition.

Par ailleurs, le moment de la prise de vue peut influencer la qualité de l'image et la précision de la superposition, comme on peut le remarquer sur l'image de 2023, Le meilleur moment pour l'angle de prise de vue est généralement aux alentours du zénith solaire (midi solaire), car cela réduit les ombres projetées et les distorsions verticales, facilitant ainsi une superposition précise des images. Cependant, il est important de noter que le zénith

solaire varie en fonction de la latitude et de la saison, nécessitant une planification minutieuse des acquisitions d'images.

En outre, l'agitation de la mer au moment de l'acquisition des images peut également augmenter la marge d'erreur : si la mer est agitée, avec des vagues importantes, la ligne de rivage apparaîtra floue et imprécise sur les images, rendant difficile la délimitation précise du trait de côte et compliquant la superposition des différentes images, même après l'application des techniques de rectification.

Dans notre cas, nous avons constaté un intervalle d'erreur de plus ou moins (\pm) 3 m entre les périodes même après avoir procédé à une rectification soignée des images. Bien que la rectification permette de corriger certaines déformations, elle ne prend pas en compte les effets du relief et de l'inclinaison des objets sur les images.

Afin d'obtenir des résultats avec une meilleure précision pour notre étude sur l'évolution du trait de côte, il aurait été préférable d'effectuer une orthorectification à l'aide d'un modèle numérique de terrain (MNT) de haute résolution.

L'orthorectification est un processus de correction géométrique plus avancé qui prend en compte les trois dimensions du terrain et les effets de relief grâce à l'utilisation d'un MNT précis. Il permet de régler les distorsions liées à l'inclinaison et à l'orientation des images par rapport à la surface terrestre. De plus, l'orthorectification assure une cohérence géométrique entre les différentes images, facilitant ainsi leur superposition et l'analyse des changements au fil du temps.

L'orthorectification à l'aide d'un MNT de haute résolution permettra de réduire considérablement la marge d'erreur résiduelle et d'améliorer la précision de notre étude sur l'évolution du trait de côte, en tenant compte des effets tridimensionnels du relief et en corrigeant les distorsions géométriques de manière plus robuste.

4.2.3. Vectorisation des données :

4.2.3.1. Digitalisation des traits de côte :

Dans le cadre de cette étude, des traits de côte des années 1959, 1992, 2006, 2017 et 2023 ont été utilisés, leur traitement a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGis 10.4.1 sous le système de projection WGS84 UTM zone 31N.

➤ Principe de la digitalisation

1. Digitalisation des traits de côte des 5 années sur ArcGIS (1959, 1992, 2006, 2017,2023)
2. Création d'une géodatabase personnelle (TC_Tipaza_Ruines)
3. Création du vecteur shorlines (les traits de côte de chaque période doivent être contenus dans un seul vecteur [exp 1959_1992])
4. Création de la ligne de base (la base line doit suivre la tendance générale des traits de côte)
5. L'utilisation de l'outil DSAS pour l'estimation de la variation des traits de côte.

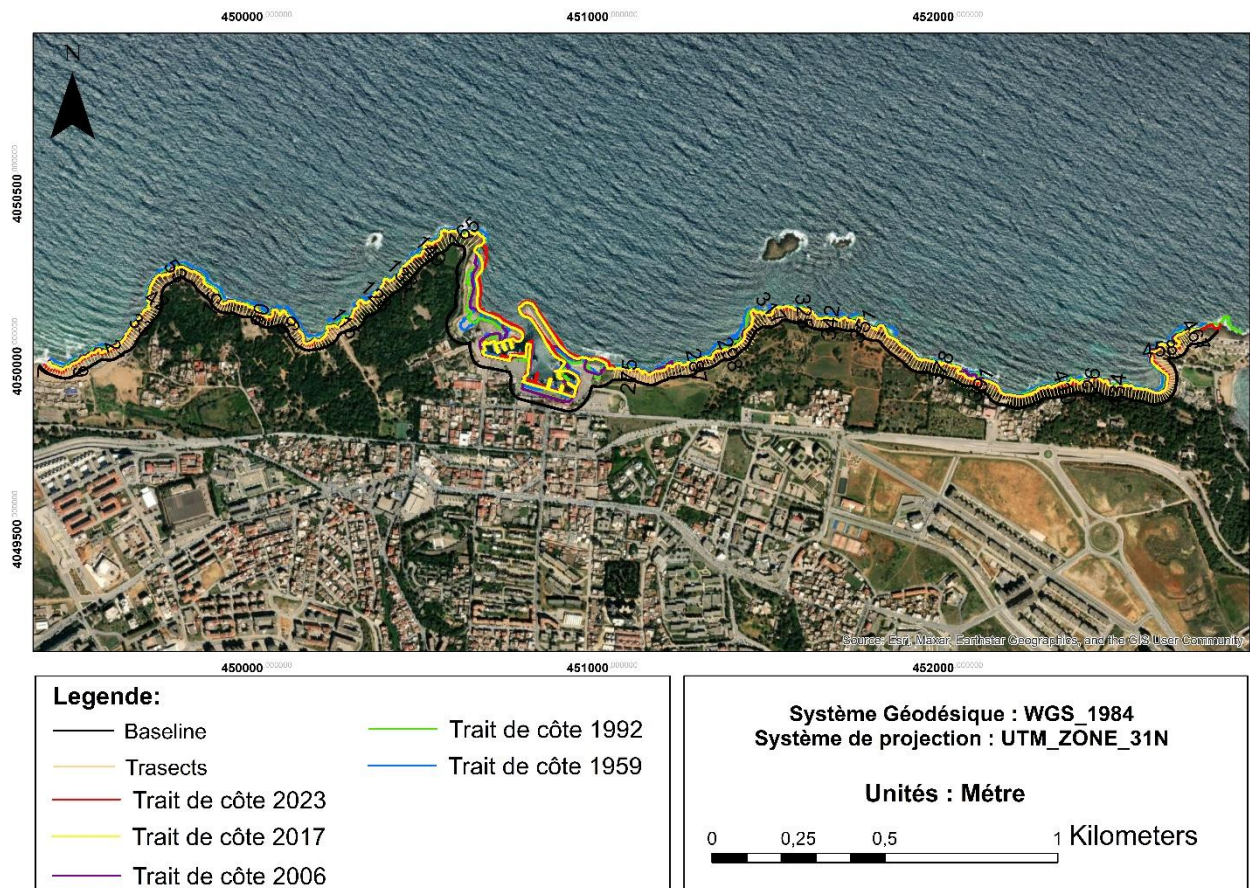


Figure 62: Carte de l'évolution global des traits de côte

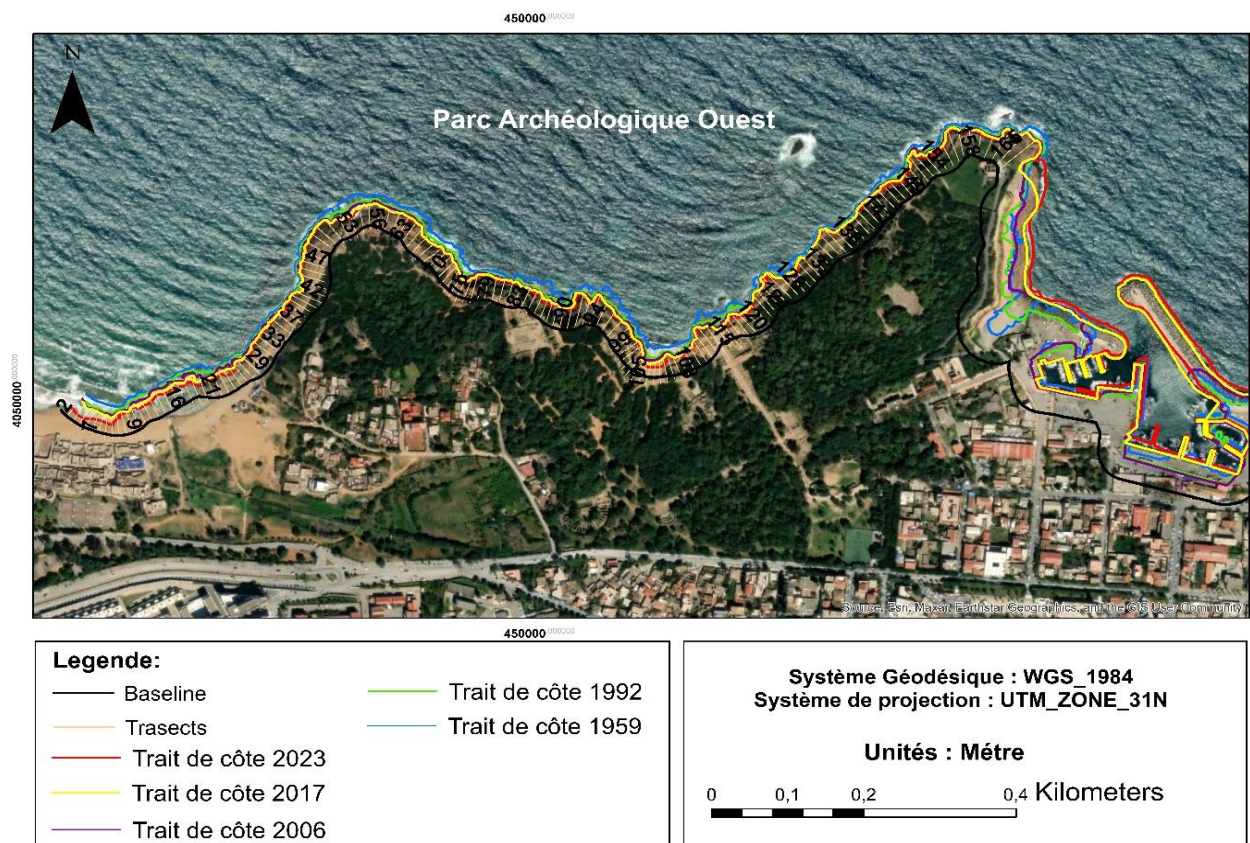


Figure 61: Carte de l'évolution global des Traits de côte (Parc archéologique OUEST)

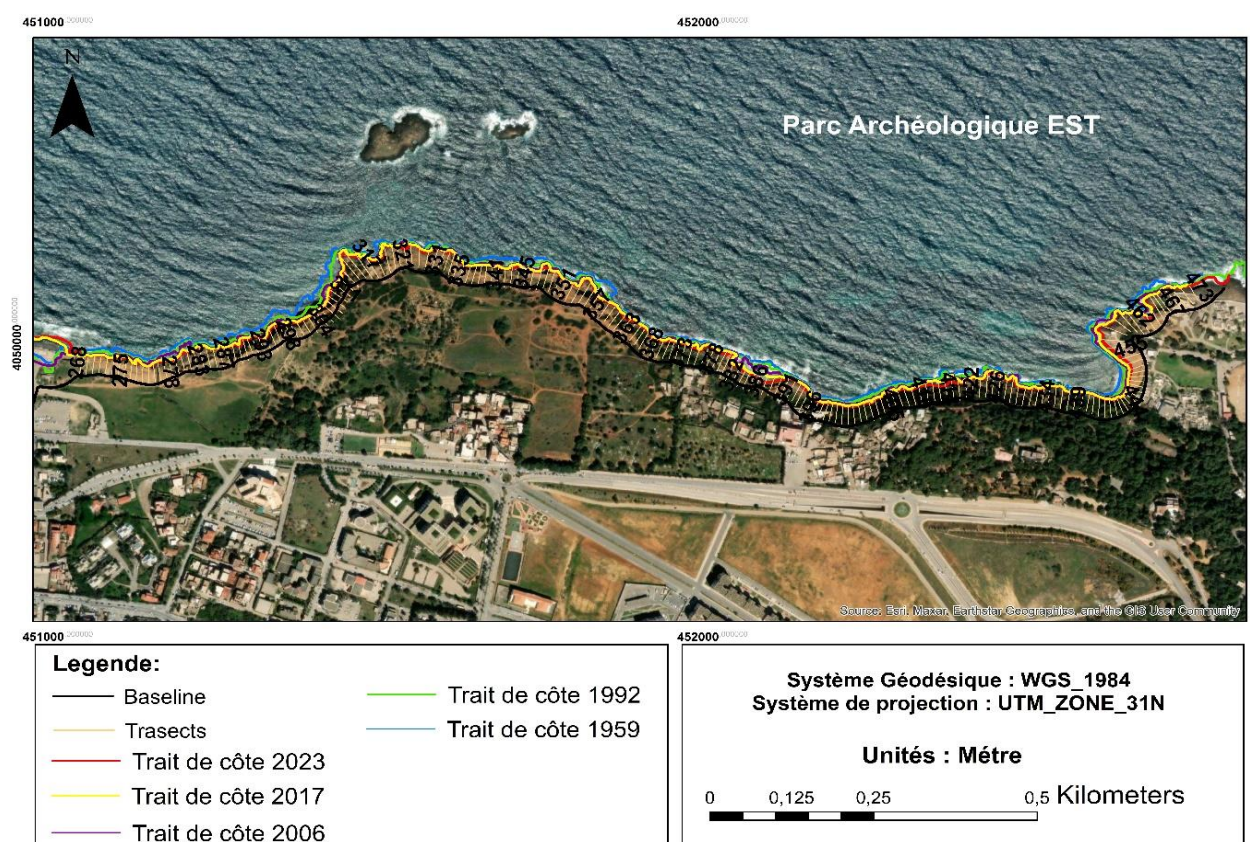


Figure 60: Carte de l'évolution global des Traits de côte (Parc archéologique EST)

4.2.3.2. Digitalisation d'occupation du sol :

Cette étude vise à suivre l'évolution du sol sur une période de 17 ans, de 2006 à 2023, en s'appuyant sur l'analyse des images satellitaires et la digitalisation manuelle.

Pour ce faire, des images des années 2006, 2009, 2015, 2019 et 2023 ont été importées dans le logiciel ArcGIS et projetées dans le système de coordonnées UTM zone 31. Ensuite, nous avons créé des couches pour représenter différentes catégories d'occupation du sol : bâti, constructions collectives, équipements, terres agricoles, végétation, sol nu et réseau routier.

La phase de digitalisation a été réalisée pour chaque catégorie, en appliquant cette procédure à toutes les images sélectionnées. Ce processus rigoureux a permis de capturer les changements de manière précise et de générer des données spatiales détaillées, essentielles pour l'analyse chronologique de l'évolution du sol.

Enfin, des cartes thématiques ont été élaborées pour présenter et mieux visualiser les changements, facilitant ainsi la communication des résultats et permettant une compréhension approfondie des dynamiques environnementales de la zone étudiée au fil du temps.

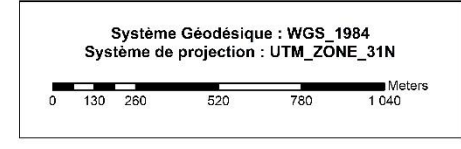
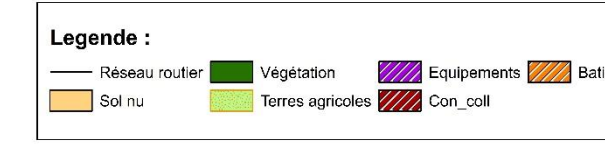
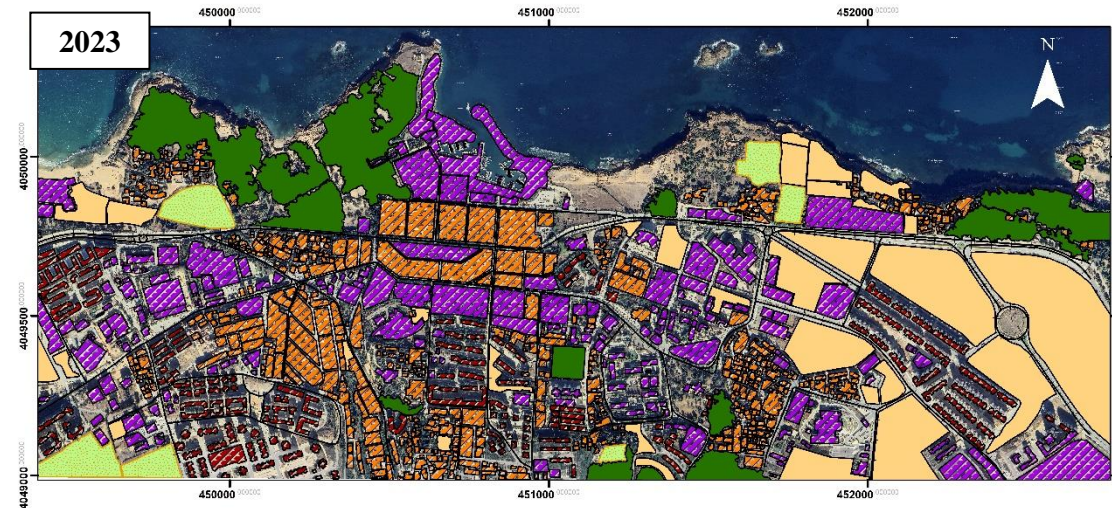
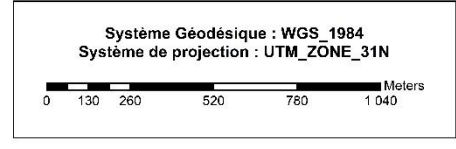
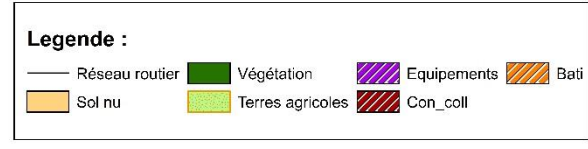
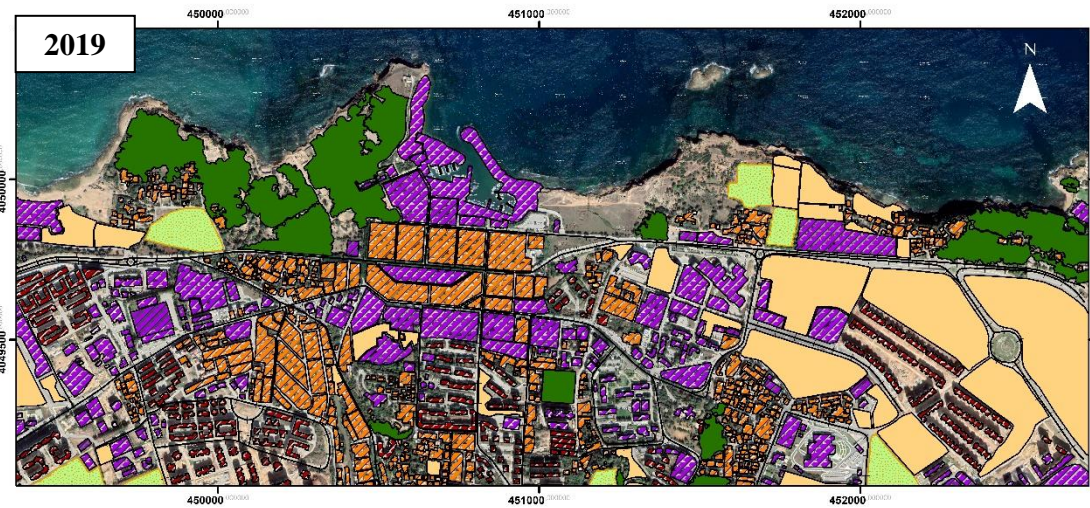
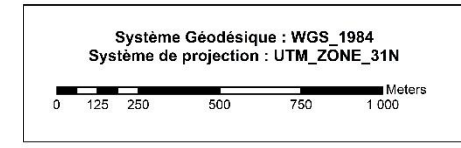
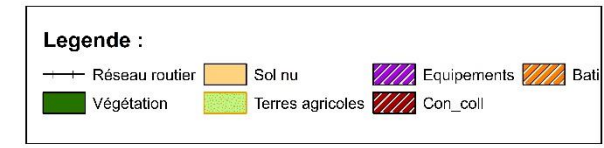
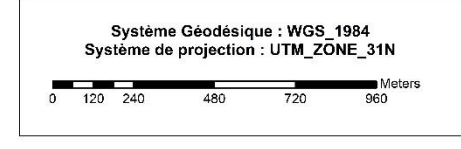
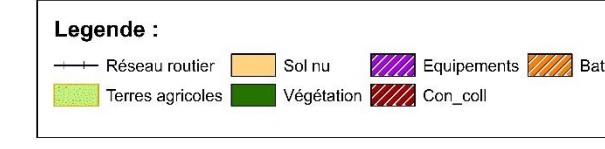
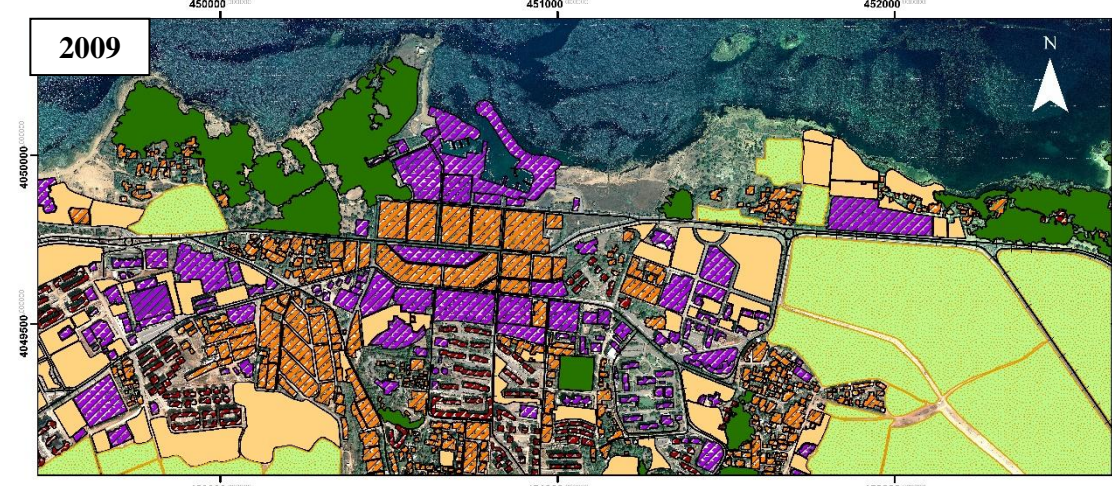
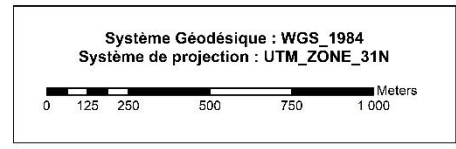
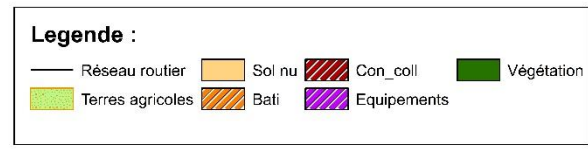
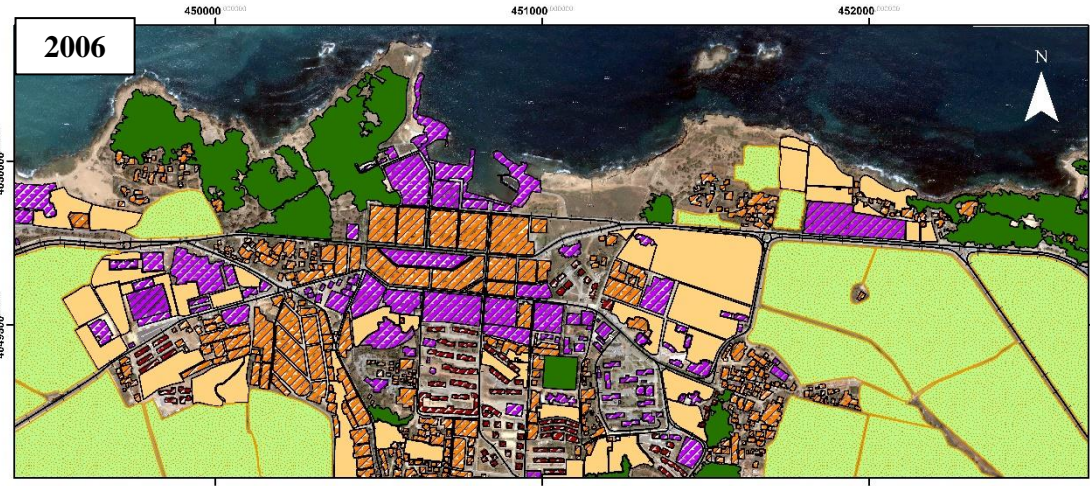


Figure 63: Digitalisation des couches des différentes périodes (2006/2009/2015/2019/2023)

4.2.4. Analyse des données :

4.2.4.1. Etude de l'évolution de la ligne de rivage :

4.2.4.1.1. Calculs statistiques « DSAS » :

Pour ce fait, nous avons eu recours à l'application de l'extension Digital Shoreline Analysis System (DSAS) intégrée dans l'environnement ArcGIS 10.4. Le principe général de cet outil est de mesurer les écarts entre les traits de côte d'une même série mais aussi de calculer les statistiques des taux d'évolution (en m/an). Pour cela, l'exploitation de l'outil demande au préalable une mise en forme rigoureuse des données dans une géodatabase personnelle, la création d'une ligne de base et de transects équidistants, une estimation de l'incertitude liée à la méthode ainsi que le choix des statistiques de calculs des taux d'évolution. Ainsi, lorsque tous les paramètres d'entrées sont correctement saisis, DSAS génère automatiquement, selon le pas de mesure défini, des transects. Les transects sont perpendiculaires au linéaire côtier et mesurent les écarts entre les traits de côte puis calculent les taux moyens de déplacement le long de chaque transect (Thior et al., 2019).

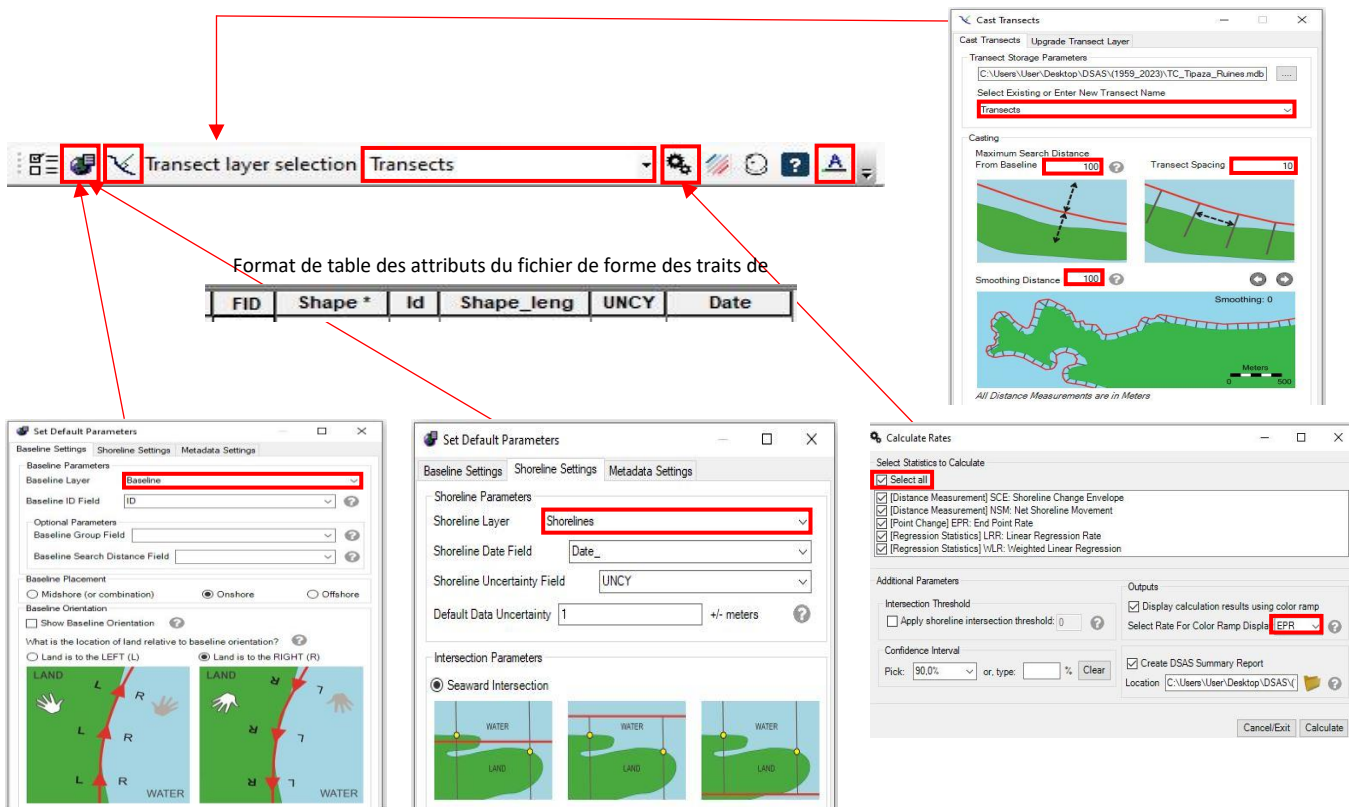


Figure 64: Les principaux outils de la barre d'outils du DSAS

La Figure illustre les principaux outils de la barre d'outils du DSAS :

- **L’End Point Rate (EPR)** permet de mesurer l’écart entre deux traits de côte successifs. Il s’agit du rapport de la distance entre le trait de côte correspondant à la date la plus ancienne et la plus récente.
- **Net Shoreline Mouvement (NSM)** : le mouvement du littoral net indique une distance et non un taux. Ce paramètre correspond à la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent (en mètres).

En sortie, l’extension DSAS fournit 2 fichiers, l’un contient les caractéristiques des points d’intersection « Transects intersect » et l’autre contient les statistiques d’évolution « Transects rate» (EPR, NSM).

4.2.4.2. Etude chronologique de l’urbanisation :

4.2.4.2.1. Calcul des superficies :

L’analyse de l’évolution de l’occupation du sol est essentielle pour comprendre les dynamiques territoriales et les impacts des activités humaines sur l’environnement. Dans le cadre de cette étude et après avoir achevé la numérisation de toutes les images, nous procéderons aux calculs des superficies de chaque catégorie pour chaque année, afin d’analyser précisément l’évolution du sol au fil du temps.

Le **tableau (13)** résume les statistiques obtenues à la suite de la classification effectuée :

Tableau 13: Superficies et pourcentages des classes d’occupation du sol considérées

| Classes | 2006 | 2009 | 2015 | 2019 | 2023 |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Bâti | 347767,84 m ² | 365835,97 m ² | 384462,47 m ² | 400579,38 m ² | 406380,20 m ² |
| | 14,57 % | 15,73 % | 18,45 % | 20,50 % | 20,45 % |
| Constructions collectives | 43662,82 m ² | 71735,26 m ² | 91731,61 m ² | 134701,08 m ² | 147417,70 m ² |
| | 1,83 % | 3,08 % | 4,40 % | 6,89 % | 7,42 % |
| Equipements | 280194,66 m ² | 379034,96 m ² | 426119,73 m ² | 508445,38 m ² | 522643,14 m ² |
| | 11,74 % | 16,30 % | 20,45 % | 26,03 % | 26,30 % |
| Terres agricoles | 1057846,39 m ² | 836635,99 m ² | 553010,59 m ² | 105257,33 m ² | 87586,48 m ² |
| | 44,32 % | 35,97 % | 26,54 % | 5,39 % | 4,41 % |
| Sol nu | 355587,67 m ² | 370071,27 m ² | 324429,78 m ² | 500160,99 m ² | 518739,96 m ² |
| | 14,90 % | 15,91 % | 15,57 % | 25,60 % | 26,10 % |
| Végétation | 301527,06 m ² | 302410,37 m ² | 304325,63 m ² | 304476,93 m ² | 304637,81 m ² |
| | 12,63 % | 13,00 % | 14,60 % | 15,59 % | 15,33 % |

**CHAPITRE V : RESULTATS
ET DISCUSSIONS**

5 CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

5.1. Evolution de la ligne de rivage :

Les calculs des statistiques de la variation de la ligne de rivage ont été effectués le long de **474 transects**, espacés de **10 m** répartis d’Est en Ouest le long de la zone d’étude.

L’étude diachronique a permis de définir la mobilité du trait de côte entre 1959 et 2023 en se basant sur la variation de plusieurs paramètres statistiques (**EPR et NSM**). Il en ressort qu’au niveau de notre zone d’étude, on observe un recul significatif du trait de côte, particulièrement dans la zone à falaise. Les valeurs négatives enregistrées indiquent un démaigrissement notable du trait de côte, soulignant une érosion continue dans ces secteurs.

Afin de mieux cerner la dynamique du trait de côte sur une période de 64 ans, des cartes d’aléa à l’érosion ont été réalisées sur cinq périodes en se basant sur les valeurs d’**EPR** et de le **NSM**. Ces dernières ont été discrétisées en 4 classes représentant le degré de dégradation de la zone étudiée : de 1959 à 1992, de 1992 à 2006, de 2006 à 2017, de 2017 à 2023 et de 1959 à 2023.

Le résultat des deux bilans nous renseigne sur l’état de la zone sur la période étudiée :

Tableau 14: Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres EPR

| | Taux de changement de trait de côte (m/an) | Classification des traits de côte |
|---|--|-----------------------------------|
| 1 | <-1,5 | Erosion très élevée. |
| 2 | -1,5 à -1 | Erosion élevée. |
| 3 | -1 à -0,2 | Erosion modérée. |
| 4 | >-0.2 | Stable. |

Tableau 15: Classification des valeurs de changement du trait de côte à partir des paramètres NSM

| | La distance de changement de trait de côte (m) | Classification des traits de côte |
|---|--|-----------------------------------|
| 1 | <-15 | Recul Très accéléré |
| 2 | -15 à -10 | Recul accéléré |
| 3 | -10 à -3 | Recul modérée. |
| 4 | >-3 | Stable. |

Tableau 16: Evolution du trait de côte entre 1959 et 1992 (EPR)

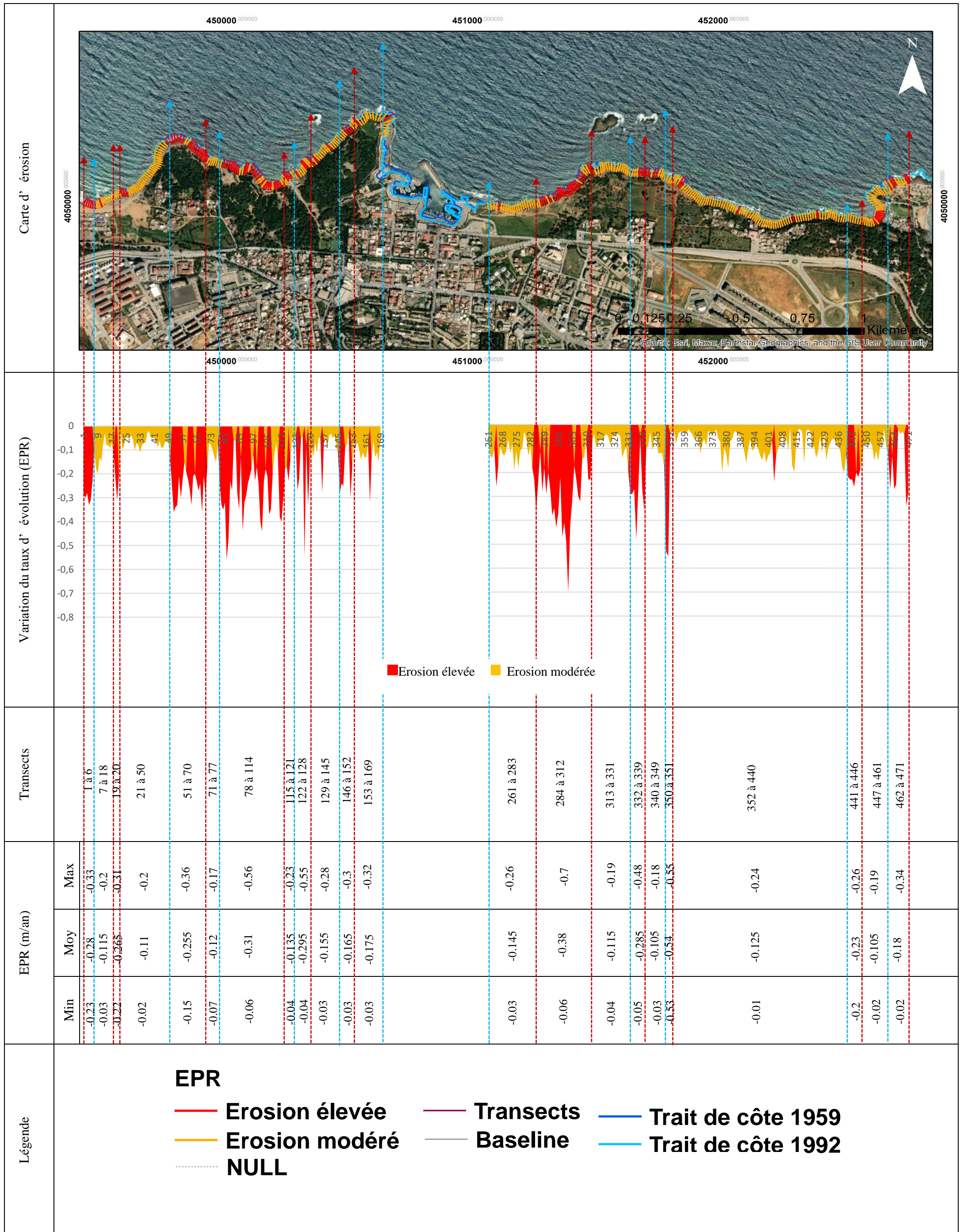
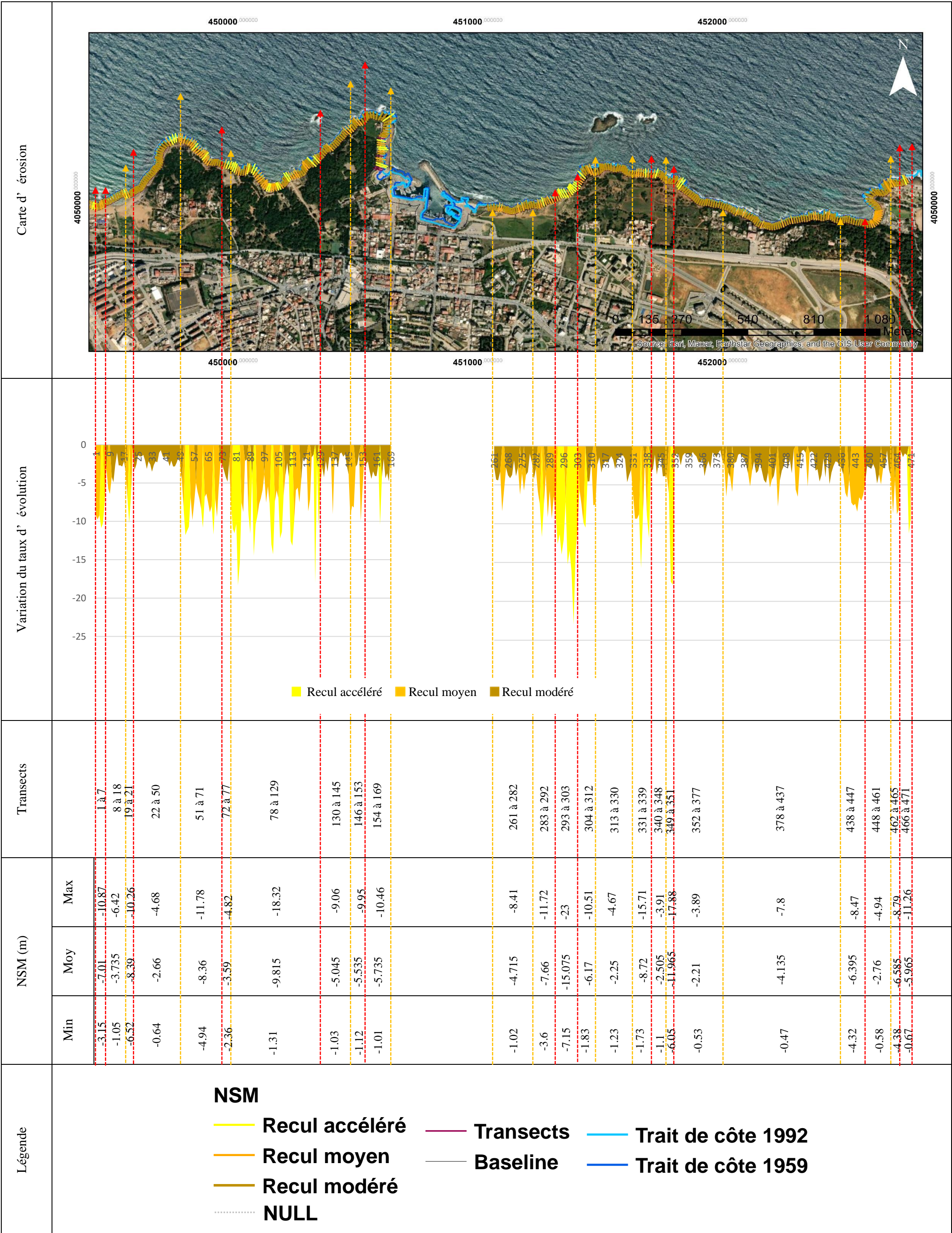


Tableau 17: Evolution du trait de côte entre 1959 et 1992 (NSM)



5.1.1. Période allant de 1959 à 1992 :

Après avoir examiné les données fournies par l'outil DSAS pour la période **1959-1992** ainsi que les rapports des calculs **EPR** et **NSM**, il ressort que la zone côtière de Tipaza a connu un processus d'érosion intense et généralisé, menaçant les vestiges archéologiques situés à proximité du littoral.

Le **NSM**, qui quantifie le déplacement absolu du rivage, affiche une moyenne de recul de **-5,06 m** sur l'ensemble des transects, avec des valeurs extrêmes allant de **-0,2** à **-23,95 m**. Près de **98%** des transects ont ainsi enregistré un recul négatif, révélant une érosion côtière sévère, qualifiée de recul accéléré à modéré selon la classification des valeurs **NSM** (**tableau 17**).

Parallèlement, l'**EPR**, qui mesure le taux annualisé d'évolution du trait de côte, confirme cette tendance préoccupante avec un taux moyen de **-0,15 m/an**, variant entre **-0,2 m/an** et **-0,73 m/an** et environ **98,37%** des transects sont classés en érosion, dont **86,62%** présentant une érosion statistiquement significative. Selon le graphe (figure ???), le transect 301 se démarque avec le taux d'érosion le plus élevé de **-0,73 m/an**, qualifié d'érosion élevée d'après la classification des valeurs **EPR** (**tableau 16**).

Ces résultats concordants de l'**EPR** et du **NSM** témoignent d'une période particulièrement critique en termes d'érosion côtière au niveau de la zone d'étude. Les dynamiques d'érosion semblent avoir été intenses et généralisées sur l'ensemble du littoral étudié durant ces années.

Tableau 18 : Evolution du trait de côte entre 1992 et 2006 (EPR)

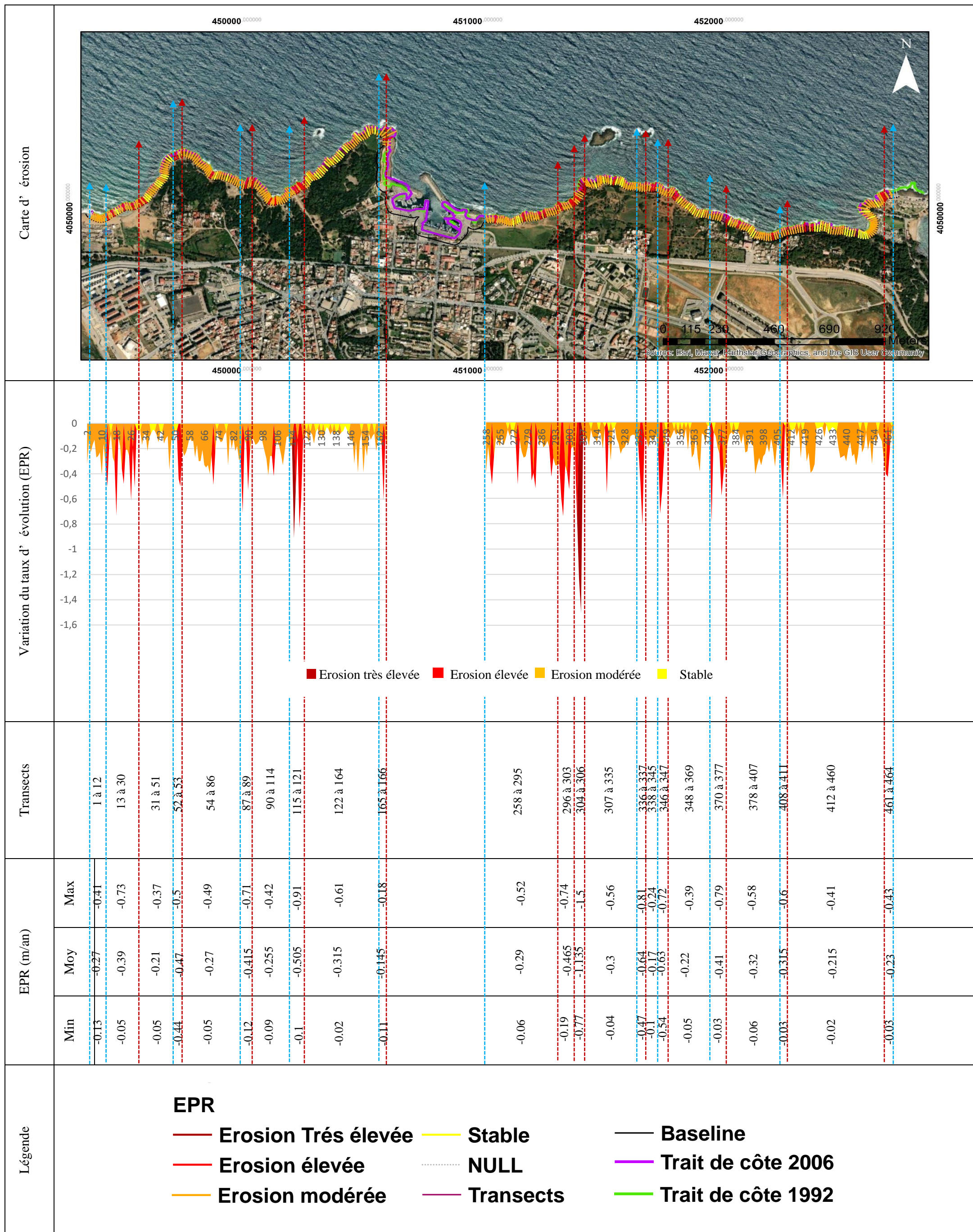
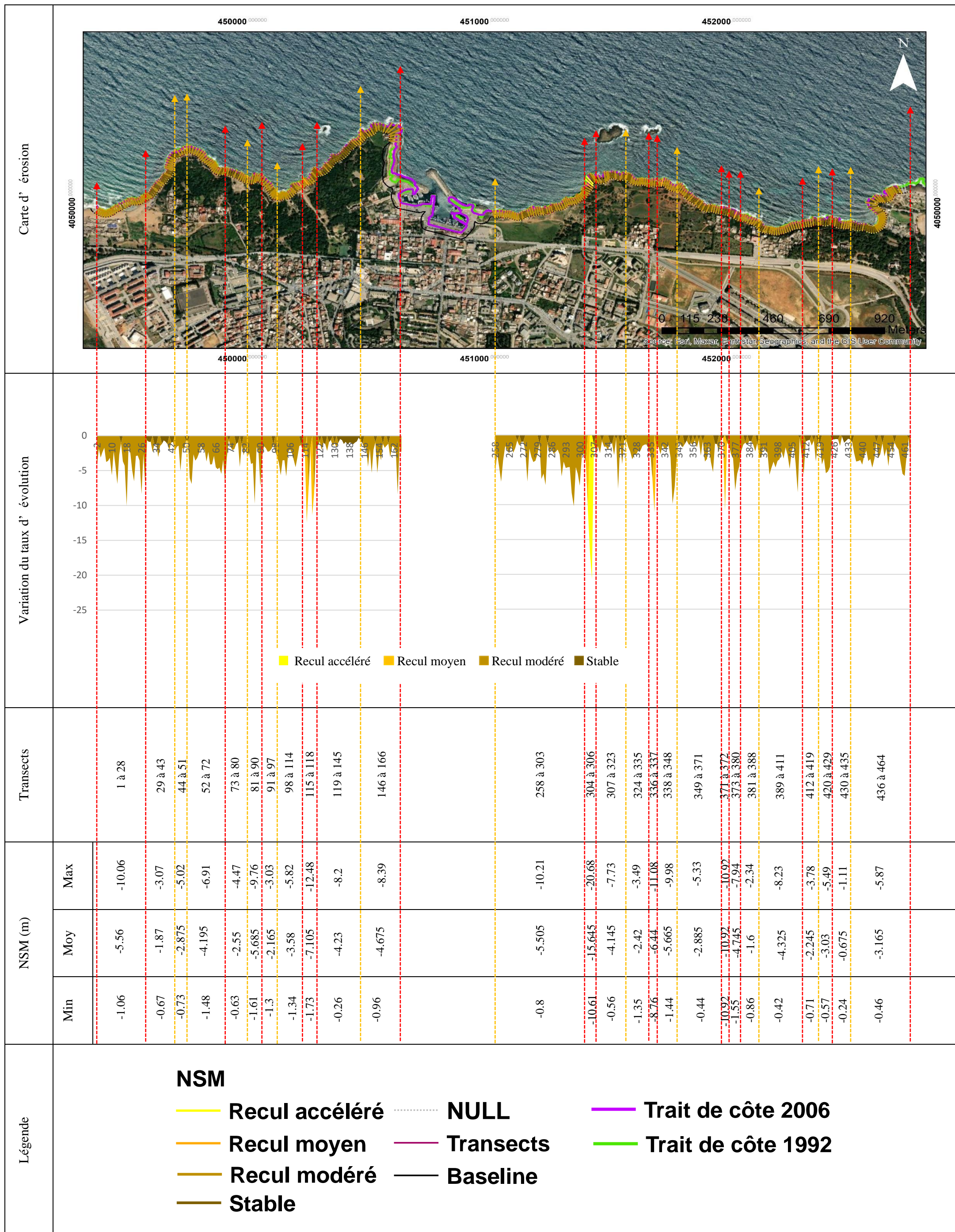


Tableau 19 : Evolution du trait de côte entre 1992 et 2006 (NSM)



5.1.2. Période allant de 1992 à 2006 :

L'analyse des données pour la période **1992-2006** révèle une situation préoccupante d'érosion côtière le long du littoral de Tipaza, menaçant potentiellement les vestiges archéologiques de la région.

En ce qui concerne le paramètre **NSM**, mesurant le déplacement de la ligne de rivage, les résultats indiquent un recul généralisé sur l'ensemble de la zone d'étude avec une moyenne de **-6,96 m**, ce qui signifie un retrait moyen de près de **7m** du trait de côte. Pendant cette période, la totalité des transects analysés affichent une valeur **NSM** négative, synonyme d'érosion avec un recul maximum qui atteint un niveau alarmant de **-20,68 m**.

Le taux d'érosion **EPR** confirme cette tendance inquiétante avec un taux moyen d'érosion de **-0,22 m/an**, indiquant une perte annuelle de terrain. Près des trois quarts (**73,39%**) des transects subissent une érosion statistiquement significative, avec un taux d'érosion maximum extrêmement élevé de **-1,5 m/an**.

Ainsi, malgré l'existence de quelques secteurs côtiers ponctuellement stables, la tendance générale à Tipaza entre **1992** et **2006** a été dominée par une érosion étendue, comme en témoignent les valeurs moyennes et maximales des paramètres **NSM** et **EPR**.

En somme, les calculs et statistiques pour l'intervalle **1992-2006** à Tipaza mettent en lumière un processus d'érosion côtière généralisé, représentant une menace sérieuse pour la préservation du patrimoine archéologique littoral de la région.

Tableau 20 : Evolution du trait de côte entre 2006 et 2017 (EPR)

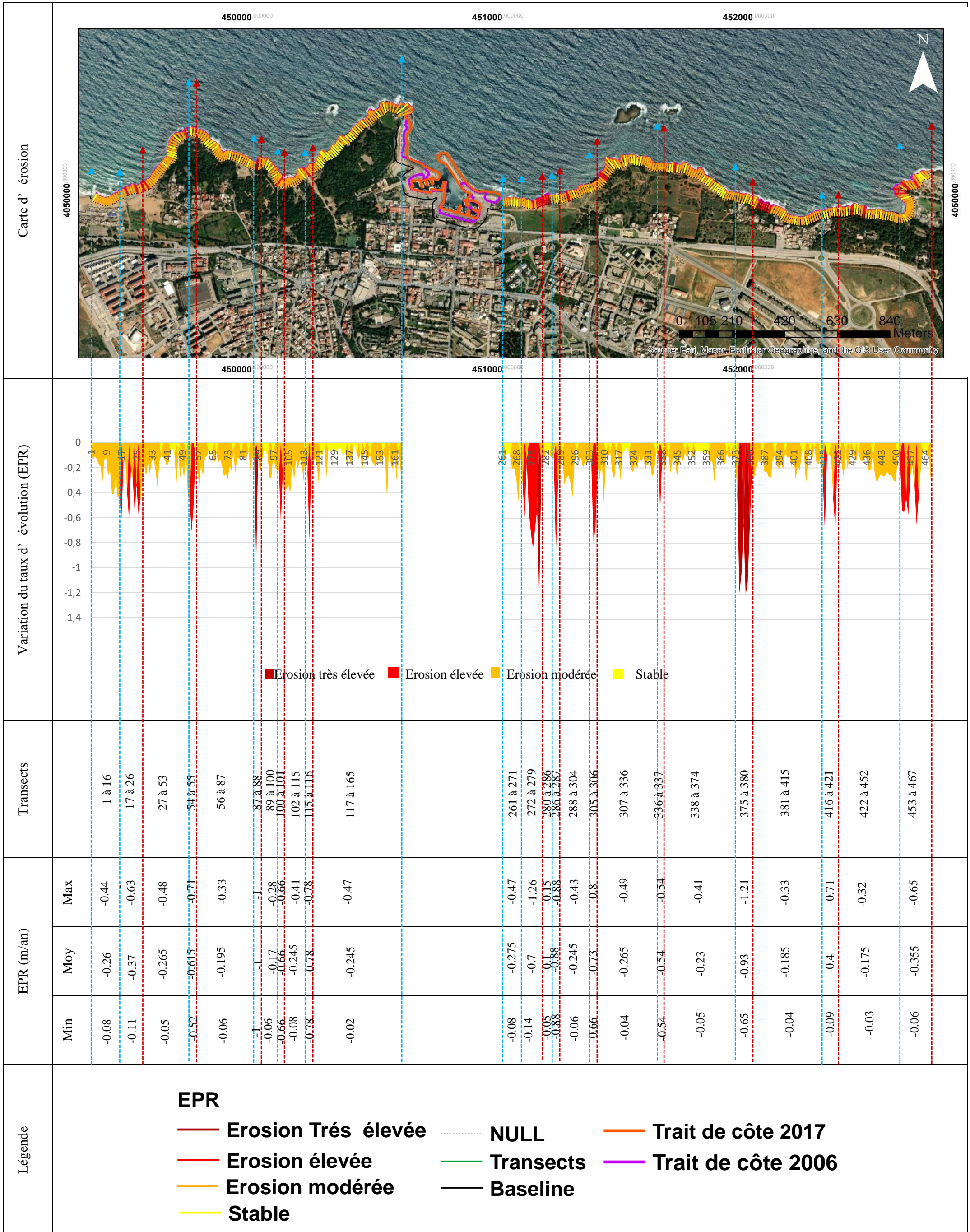
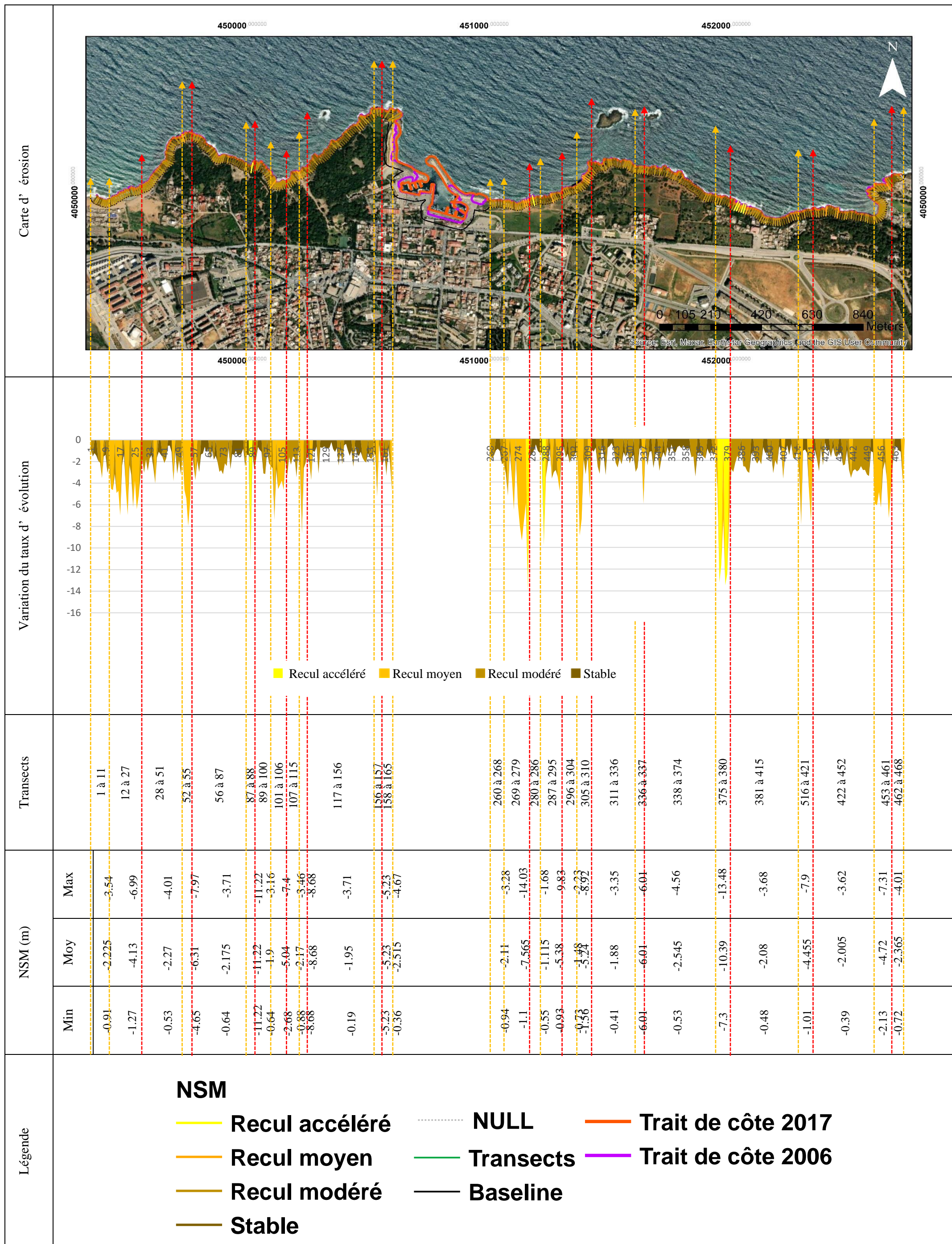


Tableau 21 : Evolution du trait de côte entre 2006 et 2017 (NSM)



5.1.3. Période allant de 2006 à 2017 :

Selon les résultats des calculs statistiques **NSM** et **EPR** sur une période de 11 ans pour le troisième intervalle de temps **2006-2017**, on estime que les statistiques du **NSM** indiquent une valeur moyenne négative de **-2,45 m**, ce qui signifie un recul moyen du rivage de **2,45 m** sur une période de 11 ans. Le recul maximal observé sur cette période était de **-14,03 m** au niveau du transect numéro **186**, soit une perte substantielle du terrain de la falaise. Environ la totalité des transects affichent une distance négative, indiquant un recul quasi-généralisé le long du littoral étudié.

L'**EPR** confirme cette tendance préoccupante avec un taux moyen de recul de **0,22 m/an**, variant entre **-0,2 m/an** et **-1,26 m/an**. Cette valeur indique une érosion modérée selon la classification des paramètres **EPR**. Cependant, il est crucial de noter que **61,5%** de tous les transects subissent une érosion statistiquement significative, ce qui signifie que plus de la moitié de la zone étudiée est soumise à une dégradation côtière avérée reflétant une érosion le long de la zone d'étude.

Cependant, certaines zones se sont révélées relativement stables, où le trait de côte n'a pas montré de changements significatifs au cours de cette période. Ces segments, indiqués en jaune et en orange sur les graphiques, représentent des portions du littoral où l'érosion et le recul sont négligeables. Cette stabilité suggère que, malgré la tendance générale à l'érosion, il existe des sections de la côte qui ont résisté aux forces érosives, possiblement en raison de facteurs naturels ou anthropiques locaux favorables.

Tableau 22: Evolution du trait de côte entre 2017 et 2023 (EPR)

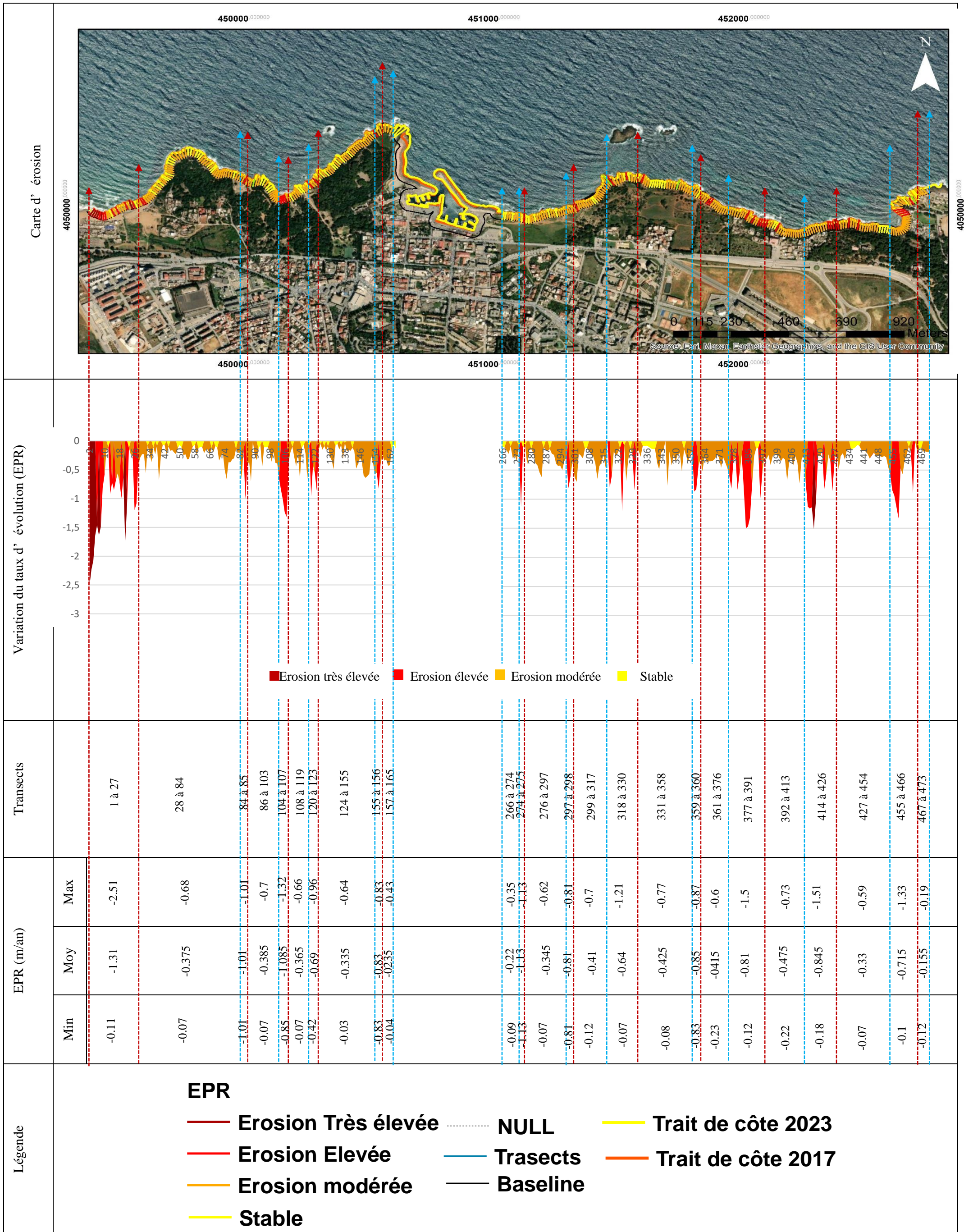
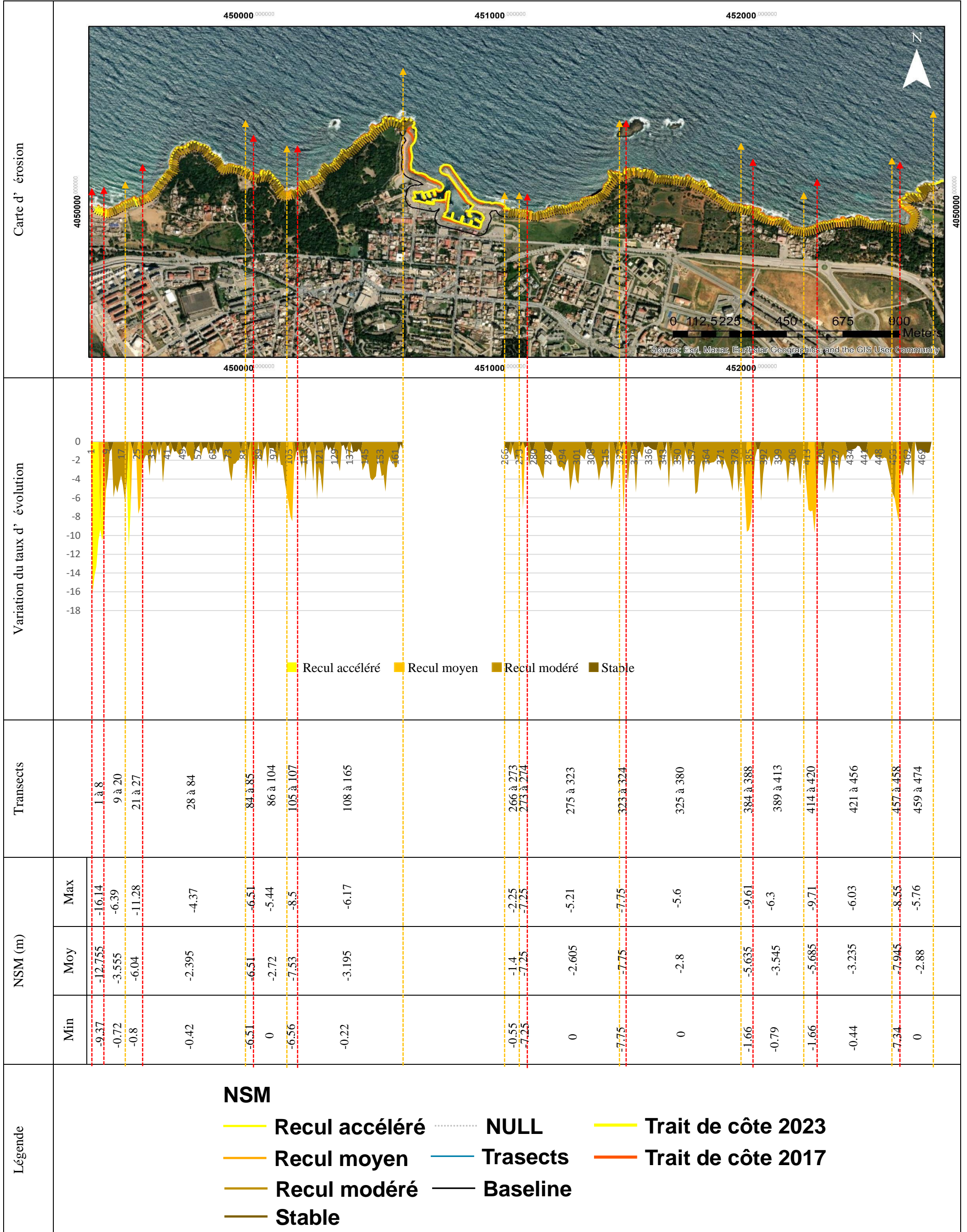


Tableau 23 : Evolution du trait de côte entre 2017 et 2023 (NSM)



5.1.4. Période allant de 2017 à 2023 :

Après avoir examiné les données fournies par l'outil DSAS pour la période **2017-2023**, ainsi que les rapports des calculs **EPR** et **NSM**, il ressort que certaines portions de la zone côtière de Tipaza ont connu un processus d'érosion préoccupant sur cette période récente, menaçant potentiellement la ligne de rivage.

Le **NSM** affiche une moyenne de recul de **-2,5 m** sur l'ensemble des transects, avec un recul maximal de **-16,14 m**. Près de la majorité des transects ont ainsi enregistré une distance de recul négative, révélant une érosion côtière généralisée, classée de recul accéléré à recul modéré selon les normes **NSM**.

Parallèlement, l'**EPR** confirme cette tendance érosive avec un taux moyen de **-0,4 m/an**, variant entre **-2,51 m/an** et **-0,2 m/an**. Environ **63,71%** des transects présentent une érosion statistiquement significative. Le transect **130** se démarque avec le taux d'érosion le plus élevé de **-2,51 m/an**, qualifié d'érosion très élevée d'après la classification **EPR**.

Néanmoins, certaines zones sont restées stables pendant cette période, comme en témoignent les tronçons classés « Stable » sur les cartes **EPR** et **NSM** représentant des portions du littoral où l'érosion et le recul sont négligeable. Cette dynamique côtière contrastée, combinant érosion sévère et zones plus stables, souligne la complexité des processus en jeu et la nécessité d'une surveillance étroite du littoral étudié.

Tableau 24: Evolution du trait de côte entre 1959 et 2023 (EPR)

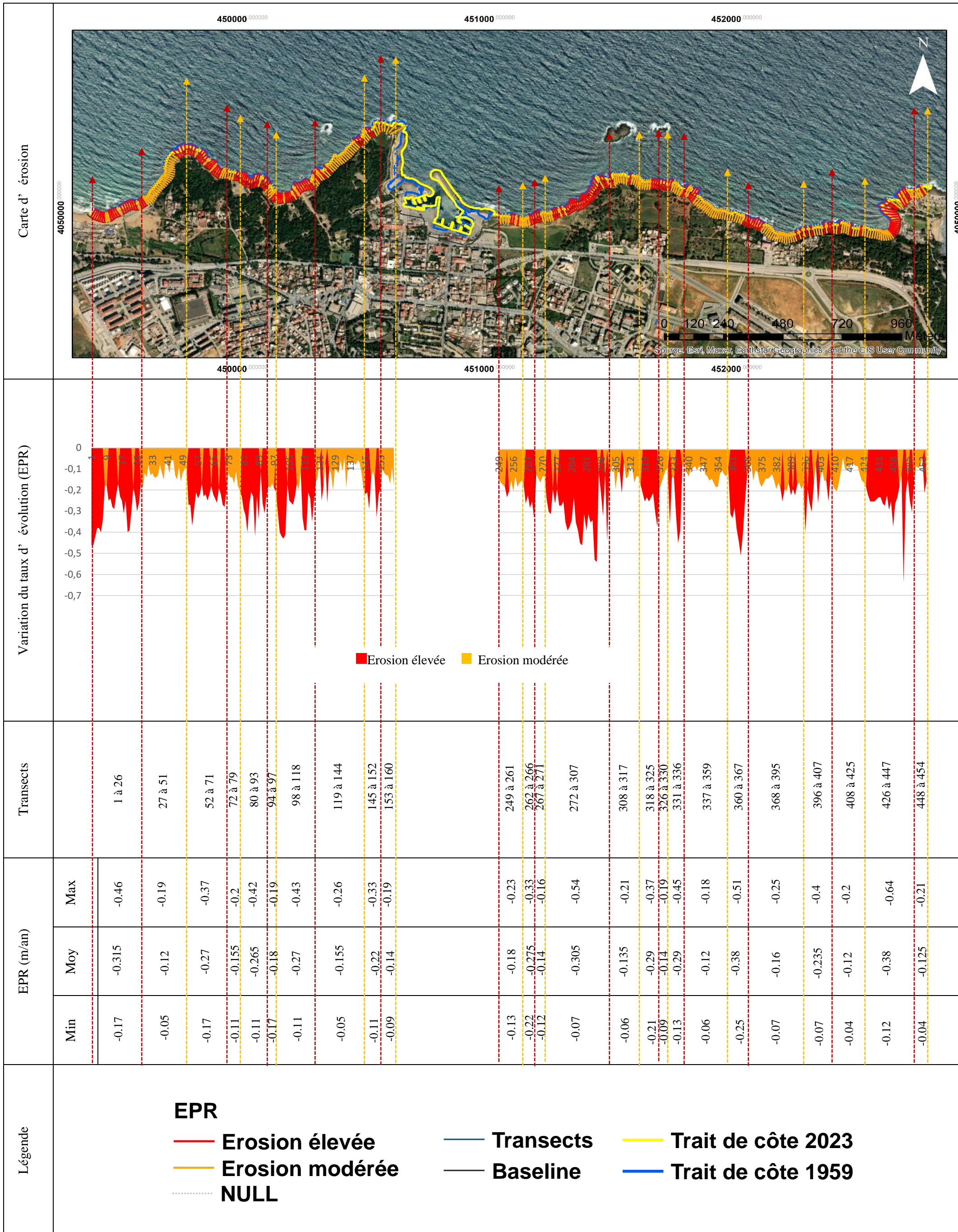
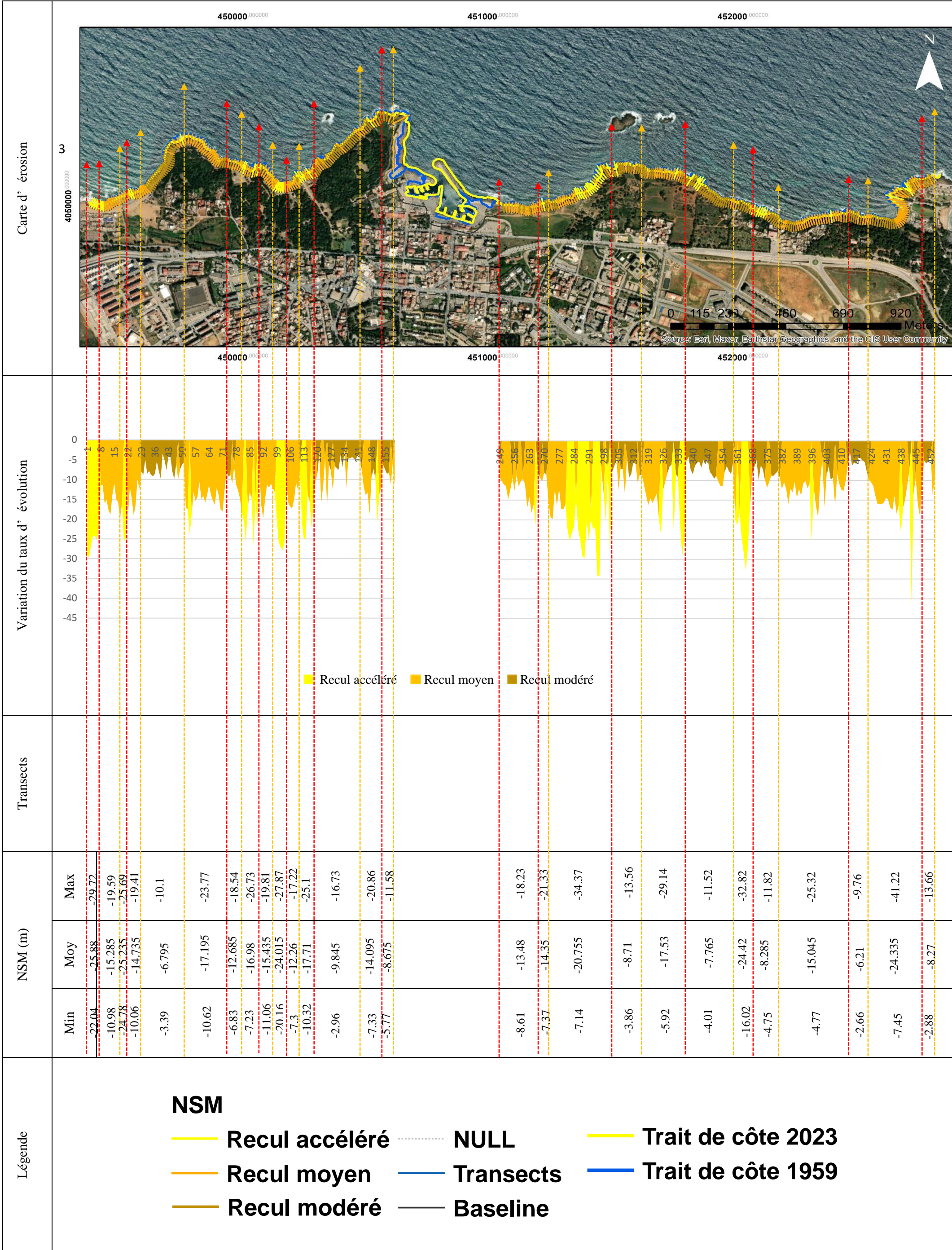


Tableau 25 : Evolution du trait de côte entre 1959 et 2023 (NSM)



5.1.5. Période totale allant de 1959 à 2023

L'analyse diachronique (1959-2023) révèle une dynamique érosive complexe le long du littoral de Tipaza. Bien que les moyennes (NSM et EPR) suggèrent une stabilité relative, elles masquent une réalité plus nuancée : une érosion chronique, spatialement hétérogène, avec des « points chauds » d'érosion intense.

Cette hétérogénéité spatiale est cruciale, elle indique que certains secteurs du site archéologique subissent une érosion nettement plus sévère que d'autres, ce qui illustre une vulnérabilité extrême. Dans de tels endroits, l'érosion n'est pas seulement un processus graduel, elle peut être catastrophique, surtout lors d'événements météo marins extrêmes.

1. Analyse du NSM (1959-2023) :

- La moyenne du NSM est de **-13,07 m**, indiquant un recul accéléré selon la classification (**entre -15 et -10 m**). Cependant, cette moyenne masque des variations locales importantes.
- Le recul maximal observé est de **-41,22 m (transect 443)**, ce qui correspond à un recul très accéléré (**> -15 m**).
- **100%** des transects montrent un recul, sans aucune avancée du trait de côte, soulignant une érosion généralisée.

Sur 64 ans, le littoral de Tipaza a subi un recul moyen modéré, mais certaines zones ont connu un recul très accéléré. Cette variabilité spatiale suggère que des facteurs locaux (géomorphologie, exposition aux vagues, interventions humaines) influencent l'intensité de l'érosion.

2. Analyse de l'EPR (1959-2023) :

- Le taux moyen d'érosion (EPR) est de **-0,2 m/an ($\pm 0,02$ m/an)**, classé comme stable selon la grille (**< -0,2 m/an**).
- Cependant, le taux maximal d'érosion est de **-0,7 m/an (transect 443)**, correspondant à une érosion modérée (**-1 à -0,2 m/an**).
- **100%** des transects sont en mode d'érosion et statistiquement significatifs, indiquant une tendance générale à l'érosion.

Bien que le taux moyen d'érosion soit classé comme stable, la significativité statistique de l'érosion sur tous les transects révèle une érosion chronique et persistante. Le taux maximal (**-0,7 m/an**) souligne que certaines zones subissent une érosion importante, possiblement due à des événements extrêmes ou à l'exacerbation de processus naturels.

Sur **64 ans**, le littoral de Tipaza a reculé de manière significative et généralisée, menaçant gravement l'intégrité de son patrimoine archéologique. L'apparente stabilité suggérée par certains indicateurs moyens (**EPR**) est trompeuse, elle occulte une réalité où certaines zones subissent une érosion importante.

La significativité statistique de l'érosion sur **100%** des transects est particulièrement préoccupante ; elle indique que l'érosion n'est pas un phénomène aléatoire ou localisé, mais une tendance généralisée et persistante. Même les zones apparemment « stables » selon l'**EPR** moyen subissent une érosion statistiquement significative, suggérant une sous-estimation potentielle du risque si l'on se fie uniquement aux moyennes.

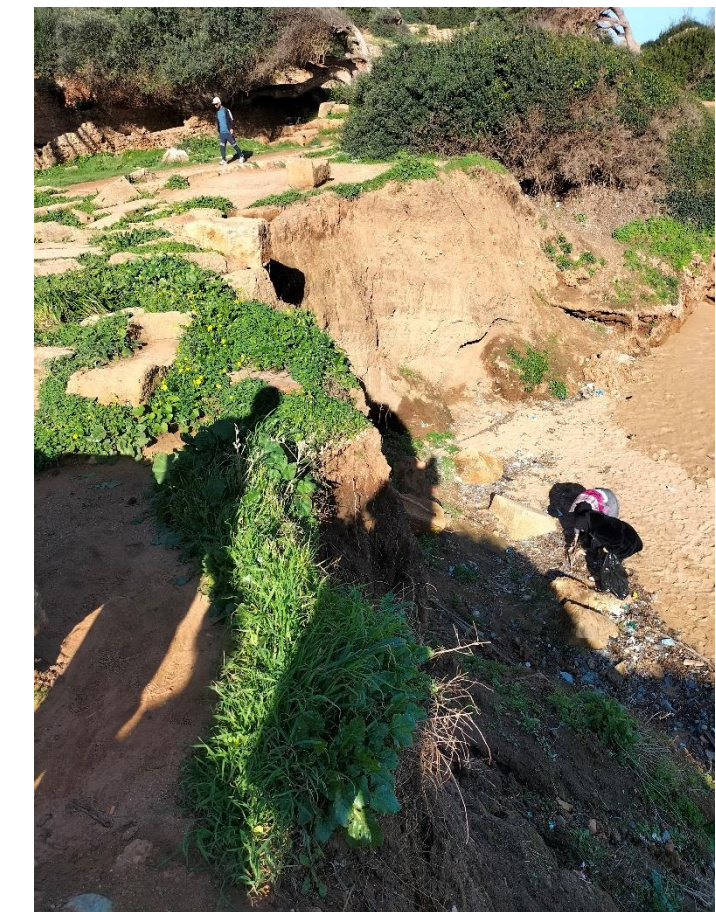
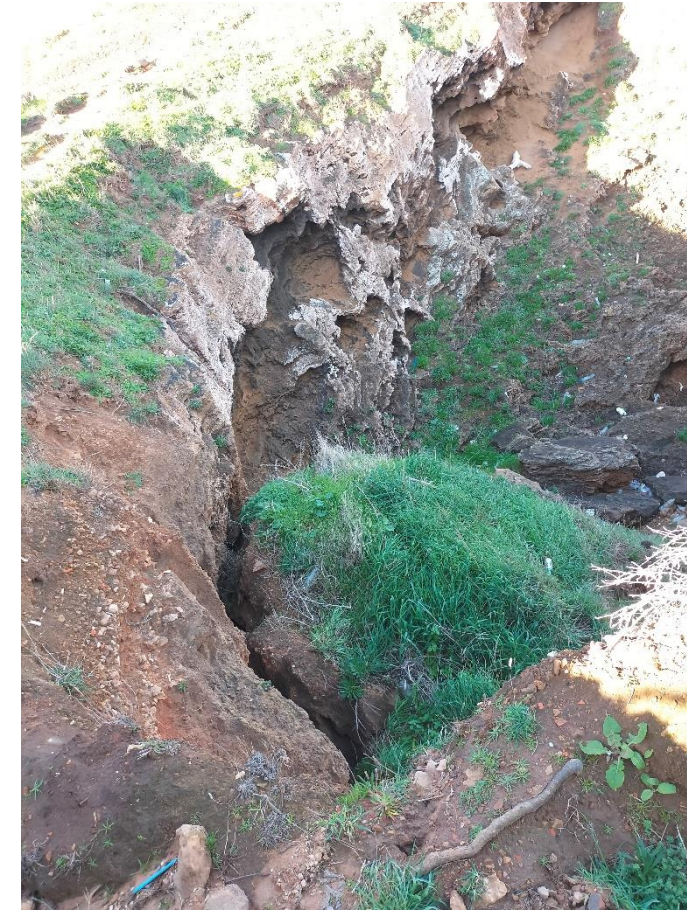
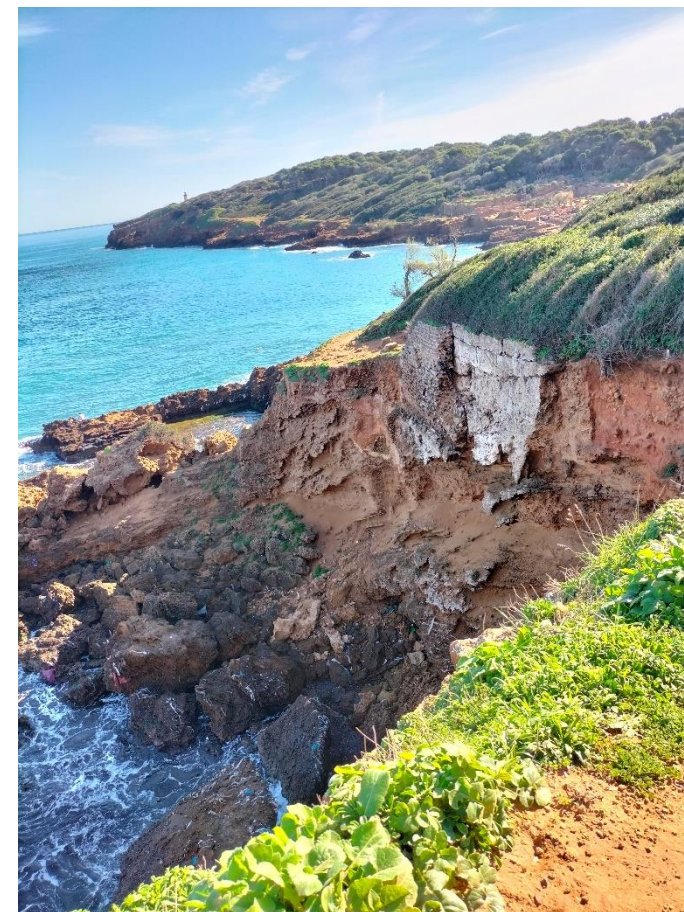
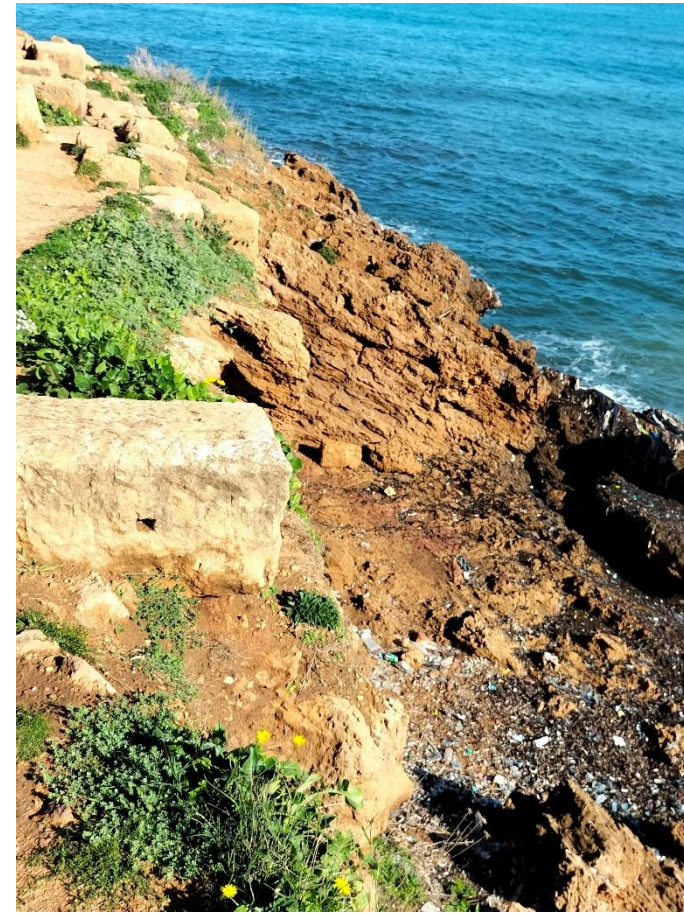
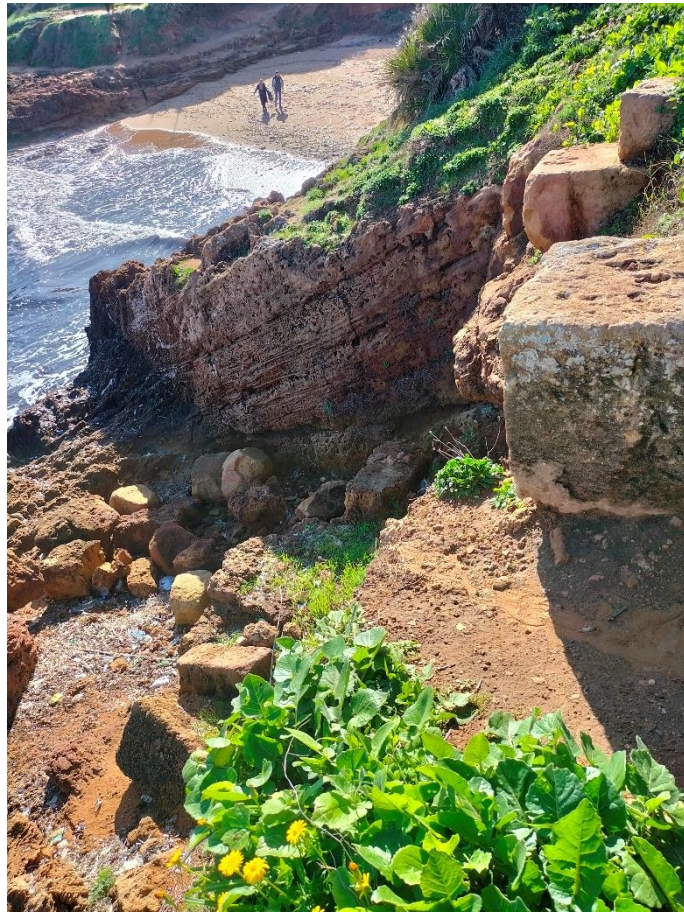


Figure 65 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (A)
Source : (le 02/03/2023)

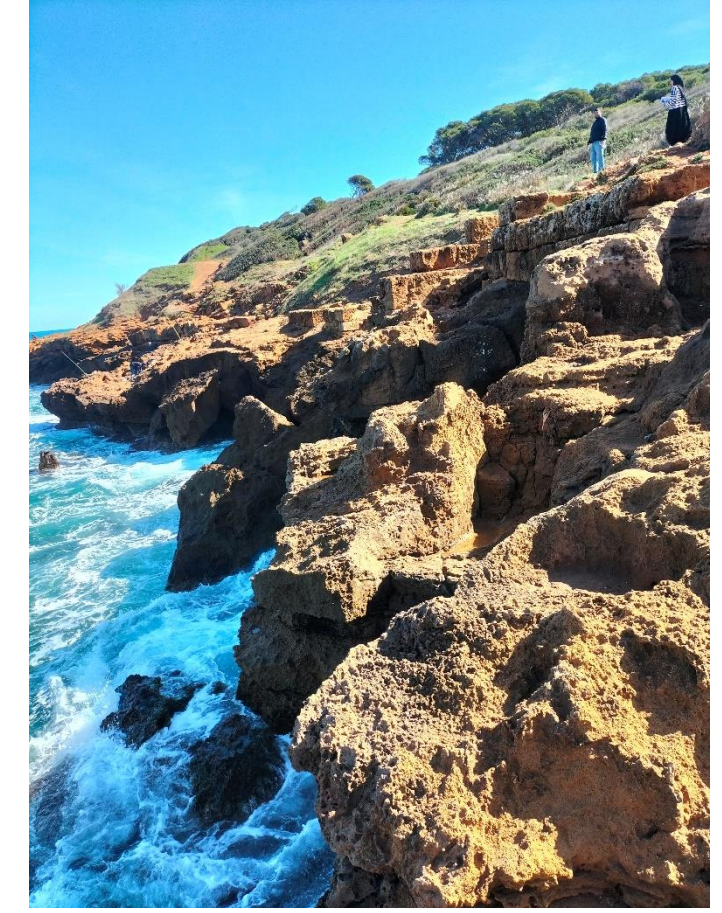
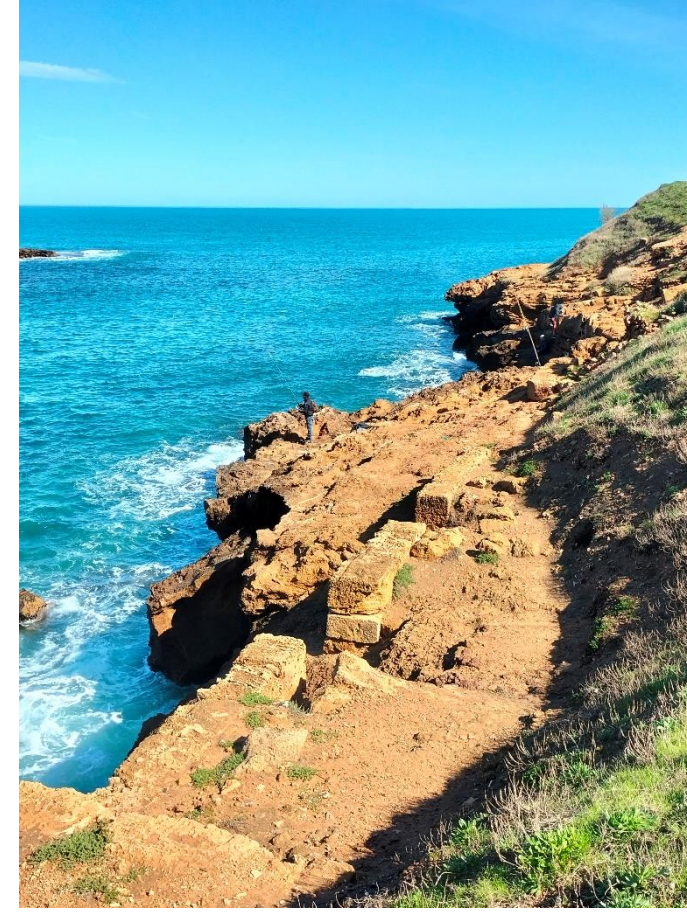
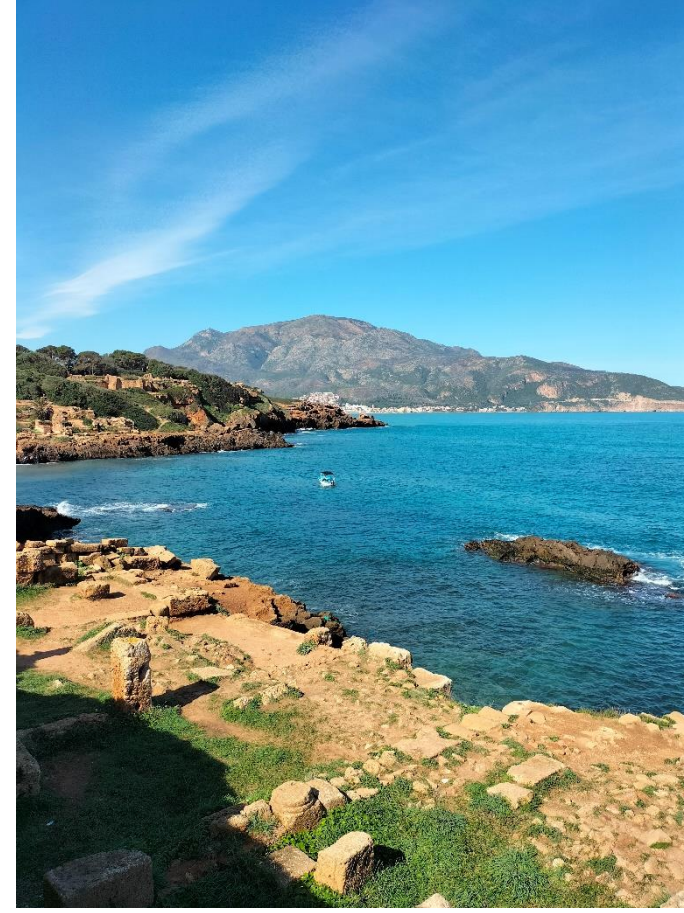
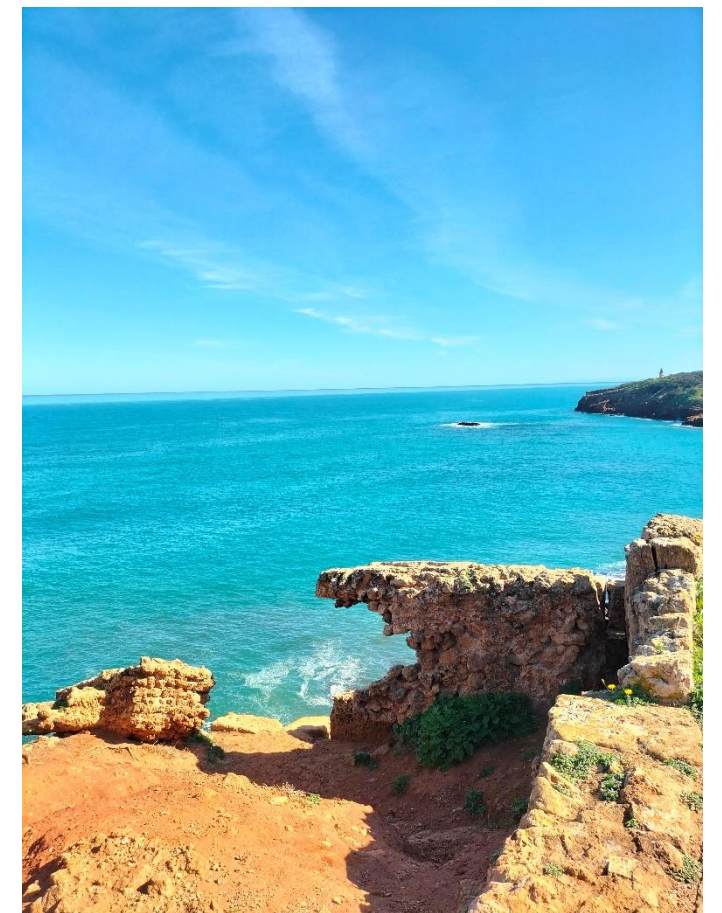
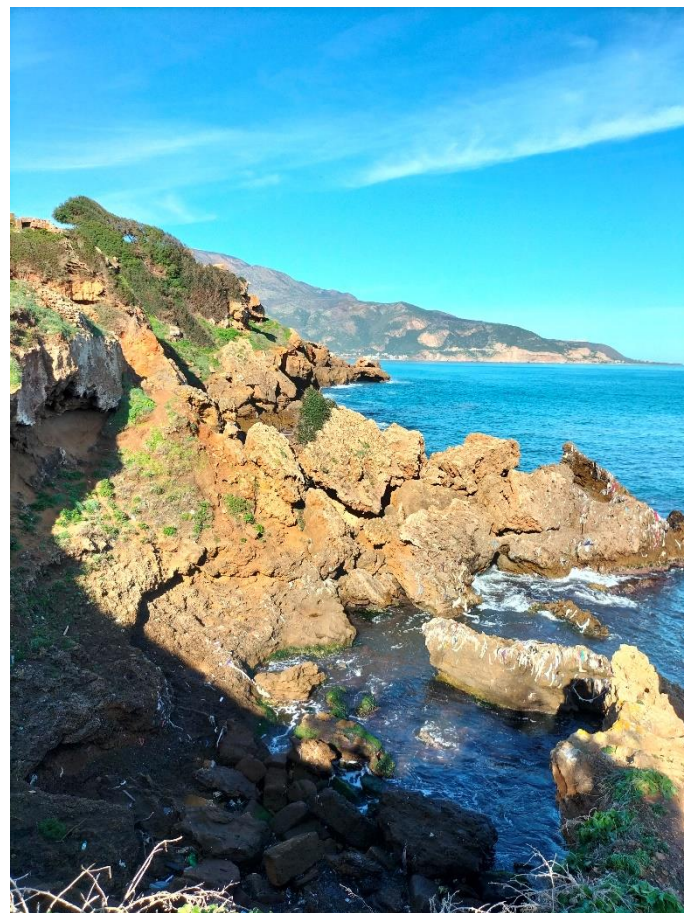
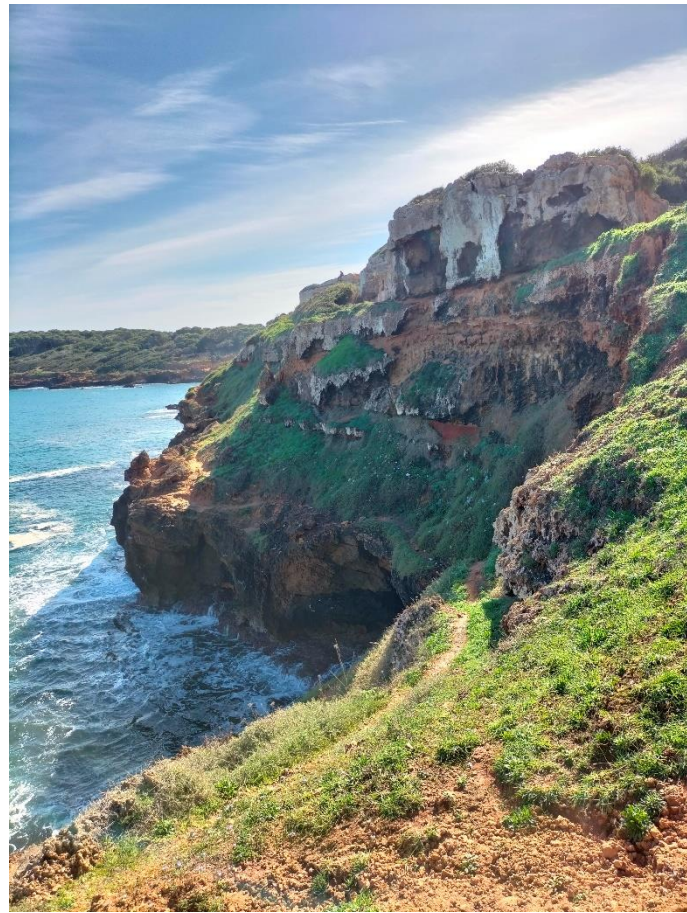


Figure 66 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (B)
Source : (le 02/03/2023)

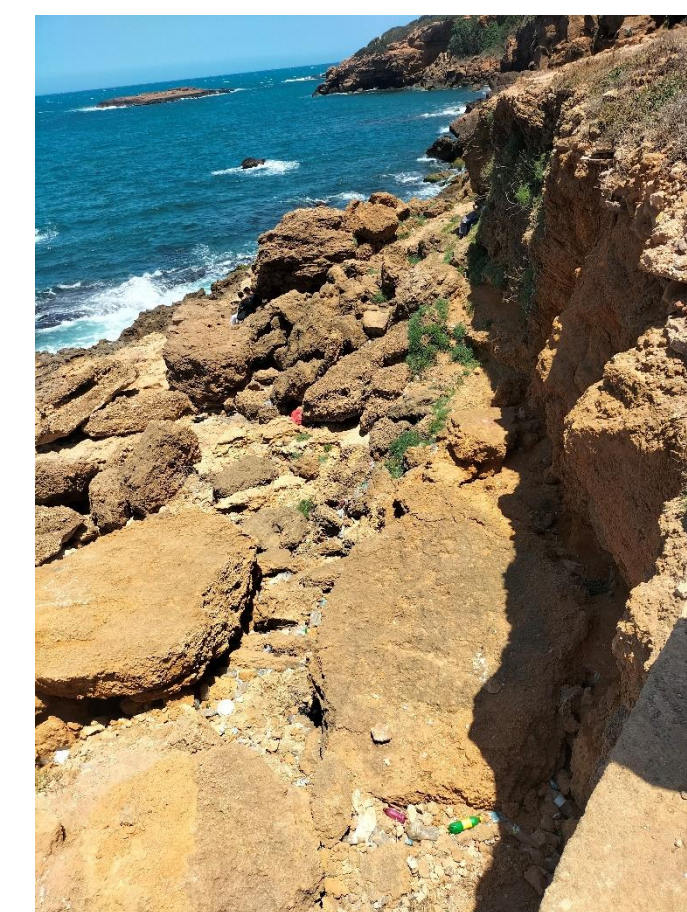
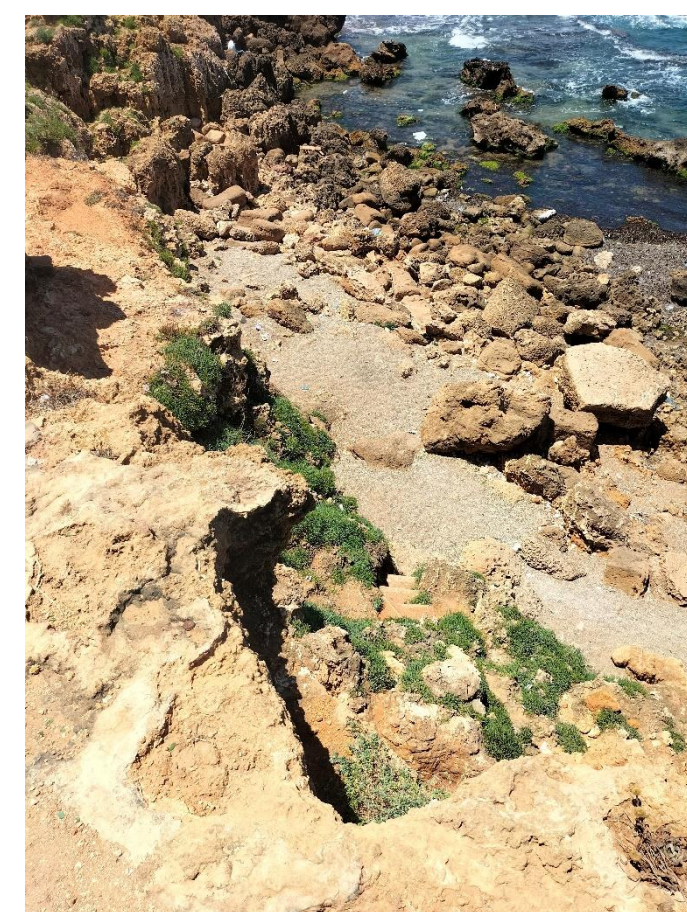
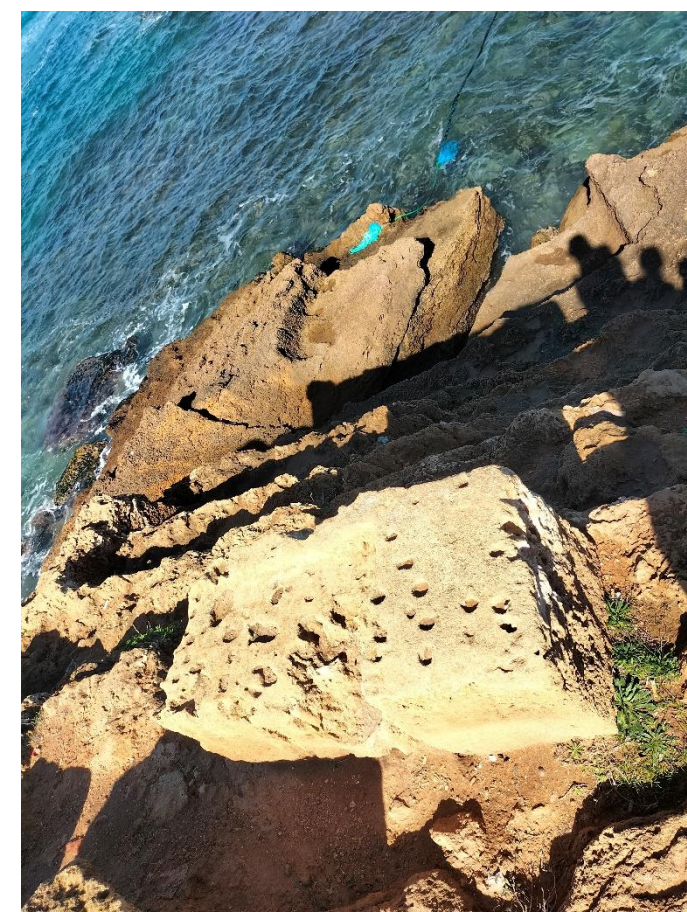
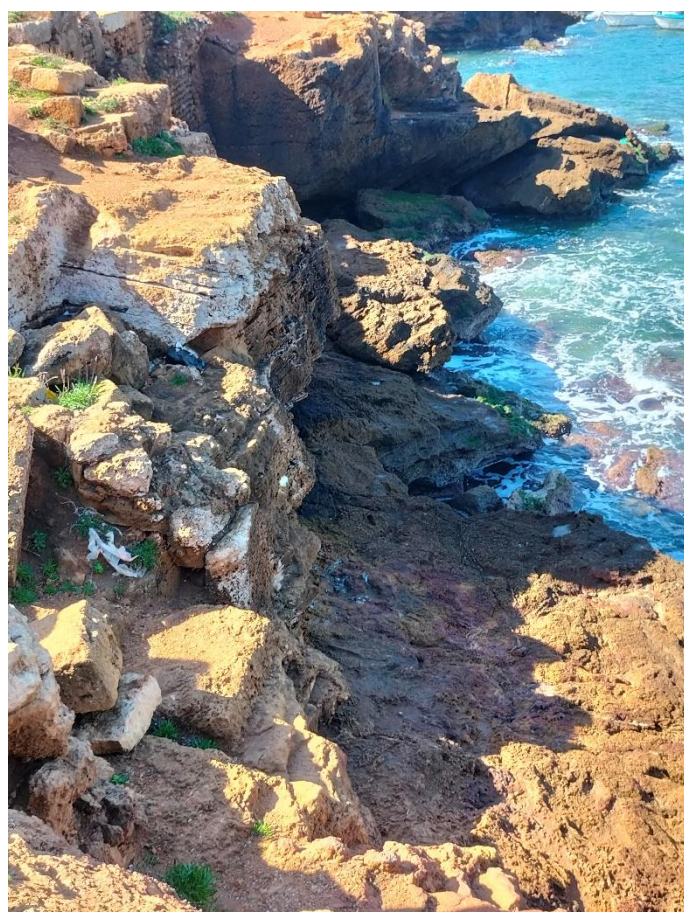
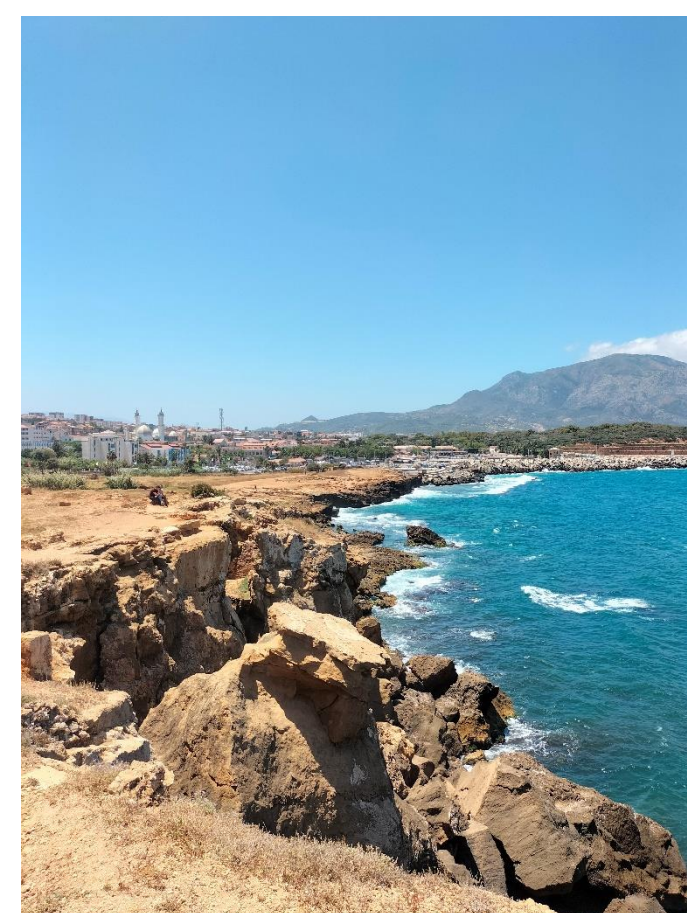
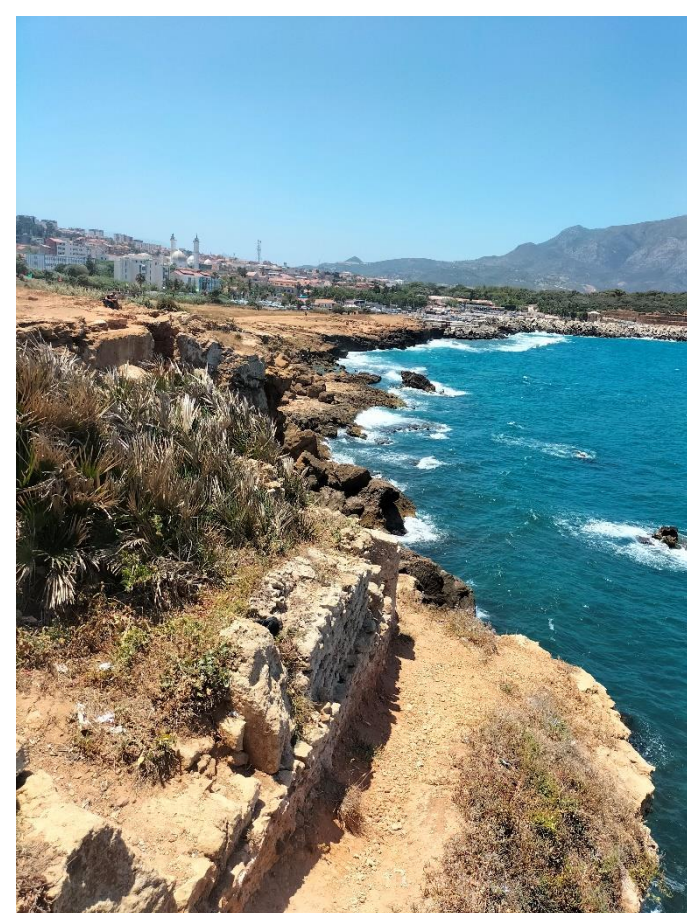
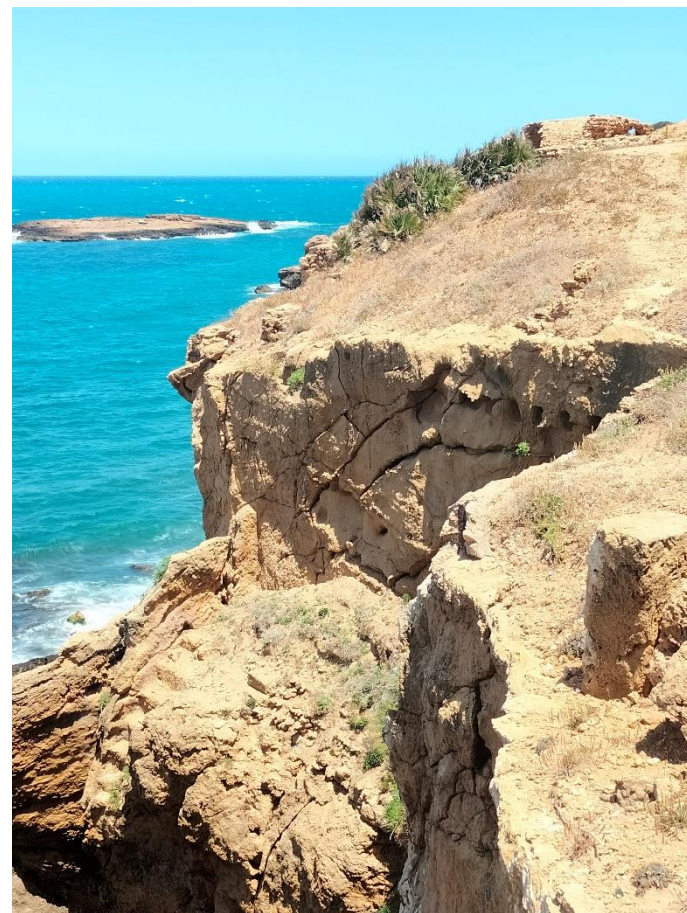


Figure 67: Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (C)
Source : (le 03/06/2024)

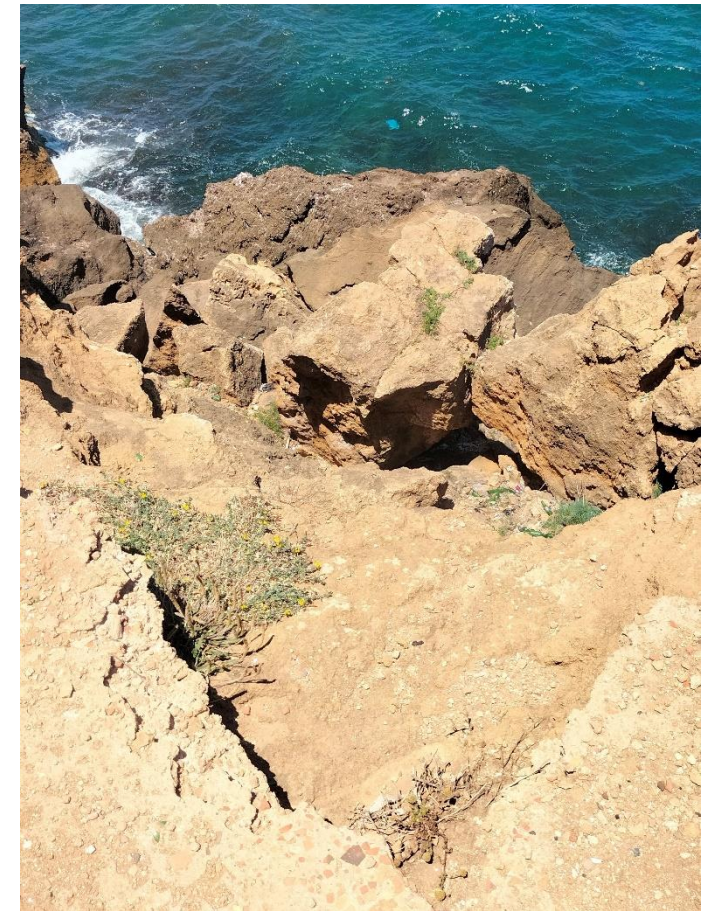
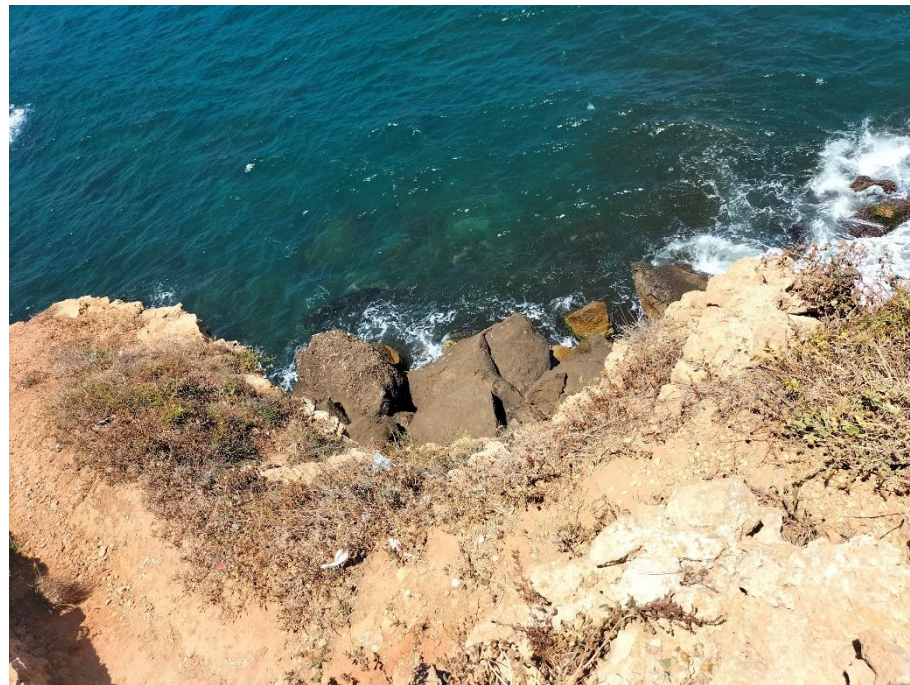
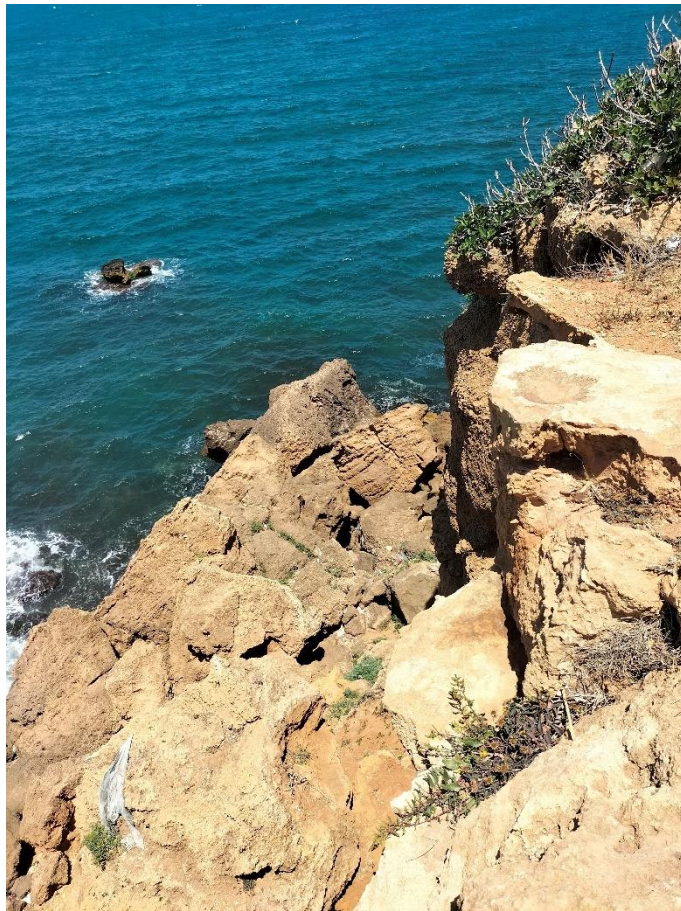
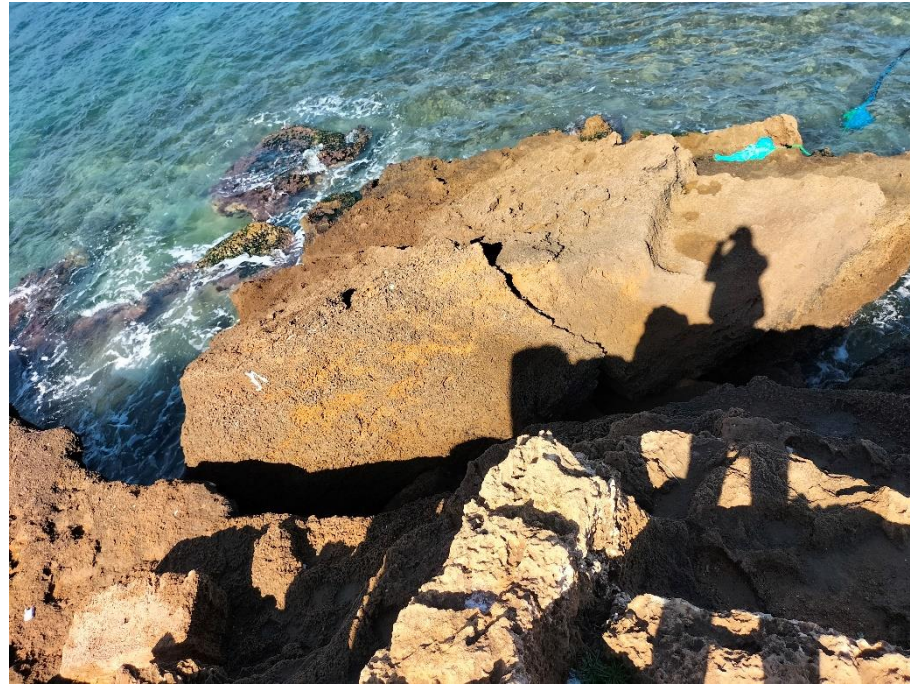


Figure 68 : Impact du recul de la ligne de rivage sur les sites archéologiques (D)
Source : (le 03/06/2024)

L'érosion côtière à Tipaza constitue une menace multidimensionnelle et insidieuse pour le site archéologique. Les effondrements de falaise clairement visibles sur les images (Figures 65, 66, 67, 68), témoignent d'une perte irrémédiable de terrain, emportant dans leur chute des vestiges archéologiques potentiellement inédits et inexplorés, ces fragments de falaise qui s'effondre pourrait receler des informations capitales sur l'histoire et la culture des civilisations ayant jadis peuplé ces lieux. Parallèlement, les fissurations observées sur les parois rocheuses révèlent un processus d'érosion agressif et incessant. Ces fissures, vraisemblablement engendrées par l'infiltration d'eau marine et les cycles répétés de gel et dégel, compromettent l'intégrité structurelle du site. Leur élargissement progressif préfigure de futurs effondrements, menaçant directement les structures archéologiques en surface et celles bordant les falaises.

La présence inquiétante de blocs rocheux épars sur le rivage et au pied des falaises, comme en témoignent les observations sur site, illustre la vélocité et l'ampleur alarmante du phénomène érosif. Ces blocs, une fois détachés de la falaise mère, subissent l'assaut incessant des vagues, accélérant leur désagrégation. Ce cycle destructeur peut entraîner l'anéantissement complet d'éléments archéologiques qui auraient pu être préservés dans leur contexte original. En conséquence, l'érosion côtière altère profondément la configuration géomorphologique du site, bouleversant notre compréhension archéologique. Les mutations de la ligne côtière peuvent significativement modifier notre interprétation de l'utilisation historique des lieux, particulièrement en ce qui concerne les anciennes infrastructures portuaires ou les édifices liés à l'exploitation maritime.

L'impact dévastateur de l'érosion ne se cantonne pas aux vestiges apparents. Les fondations des structures antiques, souvent dissimulées sous terre, peuvent être gravement déstabilisées par les mouvements de terrain incessants, compromettant dangereusement la stabilité structurelle des ruines encore debout

5.2. L'impact de la submersion marine :

La submersion marine est définie comme une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et marégraphiques sévères (MATE, 1997 in DEMOUCHE, 2017), généralement né de la conjonction des phénomènes extrêmes (dépression atmosphérique, vent, houle, pluie) et de forts coefficients de marée provoquant une surcôte importante du plan d'eau.

L'étude de submersion dans notre zone présente des difficultés d'interprétation en raison de plusieurs facteurs clés, telle l'utilisation d'un MNT à basse résolution qui limite la précision des résultats, particulièrement dans une zone côtière complexe avec des falaises.

Les parcs archéologiques de Tipaza, situés de part et d'autre du port, sont caractérisés par un littoral à falaises. Cette configuration géomorphologique particulière offre une protection naturelle contre les phénomènes de submersion marine. En effet les falaises qui s'élèvent abruptement au-dessus du niveau de la mer créent une barrière physique empêchant la pénétration des eaux marines vers l'intérieur des terres. Même en cas de forte houle ou d'élévation du niveau marin, la hauteur et la pente des falaises sont généralement suffisantes pour contrer les effets de la montée des eaux contrairement aux zones basses et plates qui sont plus vulnérables à ce type de phénomène. En conséquence, les scénarios de submersion ne sont pas considérés comme fiables sur la majeure partie de la zone, à l'exception notable du port et de quelques points adjacents.

La zone du port représente un point important pour notre étude de submersion. En tant que zone basse et aménagée, le port est naturellement plus vulnérable aux risques d'inondation et de submersion marine. Sa topographie plane et son ouverture directe sur la mer en font un site particulièrement sensible aux variations du niveau marin, aux marées et aux événements météorologiques extrêmes. Les infrastructures portuaires, telles que les quais, les entrepôts et les équipements maritimes, sont directement exposées. Dans cette zone, même un MNT à basse résolution peut fournir des indications sur les risques potentiels, car les variations d'altitude y sont moins prononcées qu'ailleurs sur la côte.

Pour améliorer la précision de l'étude, il serait crucial d'obtenir un MNT à plus haute résolution, particulièrement pour les zones à falaises, cela permettrait de mieux capturer les nuances topographiques et d'obtenir des scénarios de submersion plus réalistes, tant pour le port que pour les zones côtières escarpées. Une approche combinant modélisation hydrodynamique et analyse géomorphologique pourrait offrir une compréhension plus complète des risques de submersion dans cette configuration côtière complexe.

5.3. Evolution de l'occupation du sol :

Dans ce chapitre, nous allons analyser le tableau précédent (tableau ???) des superficies afin de mieux comprendre l'évolution de l'occupation du sol entre 2006 et 2023. Pour ce faire, nous avons réalisé un graphique montrant le pourcentage d'occupation du sol pour chaque catégorie au fil des années de 2006 à 2023 (figure ???). Ce graphique nous permettra de visualiser et d'interpréter les tendances et les transformations dans l'utilisation du sol au cours de cette période.

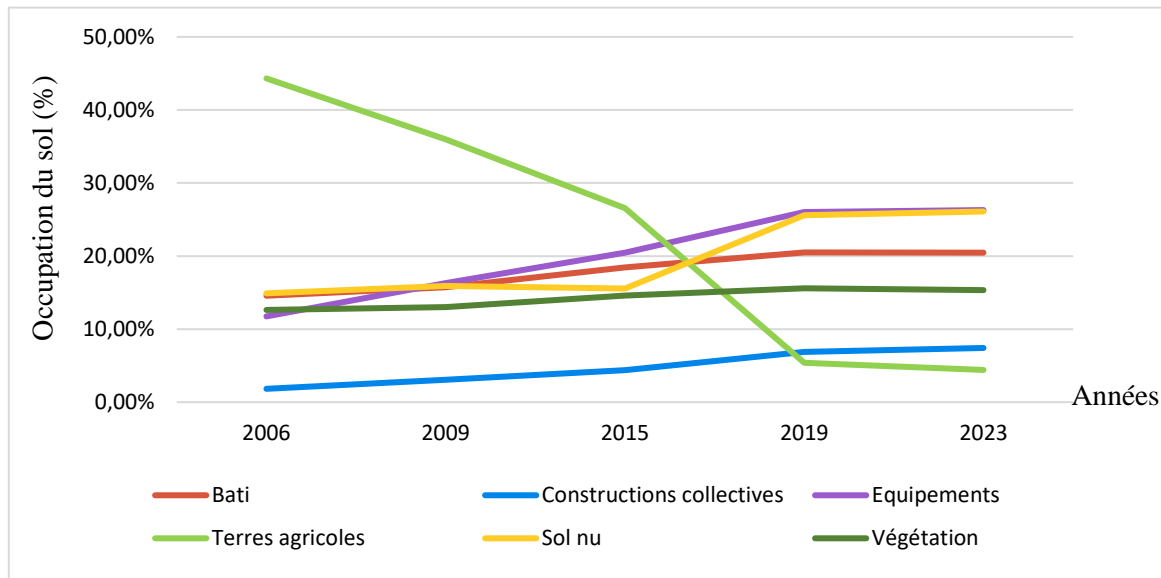


Figure 69: Evolution des pourcentages des classes d'occupation du sol de la zone d'étude

Ces données illustrent un processus d'urbanisation rapide et une expansion significative des zones bâties, des constructions collectives et des équipements dans la région de Tipaza entre 2006 et 2023, au détriment des terres agricoles. Cette tendance reflète probablement une croissance démographique soutenue et les besoins en infrastructures et logements qui en découlent.

- **Bâti**

On observe une augmentation régulière et significative des surfaces bâties, passant de **347,767.84 m² (14,57%)** en 2006 à **406,380.20 m² (20,45%)** en 2023. Cette hausse traduit un processus d'urbanisation soutenu dans la région, avec très probablement la construction de nouveaux logements, bâtiments commerciaux et infrastructures publiques pour répondre aux besoins d'une population croissante.

- **Constructions collectives**

Les surfaces occupées par les constructions collectives (immeubles, logements sociaux, etc.) ont plus que triplé, passant de **43,662.82 m² (1,83%)** en 2006 à **147,417.70 m² (7,42%)** en 2023. Cette augmentation reflète une densification urbaine par le développement de l'habitat collectif, certainement pour faire face à la demande en logements et optimiser l'utilisation de l'espace.

- **Équipements**

La surface dédiée aux équipements (infrastructures, services publics, etc.) a presque doublé, passant de **280,194.66 m² (11,74%)** en 2006 à **522,643.14 m² (26,30%)** en 2023. Cette évolution significative traduit d'importants investissements dans le développement d'infrastructures diverses (routes, hôpitaux, écoles, etc.) pour soutenir la croissance urbaine et répondre aux besoins de la population.

- **Terres agricoles**

À l'inverse, les terres agricoles ont connu une réduction significative, passant de **1,057,846.39 m² (44,32%)** en 2006 à **87,586.48 m² (4,41%)** en 2023. Cette baisse marque une tendance à la conversion des terres agricoles en zones urbaines ou d'infrastructures, pour satisfaire les besoins croissants de la ville et de ses équipements.

- **Sol nu**

Les surfaces de sol nu ont considérablement augmenté, passant de **355,587.67 m² (14,90%)** en 2006 à **518,739.96 m² (26,10%)** en 2023. Cette hausse pourrait être liée à des activités de construction en cours, de nouveaux chantiers ou encore à des pratiques d'aménagement du territoire (défrichage, terrassement, etc.).

- **Végétation**

Enfin, les surfaces couvertes de végétation ont légèrement progressé, passant de **301,527.06 m² (12,63%)** en 2006 à **304,637.81 m² (15,33%)** en 2023. Cette augmentation modérée pourrait résulter d'efforts de reboisement, de création d'espaces verts ou de préservation de zones naturelles dans le cadre du développement urbain.

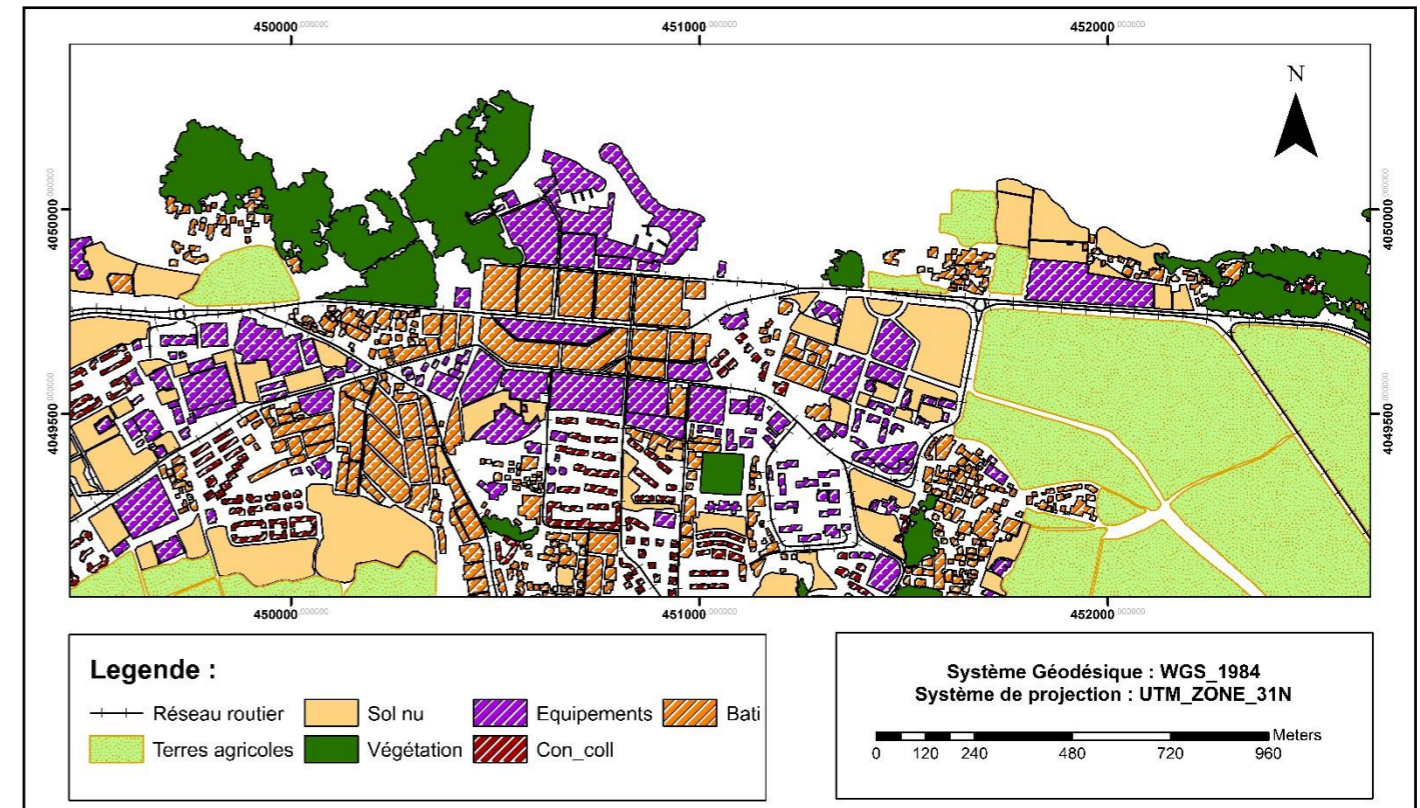
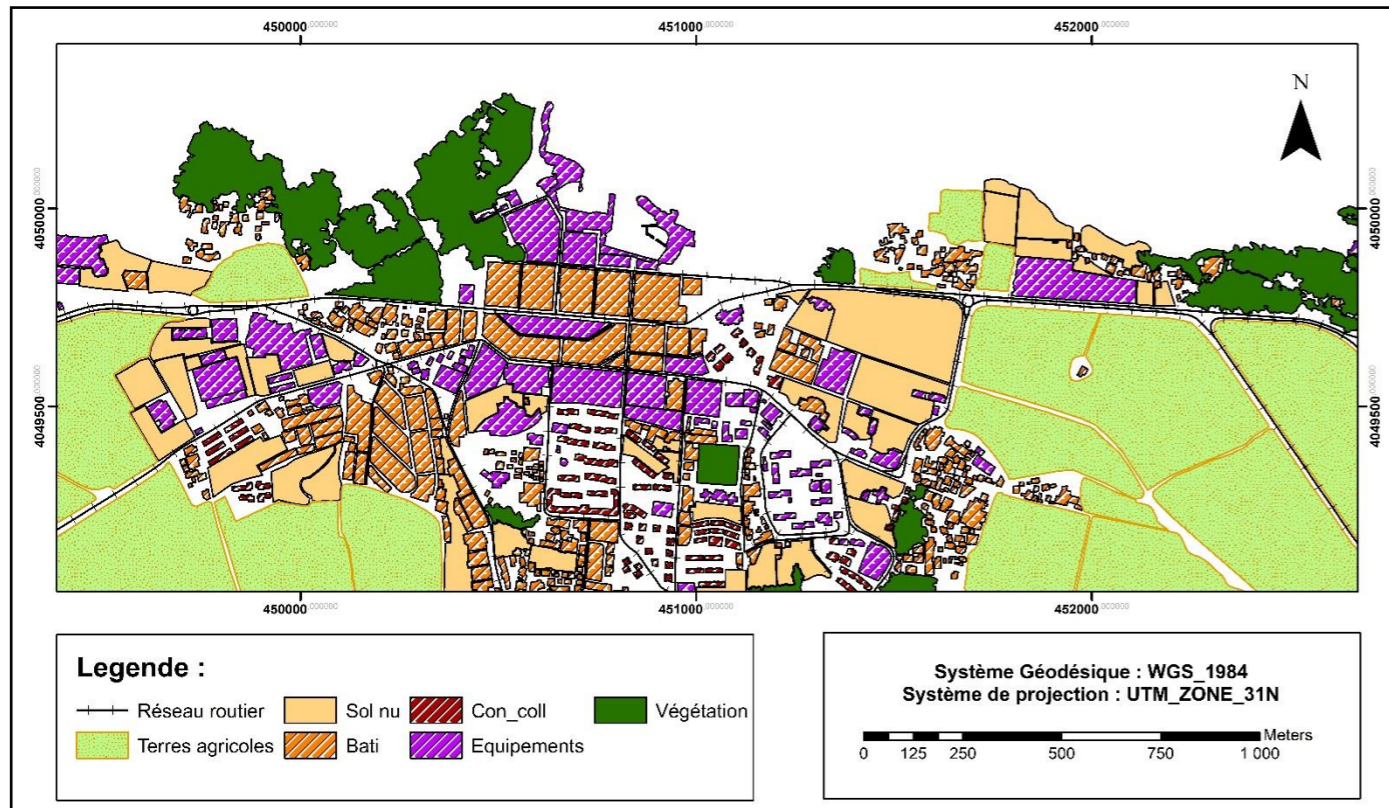


Figure 70: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2006

Figure 71: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2009

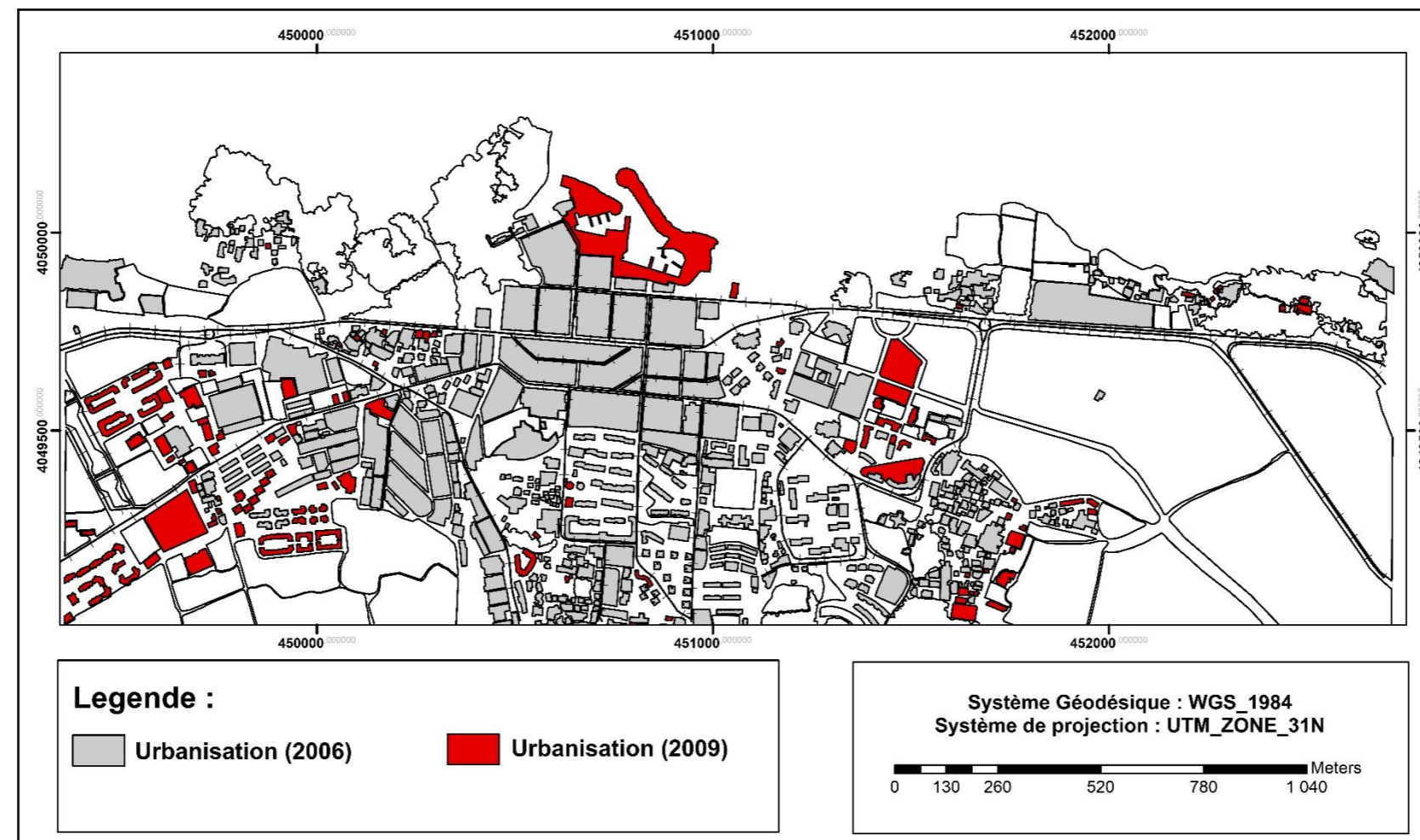


Figure 72: Evolution de l'urbanisation entre 2006 et 2009

5.3.1. Evolution de l'urbanisation entre 2006 et 2009

En 2006, les zones urbanisées (représentées en gris sur la carte) se concentraient principalement dans le centre de la ville de Tipaza et le long de la côte. On observe une structure urbaine relativement dense et compacte dans ces zones centrales.

Entre 2006 et 2009, de nouvelles zones urbaines ont été développées, identifiées en rouge sur la carte. On remarque une expansion de l'urbanisation dans plusieurs directions :

1. **Vers l'ouest** : Apparition de nouveaux quartiers résidentiels et de zones d'activités économiques (restauration, piscine, hôpital, ...) le long des axes routiers principaux.
2. **Vers le sud et le sud-est** : Développement de nouveaux ensembles urbains, certainement à vocation résidentielle et d'infrastructures (Agence de gestion et de régulation foncières urbaines, radio Tipaza, post office Tipaza, Algérie télécom...)
3. **Vers l'est** : Extension de la zone urbaine côtière.
4. **Au nord** : Aménagement du port de Tipaza (expansion de la jetée principale et des modifications mineures de l'infrastructure).

Cette expansion de l'urbanisation entre 2006 et 2009 corrobore les données chiffrées du tableau ???, qui montrent une augmentation significative des surfaces bâties (+5.2 %) de **347767,84 m²** à **365835,97 m²**, des constructions collectives (+64.3%) de **43662,82 m²** à **71735,26 m²** et des équipements (+35,3%) de **280194,66 m²** à **379034,96 m²** durant cette période.

En parallèle, on observe une diminution notable des terres agricoles (-20,9%) de **1057846,39 m²** à **836635,99 m²** et une légère hausse du sol nu (+4.07%) soit **14484,27 m²**, ce qui montre que certaines terres cultivées ont été converties en zones urbaines ou d'infrastructures pour répondre à la croissance de la ville.

Cette évolution traduit une dynamique de développement urbain soutenue à Tipaza entre 2006 et 2009, qui reflète une réponse aux besoins engendrés par la croissance démographique et économique de la région.

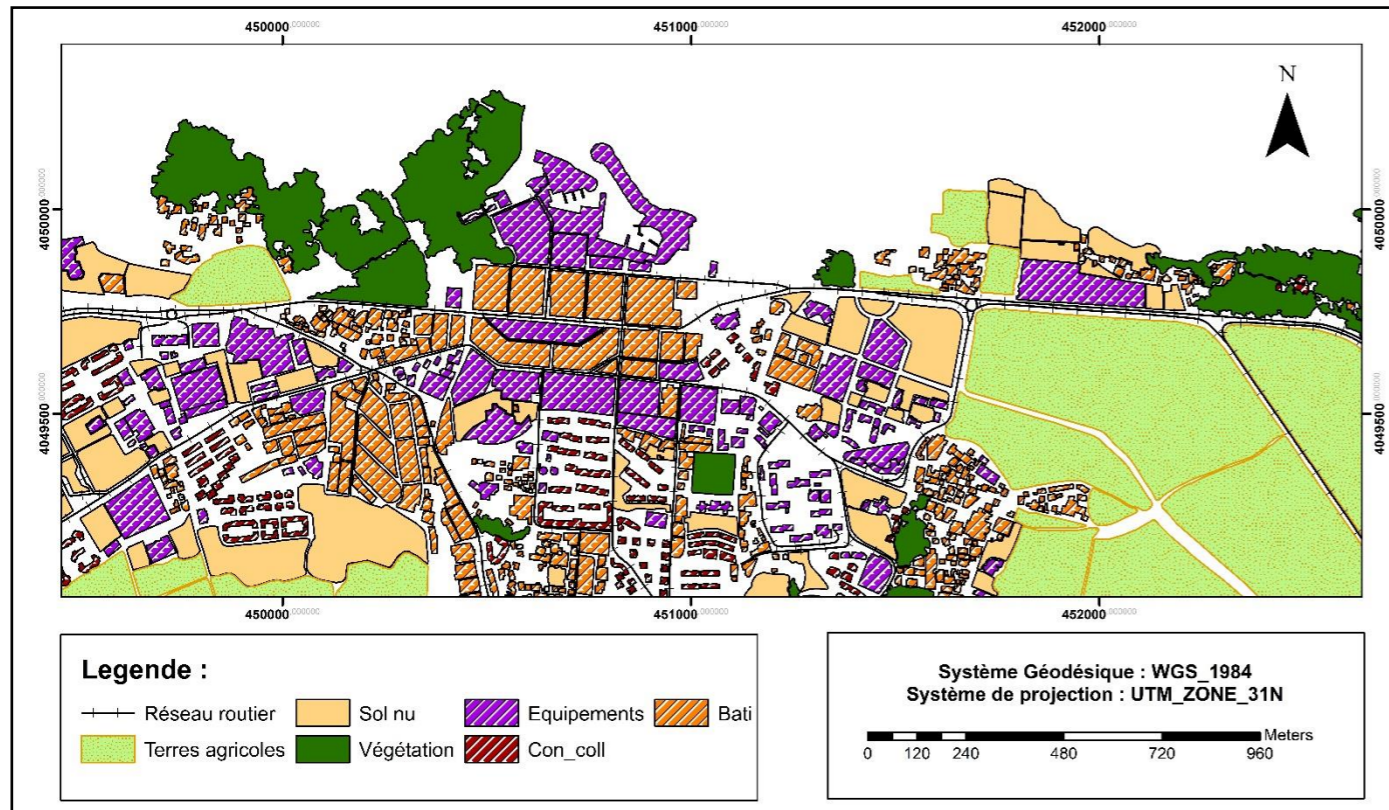


Figure 74: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2009

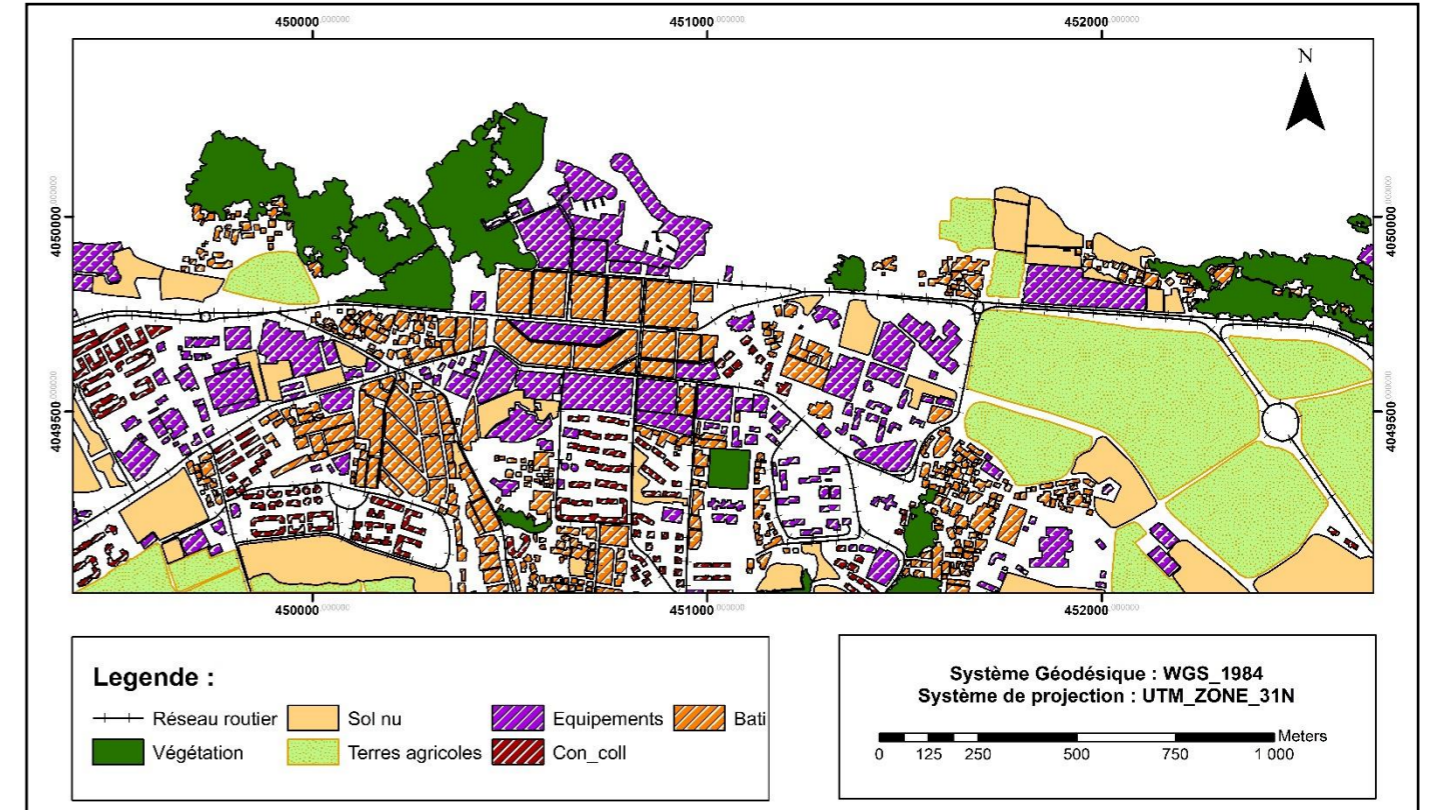


Figure 73: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2015

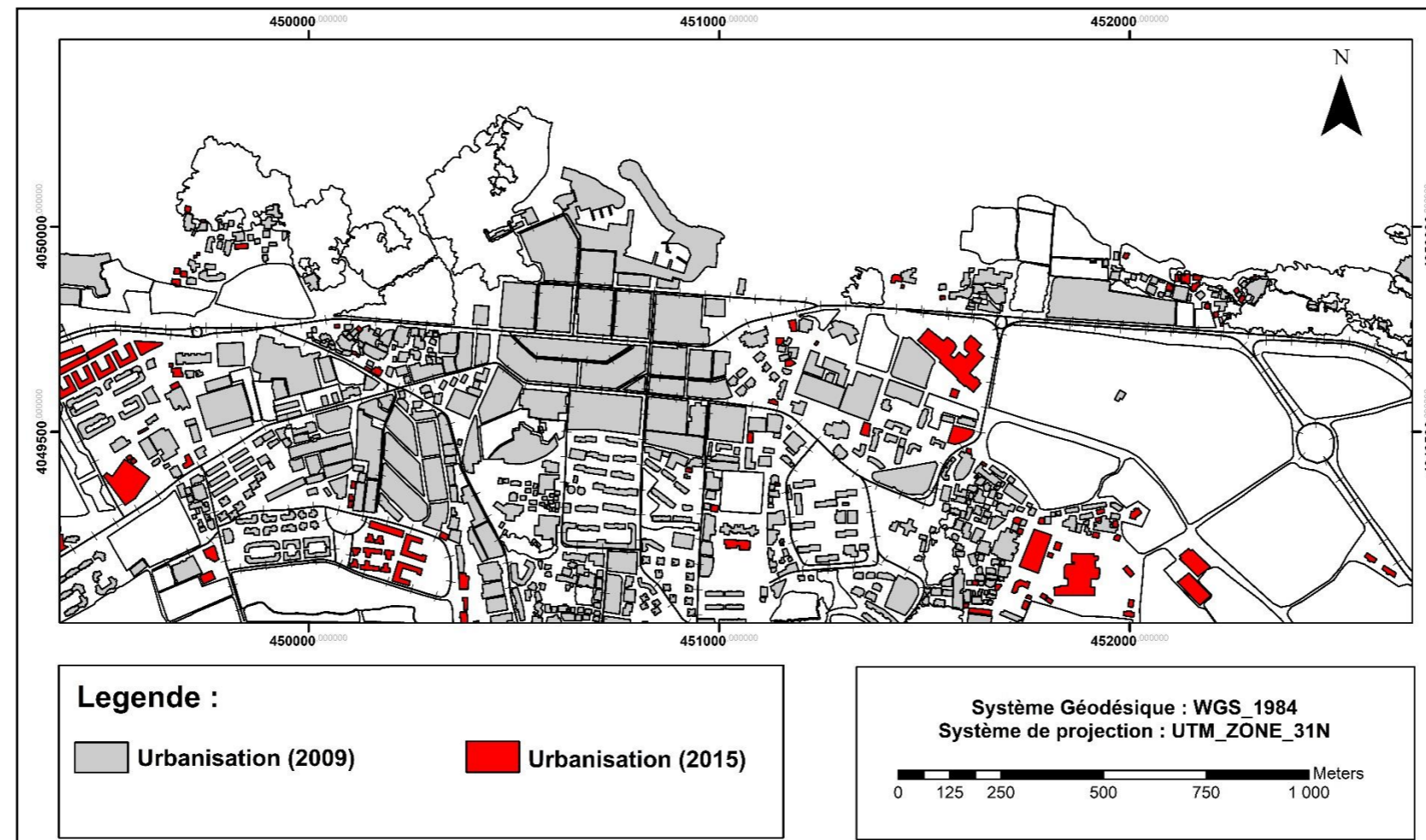


Figure 75: Evolution de l'urbanisation entre 2009 et 2015

5.3.2. Evolution de l'urbanisation entre 2009 et 2015 :

Entre 2009 et 2015, de nouvelles zones urbaines se sont développées encore, indiquées en rouge sur la carte. On remarque une expansion significative de l'urbanisation selon plusieurs axes :

1. **Vers le sud-ouest** : Apparition de nouveaux quartiers résidentiels et de nouveaux équipements (impôts, mosquée, ...)
2. **Vers le sud-est** : Développement d'ensembles urbains importants, à vocation résidentielle et d'infrastructures.
3. **Vers l'est** : Poursuite de l'extension de la zone urbaine côtière et de la zone d'activités économiques (centre arabe d'archéologie, bibliothèque principale de Tipaza, direction de la formation et de l'enseignement professionnels...).
4. **Au nord-ouest** : Émergence de nouvelles zones urbaines plus isolées, potentiellement liées à des projets résidentiels ou d'équipements spécifiques.

Cette expansion urbaine entre 2009 et 2015 est cohérente avec les données chiffrées, qui montrent une augmentation substantielle des surfaces bâties (+5,1%) de **365835.97 m²** à **384462.47 m²**, des constructions collectives (+27,9%) de **71735.26 m²** à **91731.61 m²** et des équipements (+12,4%) de **379034.96 m²** à **426119.73 m²** durant cette période.

Parallèlement, on note une diminution significative des terres agricoles (-33,9%) de **836635.99 m²** à **553010.59 m²** et une légère baisse du sol nu (-12.33%) soit **45641,49 m²**, montrant une conversion continue des terres cultivées en zones urbaines et d'infrastructures pour répondre à la croissance de la ville.

Cette évolution reflète une poursuite du développement urbain rapide à Tipaza entre 2009 et 2015, probablement alimenté par une croissance démographique et économique soutenue dans la région, nécessitant la construction de nouveaux logements, équipements et infrastructures de transport sur de vastes étendues.

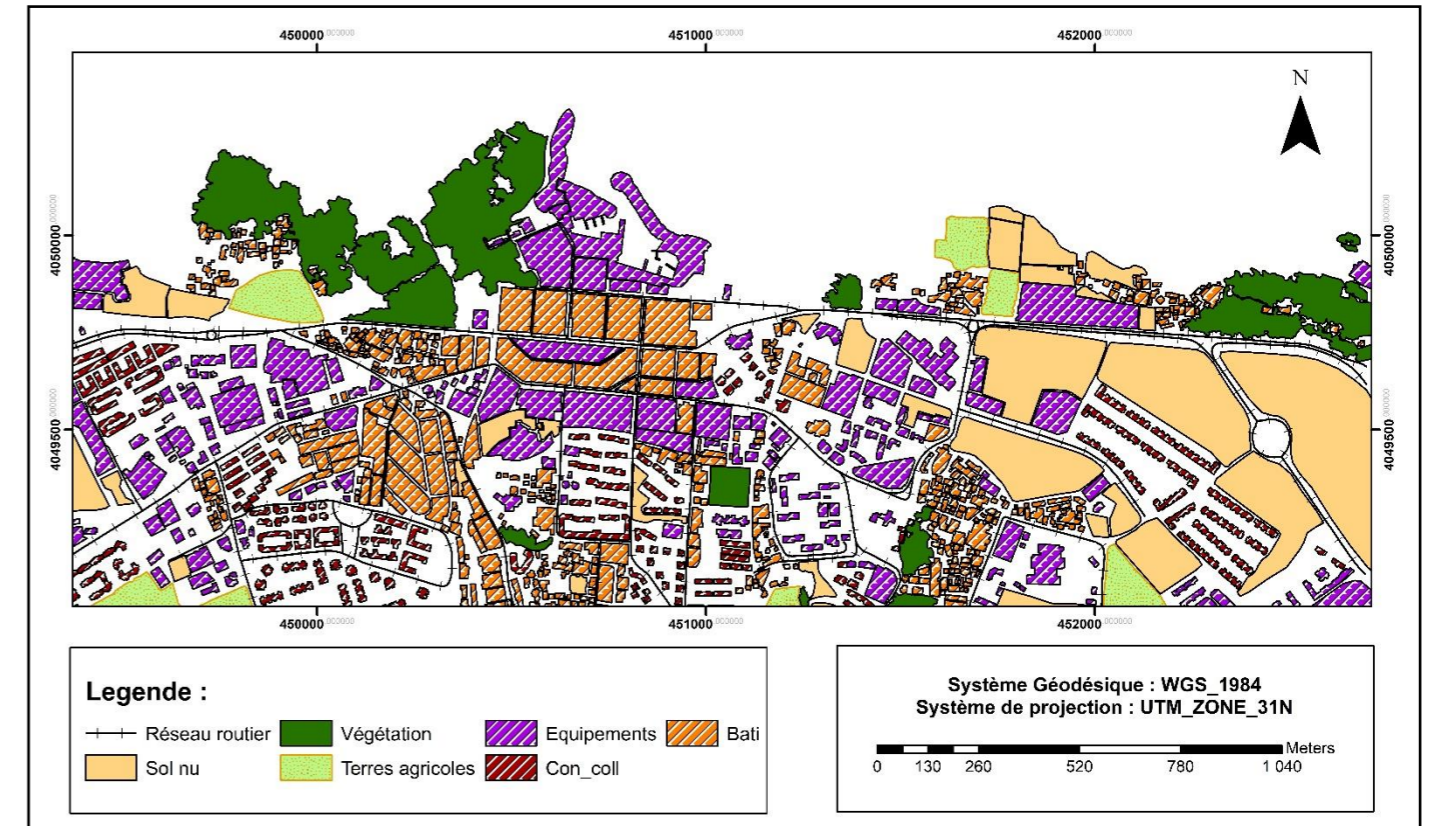
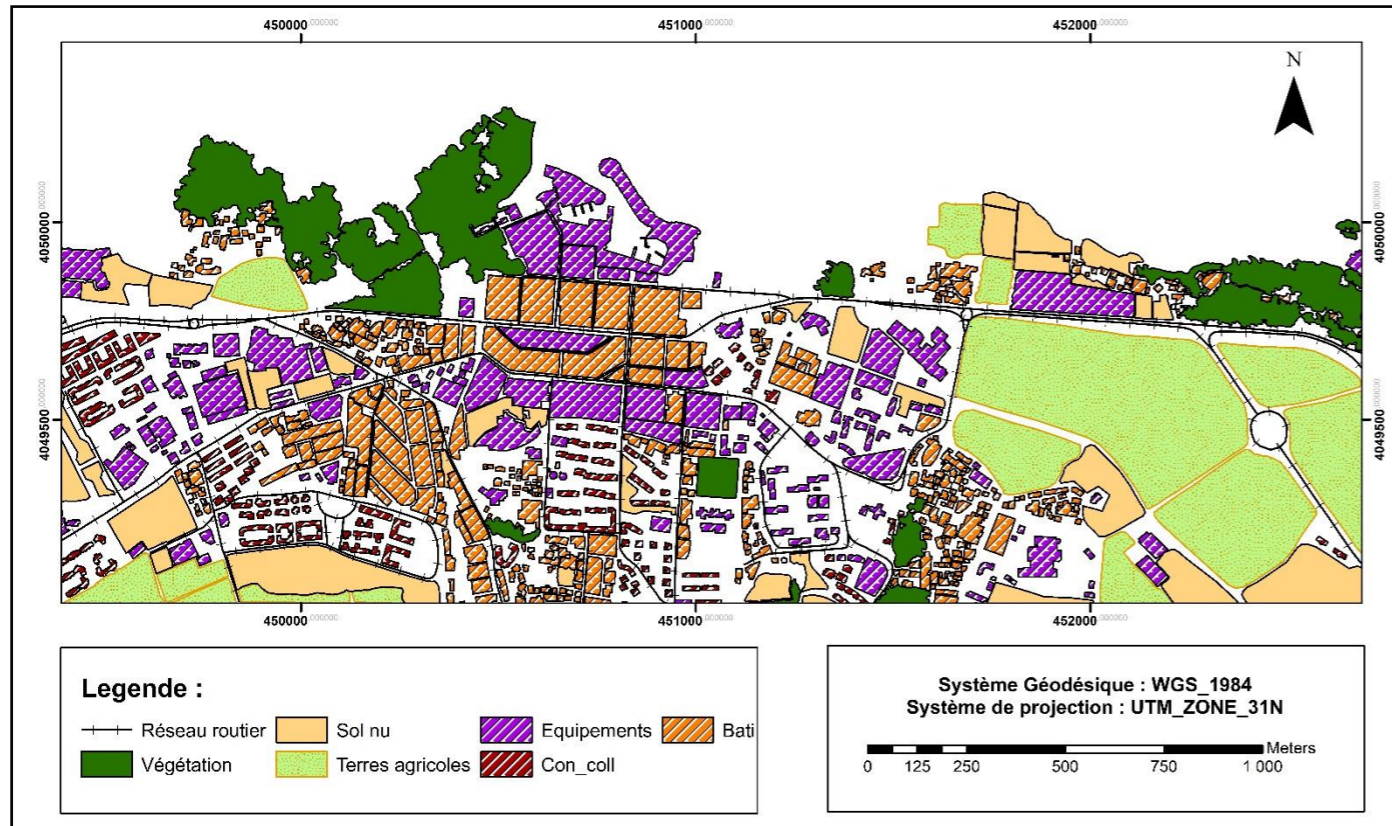


Figure 76: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2015

Figure 77: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2019

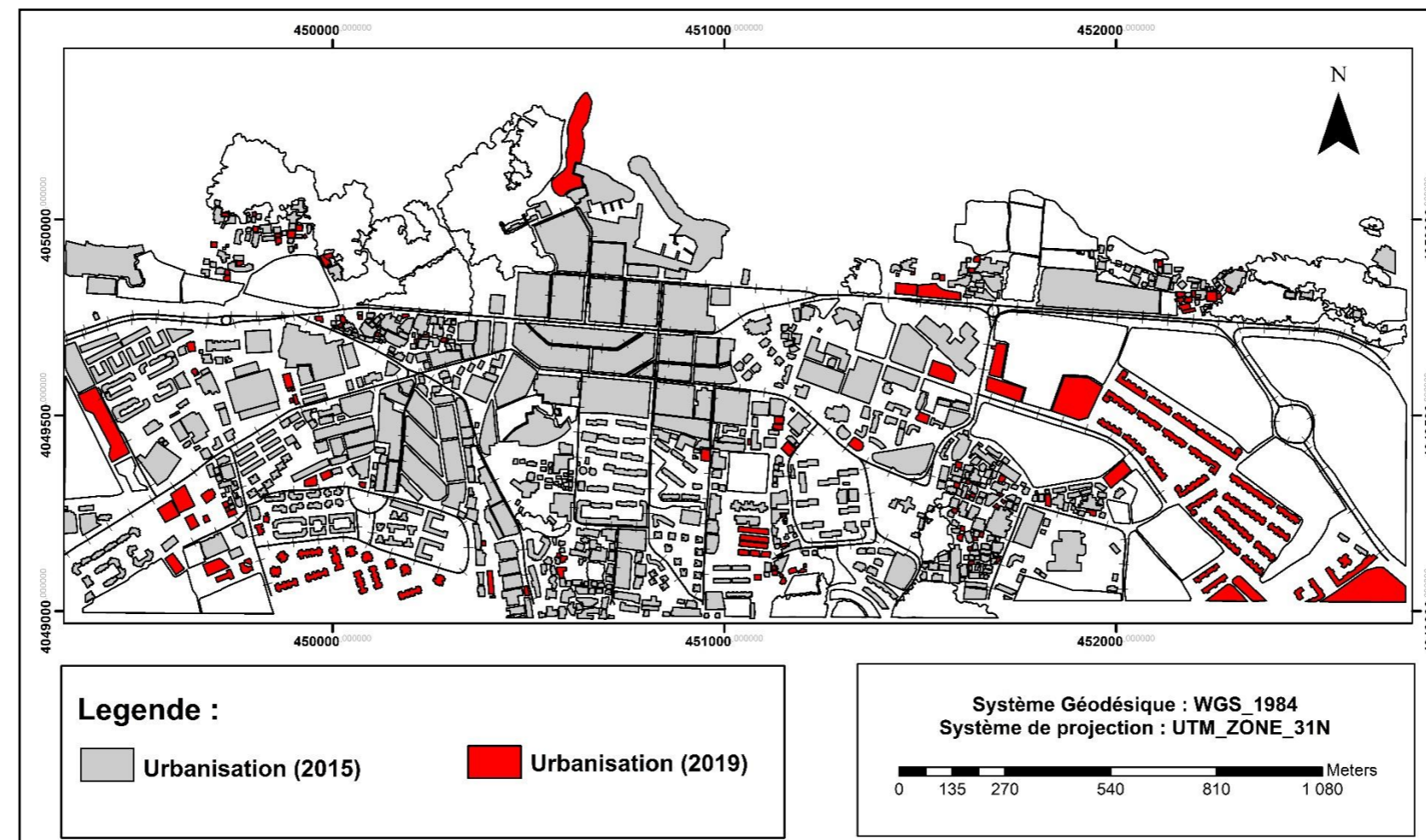


Figure 78: Evolution de l'urbanisation entre 2015 et 2019

5.3.3. Evolution de l'urbanisation entre 2015 et 2019 :

Entre 2015 et 2019, on observe des développements urbains significatifs dans plusieurs directions représentées en rouge sur la carte :

1. **Vers le sud-ouest** : Il y a une densification et une extension des zones urbaines existantes le long des axes routiers principaux.
2. **Vers le sud-est** : Le développement de vastes ensembles urbains continus probablement à vocation résidentielle et d'infrastructures.
3. **Vers l'est** : Une expansion supplémentaire de la zone urbaine côtière est visible, avec un développement d'autres équipements (direction des Moudjahidine de la wilaya, direction de la sûreté, stade de football, ...).
4. **Au nord-ouest** : De nouvelles poches urbaines relativement isolées apparaissent, possiblement liées à des projets immobiliers ou d'équipements spécifiques.
5. **Au nord** : Réaménagement du port avec une construction d'un mur du côté ouest pour la stabilisation de la falaise.
6. **Dans le centre-ville** : Un phénomène de densification urbaine est observable, avec le comblement progressif des espaces interstitiels entre les zones bâties existantes.

D'après le tableau, on constate une augmentation substantielle des surfaces bâties, de **18,45%** à **20,50%**, soit une hausse d'environ **+16116.91 m²**. Cette forte croissance du bâti corrobore l'expansion urbaine visible sur la carte durant cette période.

Les constructions collectives ont également connu une augmentation significative, passant de **4,40%** à **6,89%** du territoire, soit une progression de près de **+42969.47 m²**. Cela confirme le développement important de l'habitat collectif (immeubles, logements sociaux, etc.) pour répondre aux besoins en logements d'une population croissante.

De même, les surfaces dédiées aux équipements (infrastructures, services publics, etc.) ont fortement progressé, augmentant de **20,45%** à **26,03%**, une hausse d'environ **+82325.65 m²**. Cette évolution traduit les investissements réalisés dans les infrastructures de transport, les équipements éducatifs, sanitaires et autres, nécessaires pour accompagner la croissance urbaine.

Parallèlement, les données confirment une diminution continue des terres agricoles, passant de **26,54%** à **5,39%** du territoire, d'environ **-447753.26 m²**. Cette tendance illustre la conversion des terres cultivées en zones urbaines et d'infrastructures pour répondre aux besoins d'expansion de la ville.

Enfin, le sol nu a également connu une hausse significative, progressant de **15,57%** à **25,60%**, soit **+175731.21 m²** reflétant probablement des zones en chantier ou en cours d'aménagement pour de futurs projets urbains.

En résumé, on constate une accélération de l'urbanisation à Tipaza entre 2015 et 2019, avec une croissance massive des surfaces bâties, des constructions collectives et des équipements, au prix d'une diminution constante des terres agricoles, illustrant les pressions de l'étalement urbain pour répondre à la demande démographique et économique.

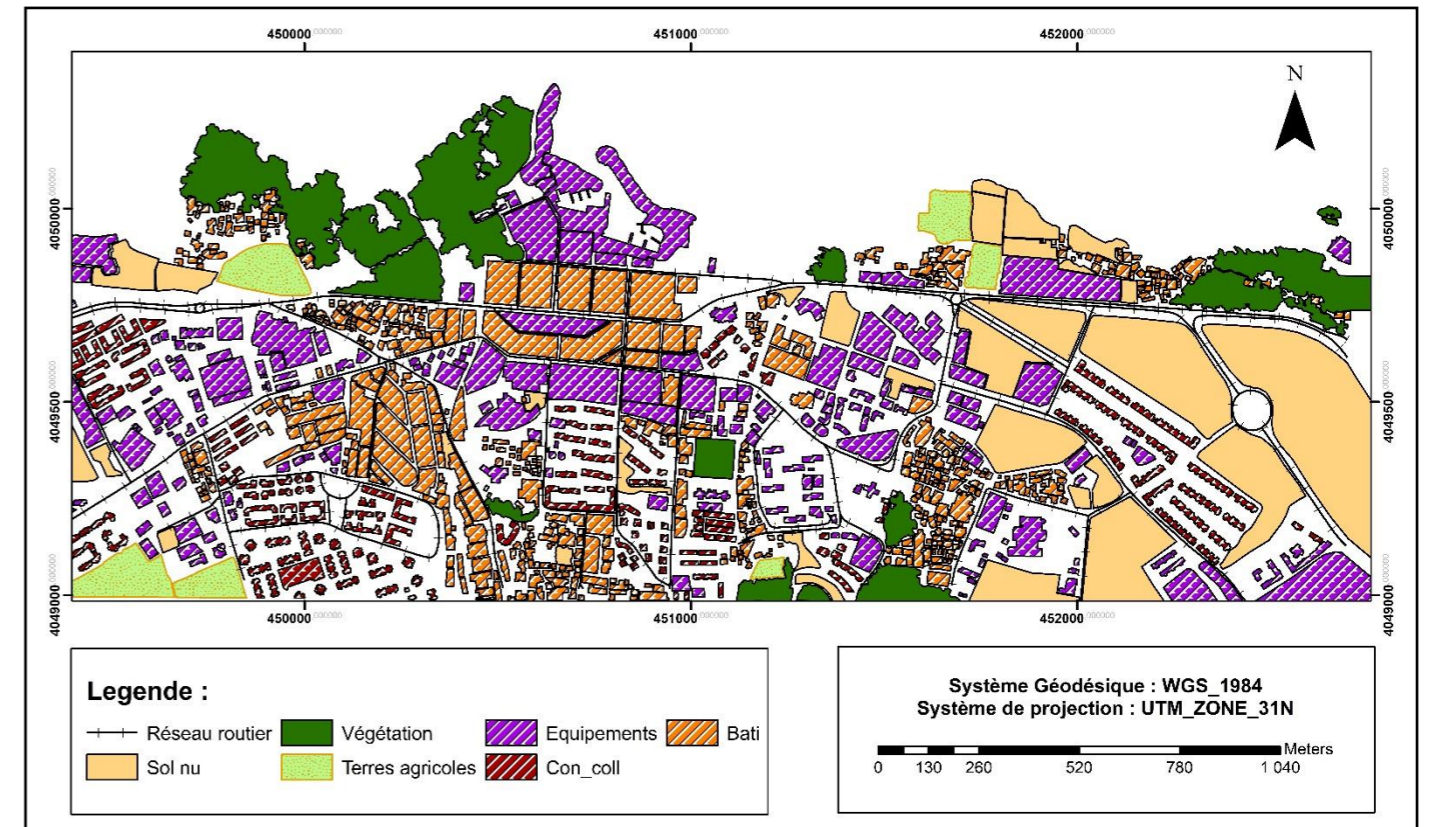
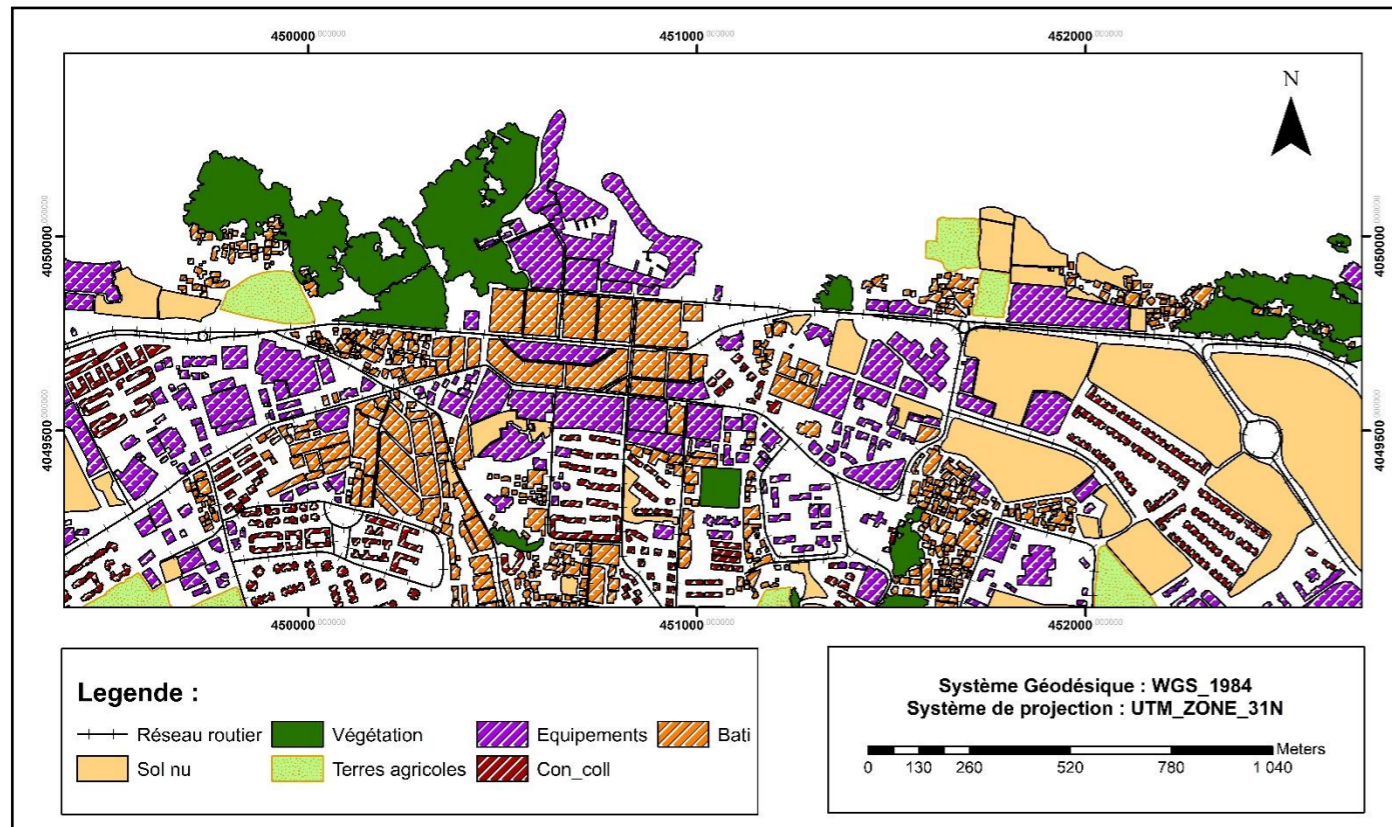


Figure 80: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2019

Figure 79: Carte d'occupation du sol de la région de Tipaza côté ruines romaines 2023

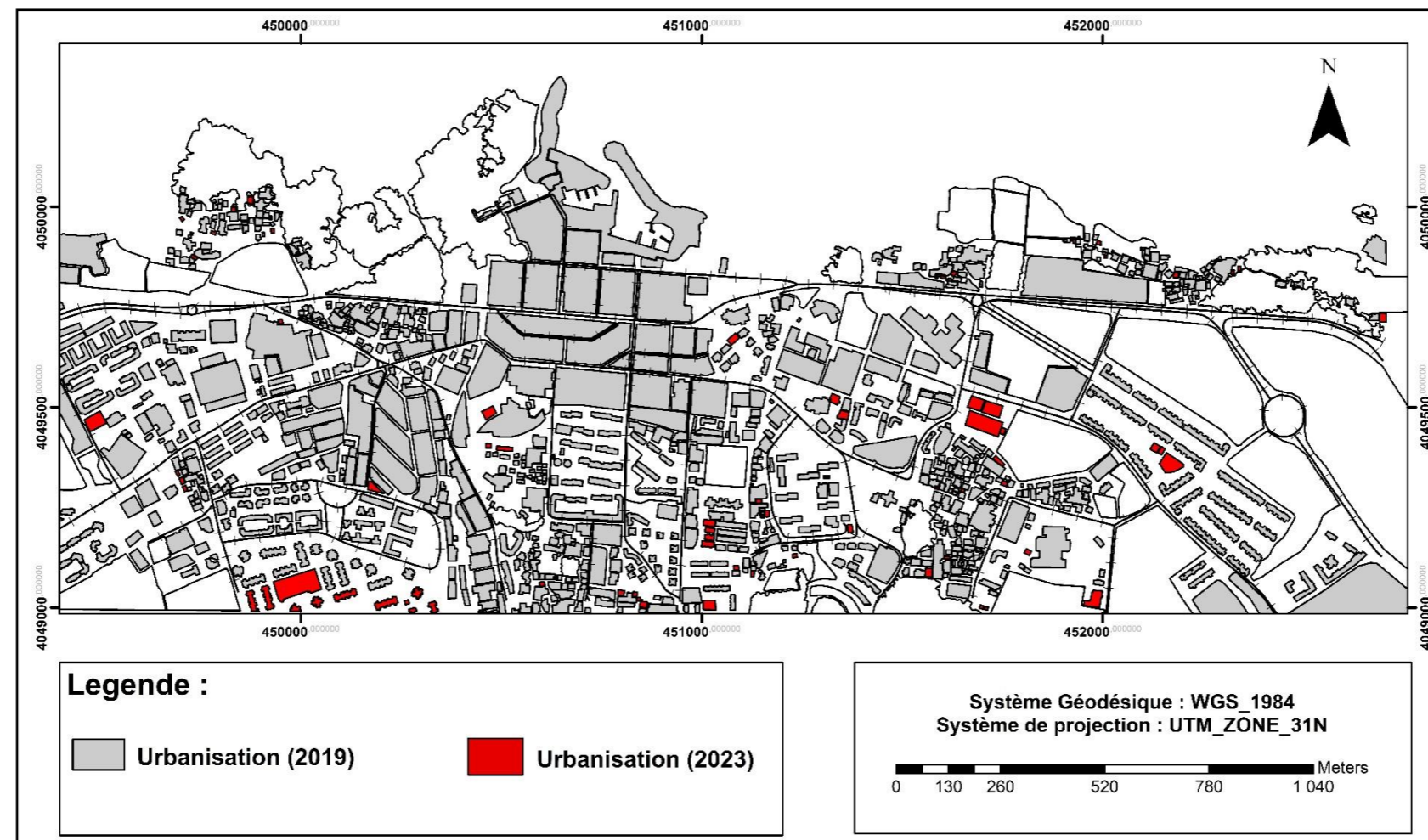


Figure 81: Evolution de l'urbanisation entre 2019 à 2023

5.3.4. Evolution de l'urbanisation entre 2019 et 2023 :

La carte (figure ????) montre clairement une expansion des zones urbaines (en rouge) entre 2019 et 2023, en particulier le long des axes routiers et autour des noyaux urbains existants en 2019. Cette extension se fait de manière tentaculaire, avec un mitage progressif des espaces naturels et agricoles environnants.

En examinant les données chiffrées, on constate que le bâti passe de **400 579 m²** en 2019 à **406 380 m²** en 2023, soit une augmentation de près de **5800.82 m² (+1,45%)**. Cette variation indique une croissance modérée du parc immobilier existant.

C'est surtout au niveau des constructions collectives que l'on observe le changement le plus important, avec une hausse de **134701.08 m²** en 2019 à **147417.70 m²** en 2023, soit une augmentation de **9,44% (12716.62 m²)**. Cette augmentation significative témoigne d'un développement notable de l'habitat collectif durant cette période.

Les équipements progressent également de **508445.38 m²** à **522643.14 m²** (+2,79%) soit **14197,76 m²**, accompagnant logiquement le développement résidentiel.

Parallèlement, on assiste à une régression significative des terres agricoles qui perdent environ **17670.85 m² (-16.79%)**, vraisemblablement reconverties en zones urbanisées.

En contrepartie, les sols nus non bâtis augmentent fortement, passant de **500160.99 m²** en 2019 à **518739.96 m²** en 2023 (+3,71%), laissant présager de futurs chantiers immobiliers sur ces espaces.

En résumé, cette période 2019-2023 est marquée par une nette accélération de l'étalement urbain, avec un dynamisme particulier dans la construction de logements collectifs et d'équipements connexes, au prix d'une artificialisation croissante des terres agricoles et naturelles. De vastes superficies semblent également en attente d'urbanisation future.

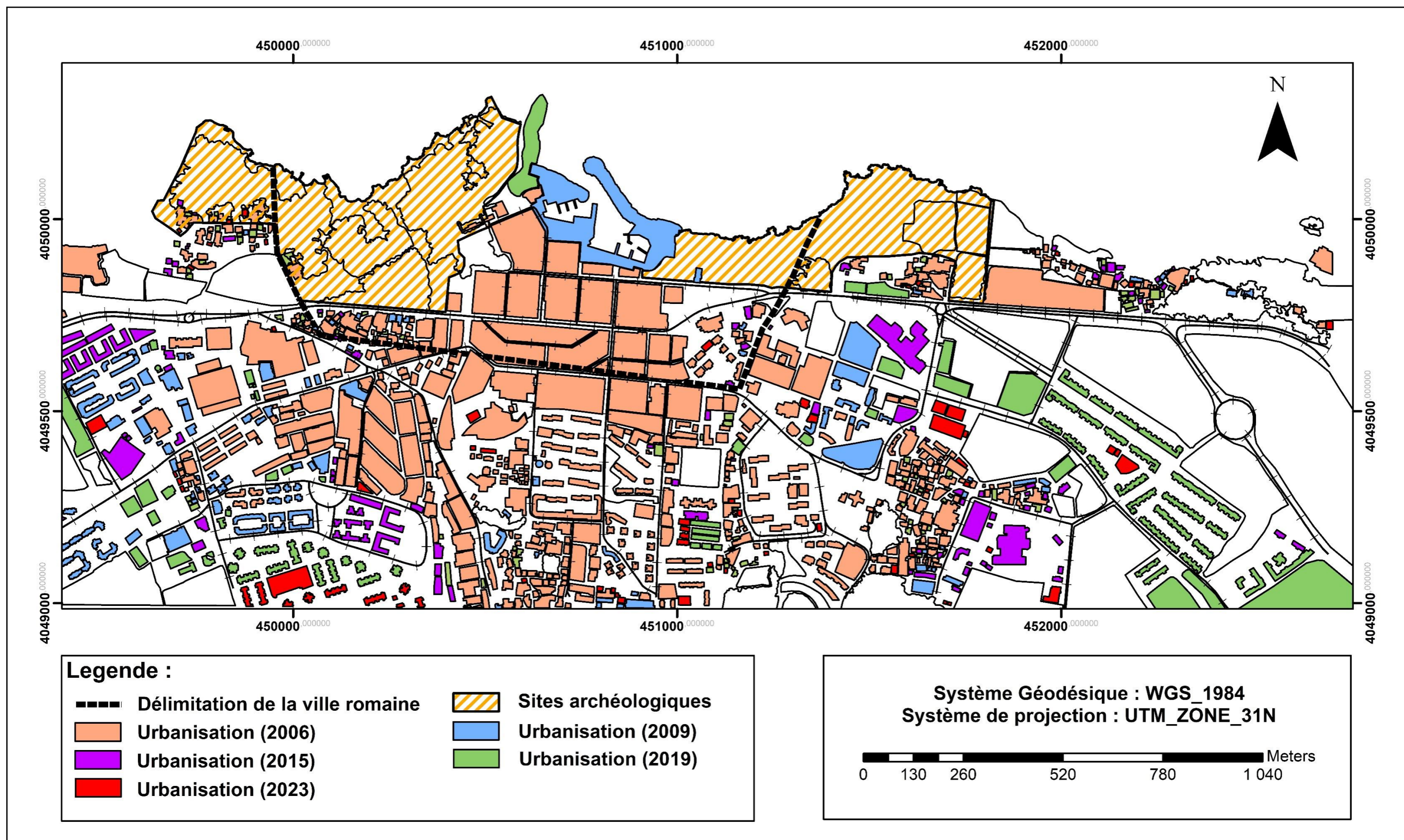


Figure 82: Evolution de l'urbanisation de 2006 à 2023

5.3.5. Evolution de l'urbanisation de 2006 à 2023 :

Cette carte illustre de manière détaillée l'évolution de l'urbanisation entre 2006 et 2023 dans la région de Tipaza, en Algérie, plus précisément autour de la zone des ruines archéologiques. Les différentes couleurs représentent les zones urbaines existantes en 2006, 2009, 2015, 2019 et celles projetées pour 2023.

On peut constater une expansion urbaine significative au fil des années, avec une pression anthropique croissante sur les sites archéologiques environnants. Les zones urbanisées se sont étendues de manière concentrique autour du noyau urbain initial, empiétant progressivement sur les espaces naturels et les vestiges historiques.

Cette pression anthropique est particulièrement préoccupante pour la préservation des sites archéologiques, qui se retrouvent encerclés et menacés par l'urbanisation galopante. Les constructions récentes et futures risquent de compromettre l'intégrité de ces sites d'une importance culturelle et historique capitale.

Voici une analyse détaillée de la distribution de l'urbanisation dans la région de Tipaza pour chaque période indiquée sur la carte :

2006 : L'urbanisation (en orange) est concentrée autour d'un noyau urbain central, s'étalant principalement au sud et à l'ouest des ruines archéologiques. Les zones urbanisées sont relativement compactes et laissent encore de l'espace libre autour des sites historiques.

- **2009** : On observe une première expansion urbaine (en bleu) qui se propage vers le nord et l'est, commençant à se rapprocher davantage des zones de ruines. Cependant, un espace tampon subsiste encore autour des sites archéologiques.
- **2015** : L'urbanisation (en violet) s'intensifie de manière significative, avec de nouvelles zones construites qui viennent entourer presque complètement les ruines historiques. Seul un étroit couloir semble encore séparer les sites des zones bâties.
- **2019** : De nouveaux projets d'urbanisation (en vert) viennent compléter les zones existantes, comblant les espaces restants autour des ruines archéologiques. Les sites historiques se retrouvent ainsi complètement encerclés par le développement urbain.
- **2023** : Une poursuite de l'expansion urbaine, avec de nouvelles zones construites qui se rapprocheront encore plus des sites archéologiques, réduisant davantage l'espace tampon les séparant des zones bâties.

On constate donc une tendance claire à l'augmentation constante de la pression urbaine sur les sites historiques de Tipaza au fil des années, avec un risque grandissant d'impacts négatifs sur leur préservation et leur intégrité si des mesures adéquates ne sont pas prises rapidement.

Il est essentiel que les autorités compétentes prennent des mesures adéquates pour protéger et sauvegarder ces trésors archéologiques, en régulant l'urbanisation et en établissant des zones tampons appropriées autour des sites sensibles. Une approche équilibrée, tenant compte du développement urbain nécessaire et de la préservation du patrimoine, est cruciale pour éviter des dommages irréversibles à ces témoins inestimables de l'histoire de la région.

5.3.6. Lecture des documents d'urbanisme (PDAU- POS) :

5.3.6.1. Dispositions applicables aux parcs archéologiques classés sur la liste du patrimoine universel :

Ce secteur concerne les deux parcs archéologiques EST et OUEST qui sont classés sur la liste du patrimoine universel par l'UNESCO en 1982 :

- Les deux parcs s'étalent sur une superficie de 60 Ha.
- Le site archéologique de Tipasa avec son mausolée royal a été classé sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité le 17 décembre 1982.

Article 1 : Type d'occupation ou d'utilisation des sols interdits

Sont strictement interdits :

- L'ouverture et l'exploitation des carrières.
- L'aménagement de terrains de camping et de caravanes.
- Les établissements industriels classés ou non tous les stockages, dépôts ou entrepôts et d'une façon générale tous les dépôts des déchets, ferrailles ou autres nuisibles à l'hygiène et au respect de l'environnement.
- Des constructions présentant un caractère précaire.
- Les constructions ou installations qui par leur nature, leur importance ou leur aspect seraient incompatibles avec la sécurité, la salubrité, la commodité ou le caractère du voisinage.
- Des travaux de confortement et d'agrandissement des bâtiments à usage d'habitation, commerce et services existants.
- L'extension horizontale ou la transformation d'établissements classés existants, si leur importance ne modifie pas le caractère architectural de la zone ou lorsque les travaux envisagés ont pour but de réduire le danger provoqué par ces établissements.
- L'implantation des activités artisanales même classées.
- Les établissements classés de deuxième et troisième catégories.
- Les morcellement et lotissements.
- L'implantation des équipements
- La contrainte archéologique et de classement du bien stipule le même dispositif d'une zone de servitude de 200 mètres de profondeur. Le plan de protection précisera toutes les modalités d'aménagement ou de construction dans cette zone.

Article 2 : Types d'occupation et d'utilisation des sols soumis à conditions spéciales

Sont autorisés :

- ☑ Les installations légères nécessaires aux fouilles archéologiques.
- ☑ Les travaux d'aménagement paysager : parcours piétons, mobilier urbain (corbeilles à papier, éclairage public, panneaux informatifs et signalétiques).
- ☑ Ces travaux doivent être étudiés et règlementés dans le cadre de l'étude du Plan de protection des sites archéologiques et de leur zone de protection et dans le cadre du plan de gestion des parcs archéologiques.

Les lois du PDAU sont très bien élaborées et très explicites, mais malheureusement elles ne sont pas appliquées, vu que l'implantation des activités artisanales sont présentes à l'intérieur même du site, des constructions à usage d'habitation sont également présentes, aussi la zone de servitude des 200 m n'est pas respectée.

5.3.7. Plan de sauvegarde établi par l'UNESCO :

5.3.7.1. Missions de suivi antérieures :

Juillet 1989 : mission d'un expert de l'UNESCO ; **Décembre 1989** : mission UNESCO ; **mars-avril 1990** : mission d'expert ; **octobre 1992** : mission d'expert ; **février 2002** : mission d'experts du Centre du patrimoine mondial ; **septembre 2002** : mission du Centre du patrimoine mondial.



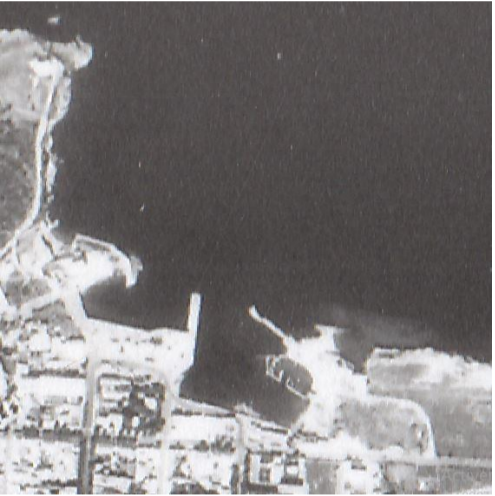
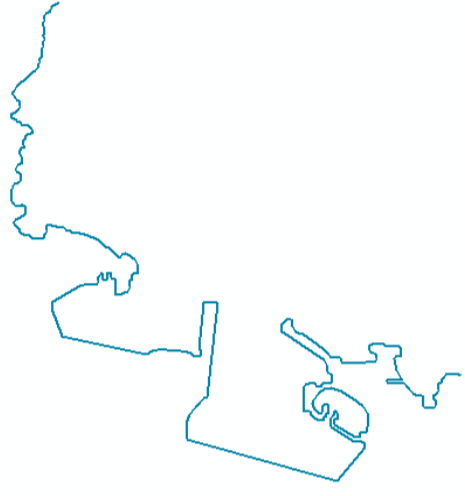

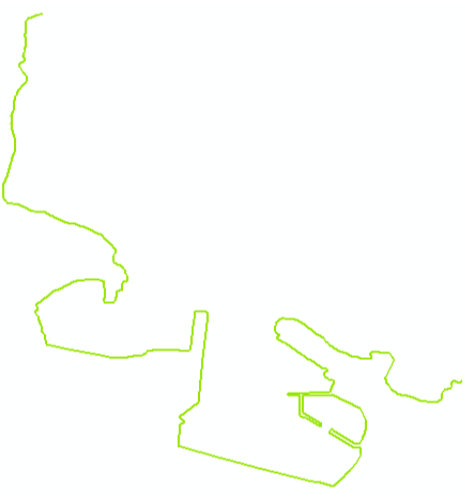

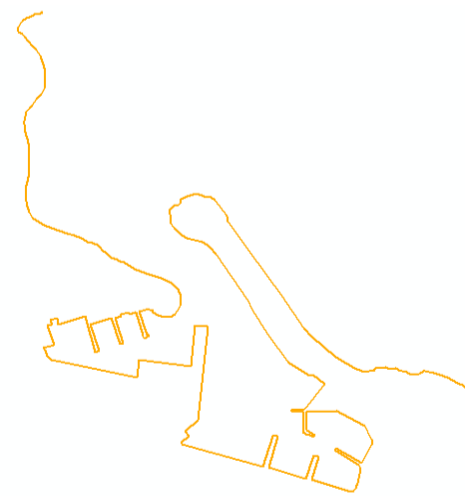

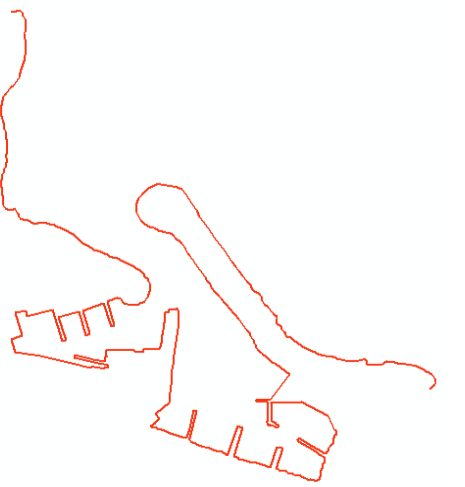
La mission du Centre a rédigé un rapport qui énumérait, pour étude par les autorités algériennes, ce qu'elle considérait comme les actions les plus urgentes à entreprendre. A savoir :

- ✓ La délimitation immédiate du périmètre officiel du site du patrimoine mondial et de sa zone tampon, à partir des études archéologiques existantes, et la publication d'un Décret officiel temporaire gelant toute construction à l'intérieur de ces limites.
- ✓ L'établissement d'un plan, incluant un calendrier, visant à réinstaller les 100 familles vivant actuellement sur le site à l'extérieur des limites du bien, en consultation avec elles et les autorités locales.
- ✓ Le renforcement des ressources humaines et financières de l'Inspection locale, en lui assurant peut-être un budget annuel d'exploitation (mis à part les frais de personnel et de fonctionnement) équivalent à 50 000 dollars E.U.
- ✓ La réparation des toitures des réserves, actuellement en mauvais état, où sont entreposés des objets importants.
- ✓ Des mesures urgentes de conservation préventive pour les mosaïques et autres constructions exposées, ainsi qu'un contrôle plus efficace des visiteurs.(mondial, s. d.-a)

Le plan d'action établie par l'UNESCO n'est pas appliqué à 100%, car l'action visant à l'établissement d'un plan, incluant un calendrier, visant à réinstaller les 100 familles vivant actuellement sur le site à l'extérieur des limites du bien. Cette action n'a pas été appliquée et les familles résident encore dans le parc ouest de la ville de Tipaza (Annexe 4).

5.4. Evolution du port « pression anthropique » :

Tableau 26: L'évolution du port de Tipaza (2006-2023)

| Année | Image | Vectorisation |
|-------|--|---|
| 1959 |  |  |
| 1992 |  |  |
| 2006 |  |  |
| 2017 |  |  |
| 2023 |  |  |

5.4.1. Impact du port sur les sites archéologiques :

Le tableau (26) montre clairement une expansion significative et continue du port de Tipaza de 1959 à 2023, avec une accélération notable entre 2006 et 2023. Ces développements ont des impacts considérables sur les sites archéologiques :

- **1959** : le port de Tipaza était un petit port de pêche. Il n'y avait que quelques bateaux et quelques bâtiments sur le quai. Il était entouré de dunes et de végétation naturelle, ce qui indique une moindre pression anthropique sur les sites archéologiques voisins.
- **1959-1992** : Il y a une légère expansion du port et des modifications mineures de l'infrastructure. L'activité portuaire semble augmenter, mais reste encore relativement restreinte par rapport aux décennies suivantes. Les développements dans la zone environnante commencent à apparaître.
- **1992-2006** : le port de Tipaza est devenu un port commercial important. Il y avait une expansion notable, avec des aménagements significatifs. Il commence à prendre une forme plus définie et plus structurée, avec l'ajout de nouvelles infrastructures. Cette période marque le début d'une intensification des activités portuaires et de l'urbanisation dans la région.
- **2006-2017** : Le port connaît une transformation majeure avec une expansion considérable. Les infrastructures portuaires sont largement développées, augmentant significativement la capacité d'accueil et d'activité. Cette extension réduit déjà les espaces tampons entre le port et les ruines antiques. Les premiers impacts potentiels peuvent inclure une modification des courants maritimes et de la dynamique côtière affectant l'érosion des vestiges en bord de mer, ainsi que des nuisances sonores et vibratoires accrues liées aux activités portuaires intensifiées à proximité.
- **2017-2023** : Le port atteint une configuration encore plus développée, avec une infrastructure très étendue. Les aménagements récents montrent une modernisation et une intensification des activités portuaires. On remarque également une urbanisation accrue autour du port, ce qui indique une augmentation de la pression anthropique sur les sites archéologiques voisins. Les impacts cumulés sur la préservation de ce patrimoine sont alors probablement extrêmement lourds avec la destruction potentielle de certains vestiges.

L'expansion et l'intensification des activités portuaires à Tipaza ont entraîné une série d'impacts négatifs sur les sites archéologiques voisins. L'érosion et la dégradation physique des structures antiques se sont accélérées en raison des vibrations constantes et de la pollution accrue. La pollution de l'air et de l'eau affecte également l'écosystème local, compromettant la préservation des ruines. L'urbanisation croissante autour du port modifie le paysage et l'environnement immédiat des sites archéologiques, altérant leur contexte historique et culturel. De plus, le bruit et les vibrations générés par les activités portuaires provoquent des micro-fissures dans les structures anciennes, menaçant leur intégrité. Ces développements nécessitent des mesures de protection et une gestion rigoureuse pour préserver ce patrimoine historique face aux défis posés par l'expansion anthropique.



Figure 83: Impact du port sur les sites archéologiques
Source : auteurs (03/06/2024)

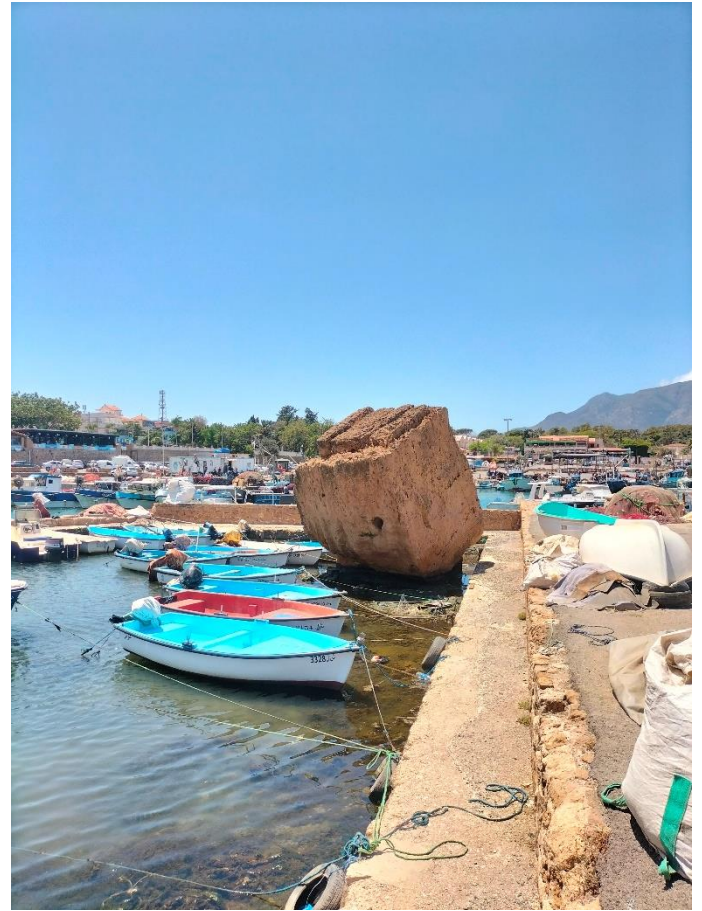


Figure 84: Présence de ruines (caveau punique) au niveau de Tipaza
Source : auteurs (03/06/2024)

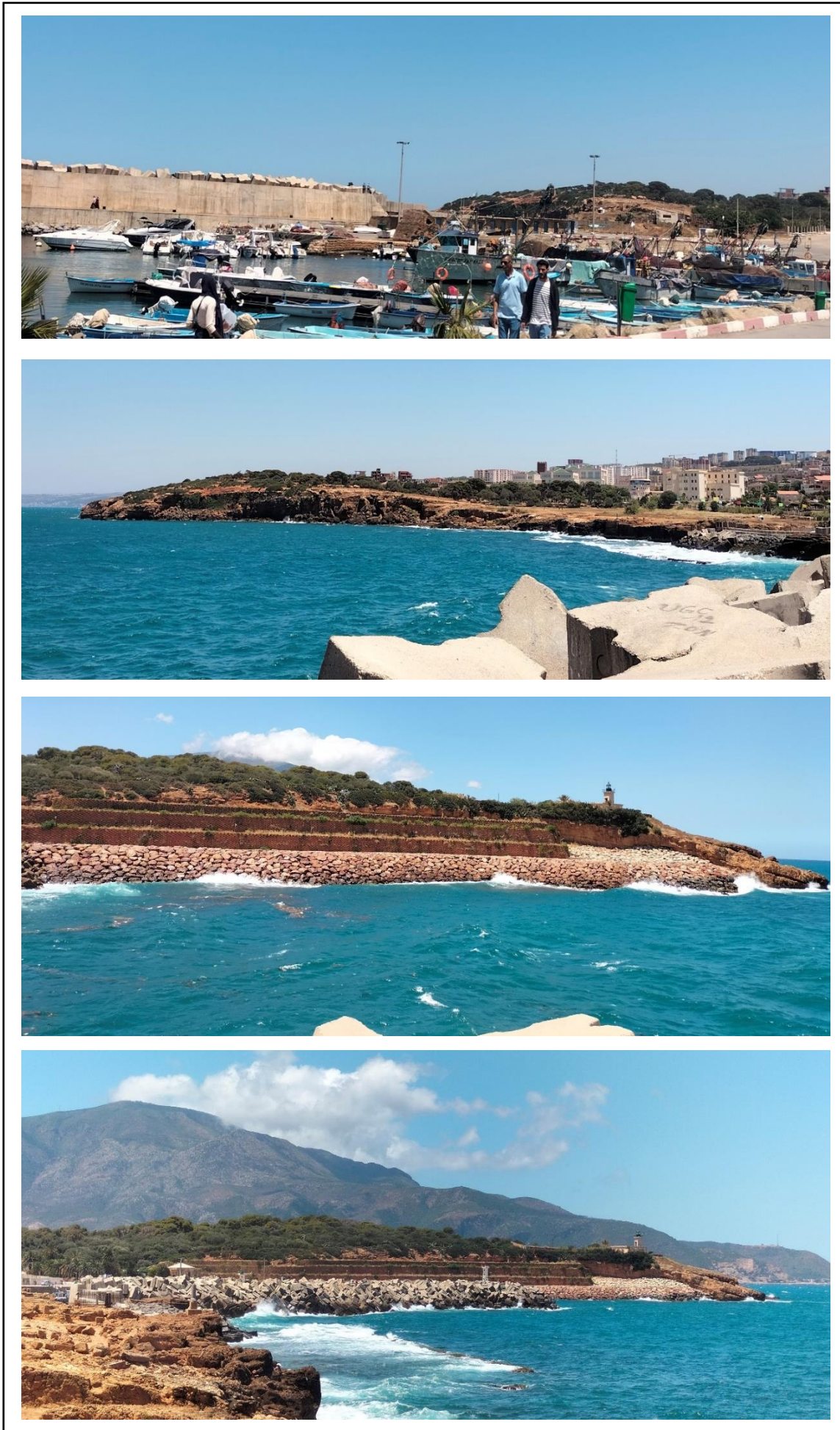


Figure 85 : L'impact du port sur le site archéologique de Tipaza

**CHAPITRE VI :
VALORISATION DES SITES
ARCHEOLOGIQUES**

6 CHAPITRE VI : VALORISATION DES SITES ARCHEOLOGIQUES

6.1. Introduction :

Les sites archéologiques, témoins précieux de notre riche histoire, représentent non seulement un héritage culturel inestimable, mais constituent également un moteur économique non négligeable dans de nombreuses régions. L'afflux de visiteurs, tant locaux qu'étrangers, génère des retombées financières substantielles qui contribuent au développement touristique local.

Au-delà de la simple vente des billets d'entrée, l'impact économique des sites archéologiques se répercute sur toute une série d'activités connexes. Les dépenses engagées par les visiteurs pour l'hébergement, la restauration, les achats de souvenirs et les visites guidées représentent une manne financière considérable pour les communautés avoisinantes.

Afin d'appréhender pleinement l'importance de cette contribution économique, il est primordial de procéder à une évaluation rigoureuse des différentes sources de revenus générées par les flux de visiteurs. Une telle analyse permettra non seulement de quantifier l'apport financier direct, mais également d'identifier les secteurs d'activités les plus porteurs et d'orienter ainsi les stratégies de développement touristique de manière optimale.

Dans cette perspective, nous proposons ici une estimation détaillée des revenus potentiels liés à la fréquentation d'un site archéologique typique, en prenant en compte les différents postes de dépenses des visiteurs. Les calculs suivants, basés sur les résultats d'un questionnaire que nous avons mené, offrent une illustration concrète de la méthodologie à appliquer pour une évaluation précise.

6.2. Analyse quantitative des revenus touristiques liés aux sites archéologiques de Tipaza :

6.2.1. Nombre de visiteurs pour les sites archéologiques pour l'année 2023 :

Tableau 27 : Nombre de visiteurs pour les sites archéologiques (2023)

| Mois | Grand parc (Ouest) | Saint salsa (Est) | Musée | Mausolée | Etranger |
|--------------|--------------------|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| Janvier | 18335 | 1750 | 120 | 10050 | 650 |
| Février | 5100 | 850 | 107 | 4600 | 260 |
| Mars | 14807 | 940 | 97 | 10600 | 793 |
| Avril | 330 | 60 | 10 | 200 | 50 |
| Mai | 32000 | 2900 | 1300 | 16020 | 230 |
| Juin | 14050 | 2800 | 375 | 8496 | 154 |
| Juillet | 24160 | 4250 | 1000 | 14950 | 240 |
| Aout | 38200 | 1800 | 125 | 22300 | 590 |
| Septembre | 13210 | 150 | 70 | 11350 | 190 |
| Octobre | 20150 | 300 | 1027 | 11000 | 310 |
| Novembre | 19500 | 5925 | 1350 | 11200 | 150 |
| Décembre | 16700 | 4943 | 800 | 12002 | 100 |
| Total | 216542 | 26668 | 6381 | 132768 | 3717 |

6.2.2. Analyse des statistiques de fréquentation et de revenus pour l'année 2023 :

Tableau 28: Analyse des statistiques de fréquentation et de revenus (2023)

| Activités économiques | Nbr de visiteurs en (%) | Nbr de visiteurs | Prix unitaire (DA) | Revenus (DA) |
|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Billets d'entrée | 100 | 386 076 | 65 | 25 094 940 |
| Achat de souvenirs | 35 | 135 127 | 1500 | 231 645 600 |
| Restauration | 65 | 250 949 | 2000 | 501 898 800 |
| Visites guidées | 20 | 77 215 | 14 000 groupes de 05 personnes | 216 202 560 |
| Hébergement | 15 | 57 911 | 7000 (x 02 nuits) | 810 759 600 |
| | | | Total | 1 785 601 500 |

6.2.3. Contribution de chaque secteur aux retombées économiques des visiteurs du site antique :

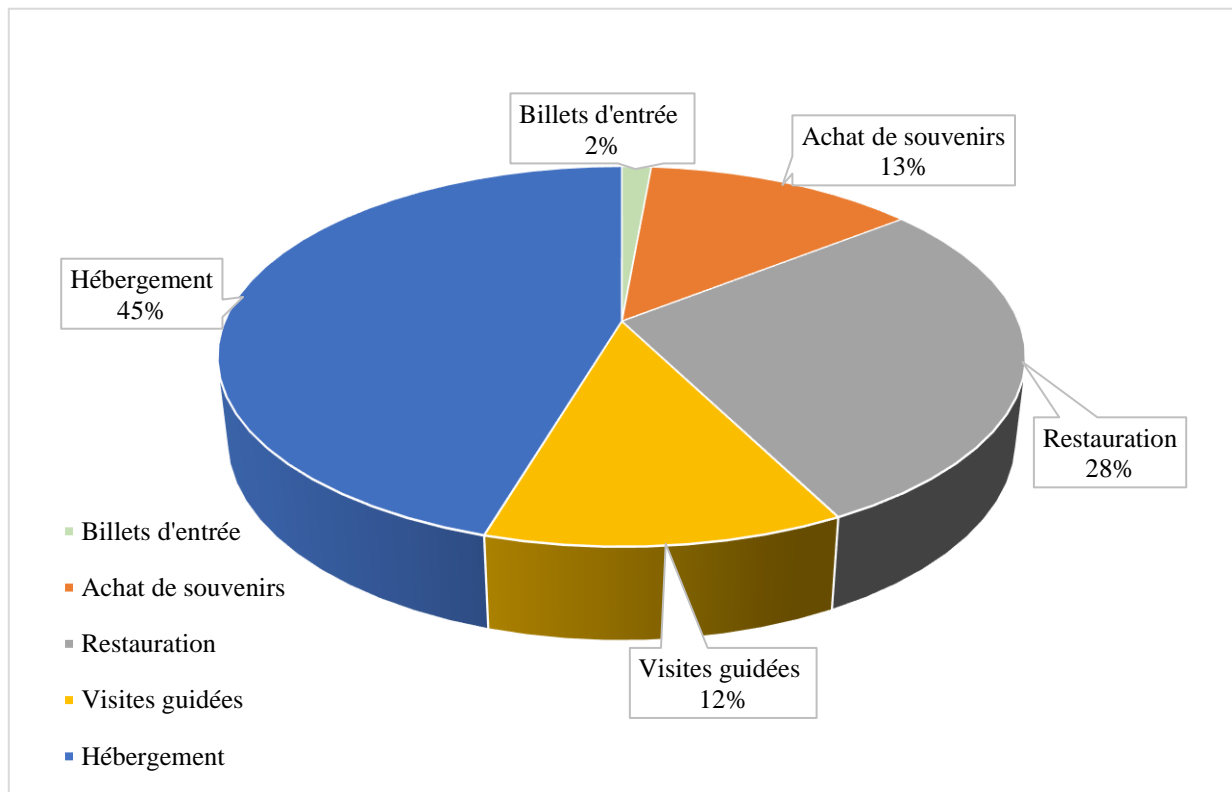


Figure 87 : Contribution de chaque secteur aux retombées économiques des visiteurs du site antique

6.2.4. Discussion :

D'après le graphique en camembert et les calculs fournis :

- Les revenus liés à l'hébergement représentent la part la plus importante, avec **45%** du total. Cela suggère que de nombreux visiteurs séjournent plusieurs nuits dans la région pour avoir le temps de bien visiter le site et ses environs. L'hébergement est donc un poste clé pour capter les retombées économiques du tourisme archéologique.
- En deuxième position vient la restauration, qui représente **28%** des revenus totaux. Cette activité, induite par la présence des visiteurs, contribue de manière significative à l'impact économique global du site.
- Les revenus des boutiques de souvenirs sur le site constituent **13%** des revenus totaux. En proposant des produits dérivés attractifs, le site parvient à mieux valoriser la fréquentation et à augmenter ses recettes globales.
- Les visites guidées représentent **12%** des revenus totaux. Cette activité enrichit l'expérience des visiteurs et montre l'importance d'offrir des services éducatifs et interactifs pour maximiser les recettes.

- Les billets d'entrée sur le site archéologique ne représentent que **2%** des recettes globales. Cela démontre que les revenus indirects (hébergement, restauration, boutiques de souvenirs, visites guidées) dépassent largement les simples droits d'accès au site.

En résumé, même si l'attraction principale est le site archéologique lui-même, la majorité des retombées économiques provient des activités périphériques telles que l'hébergement, la restauration, les boutiques et les visites guidées. Une gestion touristique coordonnée est donc essentielle pour optimiser ces revenus indirects mais vitaux, garantissant ainsi la durabilité et la prospérité du site archéologique et de la région environnante.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les sites archéologiques sont des témoins précieux de l'histoire de l'humanité, révélant les traces des civilisations antiques et l'évolution de nos sociétés à travers les âges. Inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO, ces lieux emblématiques représentent un héritage culturel d'une valeur inestimable qu'il est impératif de préserver pour les générations futures. Ces ruines antiques de Tipaza en Algérie, joyau architectural et historique de la Méditerranée, illustrent l'importance cruciale de sauvegarder ces trésors archéologiques. C'est un devoir moral et une responsabilité collective de protéger ce riche patrimoine face aux multiples menaces qui pèsent sur lui, afin de transmettre aux générations à venir ce legs unique du passé (Mondial, s. d.).

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, trois analyses approfondies ont été réalisées afin d'évaluer l'état actuel du site de Tipaza et les menaces pesant sur sa préservation :

- Premièrement, une étude diachronique sur 64 ans a permis de constater un recul alarmant de 100% de la ligne de rivage le long de cette période, mettant en évidence les effets dévastateurs de l'érosion côtière.
- Deuxièmement, l'examen de l'évolution chronologique de l'urbanisation dans les environs du site sur 17 ans a révélé une expansion urbaine massive aux abords mêmes des ruines antiques, résultat d'une pression anthropique croissante.
- Enfin, une analyse de la valorisation touristique et les retombées économiques générées par les visiteurs a permis de souligner le potentiel économique du site, mais également les défis à relever pour concilier développement et préservation.

Un aspect supplémentaire aurait pu utilement compléter cette étude approfondie sur les menaces pesant sur le site de Tipaza, intitulée : L'analyse de scénarios de submersion marine et de leurs impacts potentiels sur la zone côtière abritant les ruines, aurait apporté un éclairage précieux.

En effet, le risque de montée des eaux représente un danger grandissant pour la préservation du patrimoine côtier, exacerbé par les changements climatiques en cours. Modéliser les effets d'une élévation du niveau de la mer sur cette région littorale chargée d'histoire aurait permis d'anticiper d'éventuelles dégradations et d'envisager des mesures préventives adéquates. Malheureusement, les contraintes temporelles liées à ce projet de fin d'études n'ont pas permis d'intégrer cette analyse complémentaire pourtant pertinente.

Les nouvelles méthodes d'archéologie géophysique, notamment les prospections électriques et marines, ouvrent des perspectives prometteuses pour enrichir notre connaissance du patrimoine archéologique de Tipaza. Ces techniques non invasives, telles que la tomographie de résistivité électrique et la télédétection sous-marine, permettent de détecter avec précision des structures enfouies et des vestiges submergés, élargissant considérablement le champ des découvertes potentielles.

Des travaux pionniers menés dans la région voisine de Cherchell et à Gouraya ont déjà démontré l'efficacité remarquable de ces approches pour localiser et inventorier des sites archéologiques sous-marins jusqu'alors inconnus. L'application de ces méthodes innovantes à Tipaza pourrait révéler des aspects inédits de l'ancienne cité romaine, tant sur terre que sous l'eau, contribuant ainsi à une compréhension plus approfondie et à une préservation plus efficace de ce site inscrit au patrimoine mondial.

Dans le contexte algérien, où les ressources allouées à l'archéologie sous-marine sont limitées, ces technologies modernes s'avèrent particulièrement précieuses, offrant une alternative économique et non destructive aux méthodes traditionnelles d'exploration archéologique.

Il convient de souligner que, malgré les contraintes temporelles ayant empêché l'inclusion d'une analyse des scénarios de submersion, les objectifs majeurs fixés pour ce projet de fin d'études ont été pleinement atteints. Les différentes études menées, qu'il s'agisse de l'évolution de la ligne de rivage, de l'urbanisation autour du site ou encore de la valorisation touristique, ont fourni des résultats probants et des données analysées en profondeur. Ce travail a permis de dresser un état des lieux complet et d'identifier les principales menaces pesant sur la pérennité des ruines antiques de Tipaza.

Pour assurer la pérennité de ce site archéologique, il est essentiel de mettre en œuvre un ensemble cohérent de mesures de protection :

Tout d'abord, un renforcement du cadre légal et réglementaire doit être opéré afin d'interdire formellement toute nouvelle construction ou activité susceptible de nuire à l'intégrité des ruines antiques. En parallèle, l'élaboration d'un plan de gestion des risques naturels, notamment contre l'érosion côtière, s'impose pour stabiliser les sols et prévenir des dégradations irréversibles avec la mise en place d'un programme rigoureux de surveillance et d'entretien régulier par des experts en conservation s'avère également indispensable.

Enfin, le développement d'un tourisme culturel durable, générateur de revenus réinvestis dans la préservation du site, couplé à des campagnes de sensibilisation auprès des populations locales et des visiteurs, permettra en faire un bien patrimonial apprécié et respecté de tous. Seule une stratégie pérenne et globale, alliant réglementation, gestion des risques, entretien sur le long terme et implication des parties prenantes, garantira la transmission aux générations futures de ce legs architectural et historique unique.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

2Poster_Brux2015_Coastal_NOURIMyriem.pdf. (2015). Site [en ligne] [consulté le 20/02/2024] disponible sur le site web : https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/197580/1/2Poster_Brux2015_Coastal_NOURIMyriem.pdf

Abdelli, H., Sebki, M. N., & Dir. Nessark, N. (2016). Pour la revalorisation des sites archéologiques de Tipasa [Université Mouloud Mammeri]. <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/15539>

Adem, A. A. (2014). Evaluation et gestion de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau des côtières et des écosystèmes dépendants [USTHB]. Site [en ligne] [consulté le 15/02/2024] disponible sur le site web : <https://www.ccdz.cerist.dz/admin/notice.php?id=00000000000000699204000104>

African heritage sites threatened as sea-level rise accelerates | Nature Climate Change. (2022). Site [en ligne] [consulté le 5/02/2024] disponible sur le site web : <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01280-1>

Amarouche, K., Akpınar, A., Çakmak, R. E., Houma, F., & Bachari, N. E. I. (2020). Assessment of storm events along the Algiers coast and their potential impacts. *Ocean Engineering*, 210, 107432. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107432>

Aouissi, B. K., & Madani, S. (2016). Conservation et mise en valeur des ruines romaines à Tipasa par intégration urbaine. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30682.70082>

AR6 Synthesis Report : Climate Change 2023 — IPCC. (2023). Site [en ligne] [consulté le 22/02/2024] disponible sur le site web : <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

A.S. Moulla, A. Guendouz, M. Belaidi, H. Maamar, & S.Ouarezki. (2013). Hydrogeochemical and Isotopic Assessment of Seawater Intrusion into wadi Nador Alluvial Aquifer in the Western Algerian Coastal Area Tipaza Algeria (2).pdf.

Ayadi, A., Laouici, D., & Idjeraoui, F. (1992a). Étude du site archéologique romain de Tipasa par la méthode électrique. *Revue d'Archéométrie*, 16(1), P.13-P.19. <https://doi.org/10.3406/arsci.1992.888>

Ayadi, A., Laouici, D., & Idjeraoui, F. (1992b). Étude du site archéologique romain de Tipasa par la méthode électrique—Persée. Site [en ligne] [consulté le 14/03/2024] disponible sur le site web : https://www.persee.fr/doc/arsci_0399-1237_1992_num_16_1_888

Bacet, J.-M. (2002). Le droit de l'urbanisme littoral. <https://www.eyrolles.com/Entreprise/Livre/le-droit-de-l-urbanisme-littoral-9782868477224/>

Baños, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Gil, C., Alcayde, A., & Gómez, J. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), P.1753-P.1766. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.008>

Batayneh, A. T. (2011). Archaeogeophysics—archaeological prospection – A mini review. *Journal of King Saud University - Science*, 23(1), P.83-P.89. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2010.06.011>

BeachSearcher.com. Site [en ligne] [consulté le 20/02/2024] disponible sur le site web : <https://beachsearcher.com/fr/algeria/tipaza>

Bécet. (2002). Bécet Jean-Marie—Le Droit de l'urbanisme littoral. Site [en ligne] [consulté le 17/03/2024] disponible sur le site web : <https://pur-editions.fr/product/1200/le-droit-de-l-urbanisme-littoral>

Bechkit, M. A., Pezard, P. A., & Chabour, N. (2022). Evolution of the fresh to salt water interface from electrical sounding near Oued Nador, Tipaza (North Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 15(20), P.1607. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10905-w>

- Benmeddah Khadidja. (2018).** Etablissement de carte de ressources en eaux souterraines de la willaya de Tipaza.pdf.
- Benmessaoud, S., & Khiari, A. (2019).** Centre d'interprétation d'archéologie et du patrimoine à Tipaza [Université Mouloud Mammeri]. Site [en ligne] [consulté le 06/04/2024] disponible sur le site web : <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/10675>
- Benzaid, N. (2018).** MONOGRAPHIE WILAYA DE TIPAZA. Rapport d'activité. Document publié 2018. Tipaza.
- Berkani, M., & Merzougui Salem, W. (2021).** Etude et valorisation des terres perdues par la submersion marine dans la région Ouest d'Alger. Mémoire d'ingénieur, Gestion et protection du littoral, Alger ENSSMAL.
- Bernatchez, P., Dugas, S., Fraser, C., & Da Silva, L. (2015).** Évaluation économique des impacts potentiels de l'érosion des côtes du Québec maritime dans un contexte de changements climatiques. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4367.0881>
- Bernatchez, P., Jolicoeur, S., & Savard, J.-P. (2016).** Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers (coastal squeeze) du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent (GESL) et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts.
- Beschaouch, A., & Braun, J.-P. (2006).** Rapport de mission conjointe Centre du Patrimoine Mondial – ICOMOS sur le site de TIPASA (Algérie). Rapport d'activité. Document publié Mars 2006.
- Besio, G., Mentaschi, L., & Mazzino, A. (2016).** Wave energy resource assessment in the Mediterranean Sea on the basis of a 35-year hindcast. *Energy*, 94, P.50-P.63. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.044>
- Bouderbala, A. (2019).** The impact of climate change on groundwater resources in coastal aquifers : Case of the alluvial aquifer of Mitidja in Algeria. *Environmental Earth Sciences*, 78(24), P.698. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8702-5>
- Bouderbala, A., Remini, B., Hamoudi, A. S., Bouderbala, A., Remini, B., & Hamoudi, A. S. (2016).** Geoelectrical investigation of saline water intrusion into freshwater aquifers : A case study of Nador coastal aquifer, Tipaza, Algeria. *Geofísica Internacional*, 55(4), P.239-P.253. <https://doi.org/10.19155/geofint.2016.055.4.2>
- Bouderbala. (2015).** Contribution des méthodes hydrodynamiques et géophysiques à l'acquisition de la minéralisation dans les zones côtières cas de la nappe alluviale de l'oued Nador – Tipaza (Algérie). Thèse de doctorat, Hydrolique, Chlef université Hassiba Ben Bouali.
- Boughedir, S. (2015).** Case study : Disaster risk management and climate change adaptation in Greater Algiers: overview on a study assessing urban vulnerabilities to disaster risk and proposing measures for adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 13, P.103-P.108. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.001>
- Boughilas, M., & Belfoul, S. (2017).** Mettre en valeurs les deux parcs archéologiques de Tipasa [Université Mouloud Mammeri]. Site [en ligne] [consulté le 23/05/2024] disponible sur le site web : <https://dspace.ummtto.dz/handle/ummtto/4749>
- Bouguerra, S.-A., & Bouanani, A. (2019).** Analyse saisonnière et interannuelle de la dynamique des flux en suspension dans le bassin versant de l'oued Boukiou (nord-ouest de l'Algérie). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 25(2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.13189>
- Boukhennaf, A., & Mezouar, K. (2023).** Long and short-term evolution of the Algerian coastline using remote sensing and GIS technology. *Regional Studies in Marine Science*, 61, 102893. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102893>

- Bounoua et Kaci. (2017).** Etude des écosystèmes dunaires algérois : Étude comparative entre les deux ensembles dunaires du Mazafran et d'El Kadous. Mémoire d'ingénieur, Gestion et protection du littoral, Alger ENSSMAL.
- Caballero, F. J., Viñals, M. J., & Tormo, S. (2020).** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIV-M-1-2020, 659-666. HERITAGE2020 (3DPast | RISK-Terra) International Conference on Vernacular Architecture in World Heritage Sites. Risks and New Technologies (Volume XLIV-M-1-2020) - 9–12 September 2020, Valencia, Spain. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-659-2020>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Péan, C. (2023).** IPCC, 2023 : Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Cazenave, A. (2013).** Hausse du niveau de la mer et impacts côtiers. La lettre du Collège de France, 37, Article 37. <https://doi.org/10.4000/lettre-cdf.1509>
- Cera, V. (2017).** Knowledge and valorization of historical sites through low-cost, gaming sensors and H-BIM models. The case study of Liternum. 28.2, P.497-P.506. Livre.
- Chaboud, C. (2019).** Ruines romaines de Tipaza : À la découverte des décors pittoresques algériens. GenerationVoyage. Site [en ligne] [consulté le 28/05/2024] disponible sur le site web : <https://generationvoyage.fr/decouvrir-ruines-romaines-tipaza-algerie/>
- Chaib, W., Guerfi, M., & Hemdane, Y. (2019).** Evaluation of Coastal Vulnerability and Exposure to the Risk of Erosion and Submersion in the Coasts of Bou Ismail Bay. In H. M. El-Askary, S. Lee, E. Heggy, & B. Pradhan (Éds.), *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications* (p. 339-342). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7_75
- Chang, K. (2019).** Geographic Information System. In D. Richardson, N. Castree, M. F. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu, & R. A. Marston (Éds.), *International Encyclopedia of Geography* (1^{re} éd., p. 1-10). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0152.pub2>
- Chennaoui, Y., Boularouah, T. Y., & Bouaza, R. (2010).** PPMVSA-Tipasa. Rapport d'activité. Document publié 2010. Tipaza.
- Création du port de Tipaza. (2023).** Tipaza. Site [en ligne] [consulté le 02/06/2024] disponible sur le site web : https://tipaza.typepad.fr/mon_weblog/2012/02/cr%C3%A9ation-du-port-de-tipaza.html
- Dahmani, A. el alim, Mezouar, K., Salem Cherif, Y., & Sallaye, M. (2021).** Coastal processes and nearshore hydrodynamics under high contrast wave exposure, Bateau-cassé and Stamboul coasts, Algiers Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 250, 107169. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107169>
- Dalila, B. (2022).** The cliff templs of Tipasensis: Study on it's state conservation. Thèse de doctorat. Tipaza centre universitaire Morsli Abdallah.
- Davi, H., Soudani, K., Deckx, T., Dufrene, E., Dantec, V. L., & François, C. (2006).** Estimation of forest leaf area index from SPOT imagery using NDVI distribution over forest stands. *International Journal of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1080/01431160500227896>

Debit Oued nadour Tipaza—Traduction française – Linguee. (2022). Linguee.fr. Consulté 30 mars 2024, à l'adresse. Site [en ligne] [consulté le 15/06/2024] disponible sur le site web : <https://www.linguee.fr/francais-anglais/search?source=auto&query=debit+oued+nadour+tipaza>

Délimitation de la zone d'étude de Tipaza. (2016). Rapport d'activité. Document publié 2016. Tipaza.

Derghoum. (2023). Modèle numérique de la carte topographique de Tebessa au 1/25000 ème. Mémoire de master. Géologie de l'ingénieur et géotechnique. Tbesa université Echahid Cheikh Larbi Tbessi.

Dubois, J.-M. M. (2000). Pinot, Jean-Pierre, (1998.) La gestion du littoral. Institut Océanographique, Paris, 2 tomes., 759 p., 420 fig., 1 tabl., 17,5 x 24,5 cm, 400,00 FF. ISBN 2-903581-20-7 (tome 1), ISBN 2-903581-21-5 (tome 2). Géographie physique et Quaternaire, 54(1), 127. <https://doi.org/10.7202/004809ar>

Elshayal Smart GIS. LO4D.Com. Site [en ligne] [consulté le 20/05/2024] disponible sur le site web : <https://elshayal-smart.en.lo4d.com/windows>

Ettarid, M., Hadfat, H., Zaza, A., & Khaldi, A. (2018). QUALITE DES MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN.

Etude d'aménagement du littoral de la wilaya de Tipaza. (2016). Rapport d'activité. Document publié 2016. Tipaza.

Etude d'évaluation du secteur de l'eau en Algérie (Etude d'évaluation du secteur de l'eau en Algérie). (2016). Rapport d'activité. Document publié 2016. Tipaza.

Farida, L. (2019). La gestion intégrée des zones côtières, quelle perspective pour la protection de l'environnement.

Flooding vulnerability in Algiers (Algeria). (2023). An Analytic Hierarchy Process. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2648607/v1>

Gouguet, L. (2018). Guide de gestion des dunes et des plages associées. 1-224. Rapport d'activité. Document publié 2018. France.

Hallouche, O., Kadir, S., Berkane, R., & Bouklachi, M. (2023). Impact of Releases from the Kef Eddir Dam on the Recharge of the Oued Damous Aquifer. *GeoScience Engineering*, 69(1), 1-10. <https://doi.org/10.35180/gse-2023-0084>

Hamon, K. (2014). Étude de la morphodynamique et du profil d'équilibre d'une plage de poche macrotidale.

Haouchine, A., Haouchine, F. Z., & Labadi, A. (2015). Changements climatiques et activités anthropiques : Impacts sur les aquifères côtiers en Algérie. *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680 / E-ISSN 2521-9782, 24, Article 24.

Hattab. (2001). Etude de la conception d'un évacuateur de crue sur oued Nador. Mémoire d'ingénieur. Hydraulique. Alger ENP.

Hemdane, Y., Bouhmadouche, M., & Atroune, F. (2023). Identification des zones côtières à fort potentiel en énergie marine renouvelable (vagues/houles) à travers l'étude de la morphologie côtière et sous-marine et hydrodynamique. *Journal of Renewable Energies*, 19(4). <https://doi.org/10.54966/jreen.v19i4.593>

Joussaume, S. (2011). 1. Le climat : Un thème de recherche pluridisciplinaire. In C. Jeandel & R. Mosseri (Éds.), *Le climat à découvert* (p. 19-21). CNRS Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.editionsenrs.11322>

Kacemi, M. (2013). Protection et valorisation du littoral en Algérie : Législation et instruments : Le cas des communes littorales d'Oran. *Études caribéennes*, 20, Article 20. <https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes.5959>

- Kaddour, S., Hemdane, Y., Kessali, N., Belabdi, K., & Sallaye, M. (2022).** Study of Shoreline Changes Through Digital Shoreline Analysis System and Wave Modeling : Case of the Sandy Coast of Bou-Ismaïl Bay, Algeria. *Ocean Science Journal*, 57(3), 493-527. <https://doi.org/10.1007/s12601-022-00083-x>
- Khettab, S. (2019).** Le sens du lieu dans la gestion du paysage urbain : Cas de Tipaza. [Phdthesis, EPAU]. Site [en ligne] [consulté le 24/03/2024] disponible sur le site web : <https://theses.hal.science/tel-02447098>
- Lamarque, P., & Jourdain, S. (1994).** Élaboration de longues séries climatologiques homogènes pour l'étude de l'évolution climatique. *La Météorologie*, 8(7), 61. <https://doi.org/10.4267/2042/53443>
- Linford, N. (2006).** The application of geophysical methods to archaeological prospection. *Reports on Progress in Physics*, 69(7), 2205. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/69/7/R04>
- Louadj, B., & Berrouba, H. (2017).** Le développement de l'activité d'agrotourisme dans la ville de Tipaza. Mémoire de master. Agronomie. Tipaza université Saad Dahlab 1.
- M. Bouchala. (2020).** Fluctuation du niveau piézométrique du système aquifère de la plaine de l'Oued Nador (Tipaza) dans un contexte de changement climatique. Mémoire de master. Hydrogéologie. Tizi Ouzou Université Mouloud Mammeri.
- Manataki, M., Vafidis, A., & Sarris, A. (2021).** GPR Data Interpretation Approaches in Archaeological Prospection. *Applied Sciences*, 11(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/app11167531>
- Mellouk, & Regba. (2016).** Pour l'articulation et la redynamisation du port historique de Tipaza. Mémoire de master. Architecture. Tizi Ouzou université Mouloud Mammeri.
- Menad. (2017_2018).** Système d'Information Géographique (cours et travaux pratiques). Mémoire de master. Hydraulique urbaine. Chlef université Hassiba Ben Bouali.
- Mezhoud, A., Aoudj, C., & Houma-Bachari, F. (2017).** Evaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Béjaïa, Algérie.
- UNESCO Centre du patrimoine mondial.** Site [en ligne] [consulté le 13/06/2024] disponible sur le site web : <https://whc.unesco.org/fr/list/193/>
- NECHENACHE. (2015).** Etude géomorpho-sédimentaire de la zone côtière du Parc National de TAZA (wilaya de Jijel). Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger ENSSMAL.
- Nouri, M., & Ozer, A. (2014).** Le tissu urbain face aux risques naturels : Cas de la baie de Tipaza-Algérie. *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 38(1). Site [en ligne] [consulté le 11/05/2024] disponible sur le site web : <https://orbi.uliege.be/handle/2268/182994>
- Otmani. (2020).** Etude et évaluation de la vulnérabilité des systèmes côtiers dans la région algéroise. Thèse de doctorat. Aménagement du littoral. Alger ENSSMAL.
- Otmani. (2014).** Impact des infrastructures maritimes sur le littoral [ENSSMAL]. Magistère. Aménagement du littoral. Alger ENSSMAL.
- Otmani, H., Belkessa, R., Bengoufa, S., Boukhediche, W., Djerrai, N., & Abbad, K. (2020).** Assessment of shoreline dynamics on the Eastern Coast of Algiers (Algeria): A spatiotemporal analysis using in situ measurements and geospatial tools. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(3), 124. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5069-6>
- Oued Nador Tipaza—Traduction anglaise – Linguee. (2019).** Linguee.fr. Site [en ligne] [consulté le 30/03/2024] disponible sur le site web : <https://www.linguee.fr/francais-anglais/search?source=auto&query=oued+nador+tipaza>

- Ouédraogo, M. M., Degré, A., & Debouche, C. (2014).** Synthèse bibliographique : Le modèle numérique de terrain de haute résolution, ses erreurs et leur propagation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*
- Panda, D. K., & Das, S. (2021).** Smart grid architecture model for control, optimization and data analytics of future power networks with more renewable energy. *Journal of Cleaner Production*, 301, 126877. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126877>
- Pascal Bernatchez, Geneviève Boucher-Brossard, Maude Corriveau, & Yvon Jolivet. (2014, mai).** Impacts des changements climatiques sur les falaises de l'estuaire maritime et du golfe du Saint. Rapport d'activité. Document publié 2014. Québec (UQAR).
- Paskoff, R. (2010).** 4. Les dunes littorales. In *Les littoraux: Vol. 3e éd. (P.77-P.99)*. Armand Colin. Livre.
- Paul, H. (2008).** Adaptation aux changements climatiques et risques naturels . Site [en ligne] [consulté le 02/06/2024] disponible sur le site web : <https://afpcnt.org/wp-content/uploads/sites/6/2013/11/compte-rendu-du-6-f%C3%A9vrier-final2.pdf#page=73>
- Peucker. (1978).** The Triangular Irregular Network. *Proc. of the Digital Terrain Models (DTM) Symposium, American Society of Photogrammetry*, P.516-P.540. Site [en ligne] [consulté le 30/04/2024] disponible sur le site web : <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573668924367711360>
- Portail national de signalement des thèses.** Site [en ligne] [consulté le 19/02/2024] disponible sur le site web : <https://www.pnst.cerist.dz/detail.php?id=885533>
- Raphel Colmet-Daage, Malet Nathalie, & Dufresne Christiane. (2019, avril).** Changement climatique et données météorologiques infra-régionales en méditerranée occidentale.
- Rohli, R. V., Vega, A. J., & Vega, A. J. (2018).** *Climatology (Fourth edition)*. Jones & Bartlett Learning.
- Sahnoune, F., Belhamel, M., Zelmat, M., & Kerbachi, R. (2013).** Climate Change in Algeria : Vulnerability and Strategy of Mitigation and Adaptation. *Energy Procedia*, 36, 1286-1294. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.145>
- Salauddin, Md., Hossain, K. T., Tanim, I. A., Kabir, Md. A., & Saddam, M. H. (2018).** Modeling Spatio-Temporal Shoreline Shifting of a Coastal Island in Bangladesh Using Geospatial Techniques and DSAS Extension. *Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series*, 18(1), 1-13. <https://doi.org/10.2478/avutgs-2018-0001>
- Salem Cherif, Y., Mezouar, K., Guerfi, M., Sallaye, M., & Dahmani, A. E. A. (2019).** Nearshore hydrodynamics and sediment transport processes along the sandy coast of Boumerdes, Algeria. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(24), 800. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4981-0>
- Saoudi Ahmed Abdelmodjib. (2021).** Dégradation spécifique de bassin versant semi-aride cas de l'oued El-hachem.pdf.
- Sharma, P., Said, Z., Kumar, A., Nižetić, S., Pandey, A., Hoang, A. T., Huang, Z., Afzal, A., Li, C., Le, A. T., Nguyen, X. P., & Tran, V. D. (2022).** Recent Advances in Machine Learning Research for Nanofluid-Based Heat Transfer in Renewable Energy System. *Energy & Fuels*, 36(13), 6626-6658. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.2c01006>
- Smart GIS Map Editor and GPS Tracking 2020. Download.Com.** Site [en ligne] [consulté le 06/03/2024] disponible sur le site web : https://download.cnet.com/smart-gis-map-editor-and-gps-tracking-2020/3000-20422_4-10922171.html

Sow, S. A. (2020). Géomorphologie Dynamique : Analyse Systémique De La Morphodynamique Hydrique Continentale Par Ravinement. *European Scientific Journal ESJ*, 16(15). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n15p78>

Sui, C.-H., Li, X., & Yang, M.-J. (2007). On the Definition of Precipitation Efficiency. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 64(12), 4506-4513. <https://doi.org/10.1175/2007JAS2332.1>

Bilan diagnostic et état des lieux (2016). Rapport d'activité. Document publié 2016. Tipaza.

Etude de l'aménagement du littoral de la wilaya de Tipaza (2016). Rapport d'activité. Document publié 2016. Tipaza.

Thior, M., Sane, T., Sy, O., Descroix, L., Ba, B. D., Solly, B., & Mendy, V. (2019). Analyse Spatiale de l'évolution du Trait de Côte Autour de l'embouchure du Fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à Partir de l'outil DSAS. *European Scientific Journal ESJ*, 15(9). <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p106>

UICN RappoRt annuel. (2012). Rapport d'activité. Document publié 2012. Suisse.

Valette, L. (1992). Convention européenne pour la protection du patrimoine archéologique (révisée).

Vousdoukas, M. I., Clarke, J., Ranasinghe, R., Reimann, L., Khalaf, N., Duong, T. M., Ouweneel, B., Sabour, S., Iles, C. E., Trisos, C. H., Feyen, L., Mentaschi, L., & Simpson, N. P. (2022). African heritage sites threatened as sea-level rise accelerates. *Nature Climate Change*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01280->

Westley, K., Nikolaus, J., Emrage, A., Flemming, N., & Cooper, A. (2023a). The impact of coastal erosion on the archaeology of the Cyrenaican coast of Eastern Libya. *PLOS ONE*, 18(4), e0283703. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283703>

Westley, K., Nikolaus, J., Emrage, A., Flemming, N., & Cooper, A. (2023b). The impact of coastal erosion on the archaeology of the Cyrenaican coast of Eastern Libya. *PLOS ONE*, 18(4), e0283703. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283703>

Wilaya de Tipaza. Site de plages d'Algérie. Site [en ligne] [consulté le 20/02/2024] disponible sur le site web : <http://plagesalgerie.jimdofree.com/les-plages/wilaya-de-tipaza/>

Yang, T., Zhao, L., Li, W., & Zomaya, A. Y. (2020). Reinforcement learning in sustainable energy and electric systems : A survey. *Annual Reviews in Control*, 49, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.03.001>

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 01



Figure 88: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2006

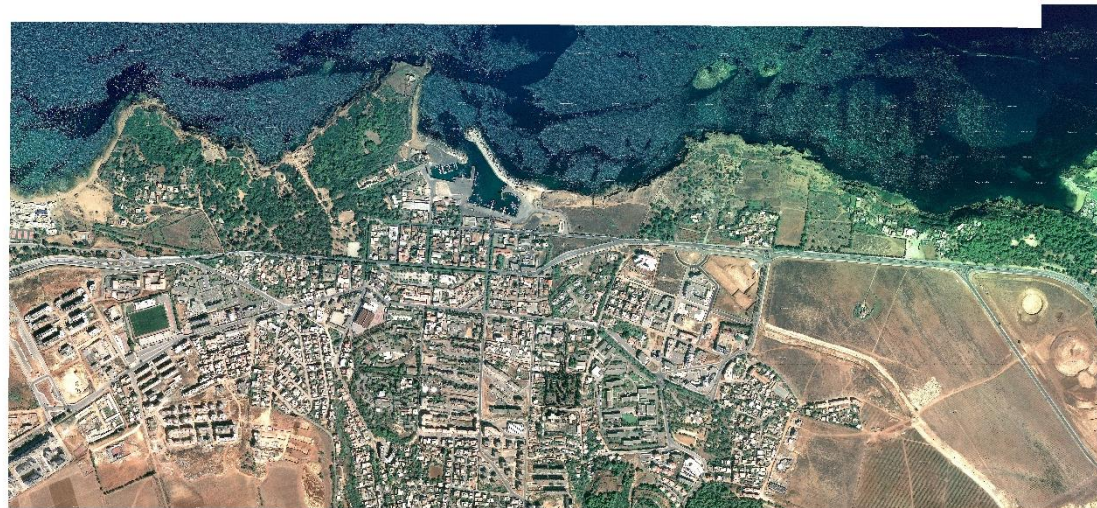


Figure 89: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2009



Figure 90: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2012



Figure 91: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2013



Figure 92: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2015



Figure 93: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2017



Figure 94: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2019



Figure 95: Image satellitaire téléchargée via Smart GIS et Google earth pro 2023

Annexe 02

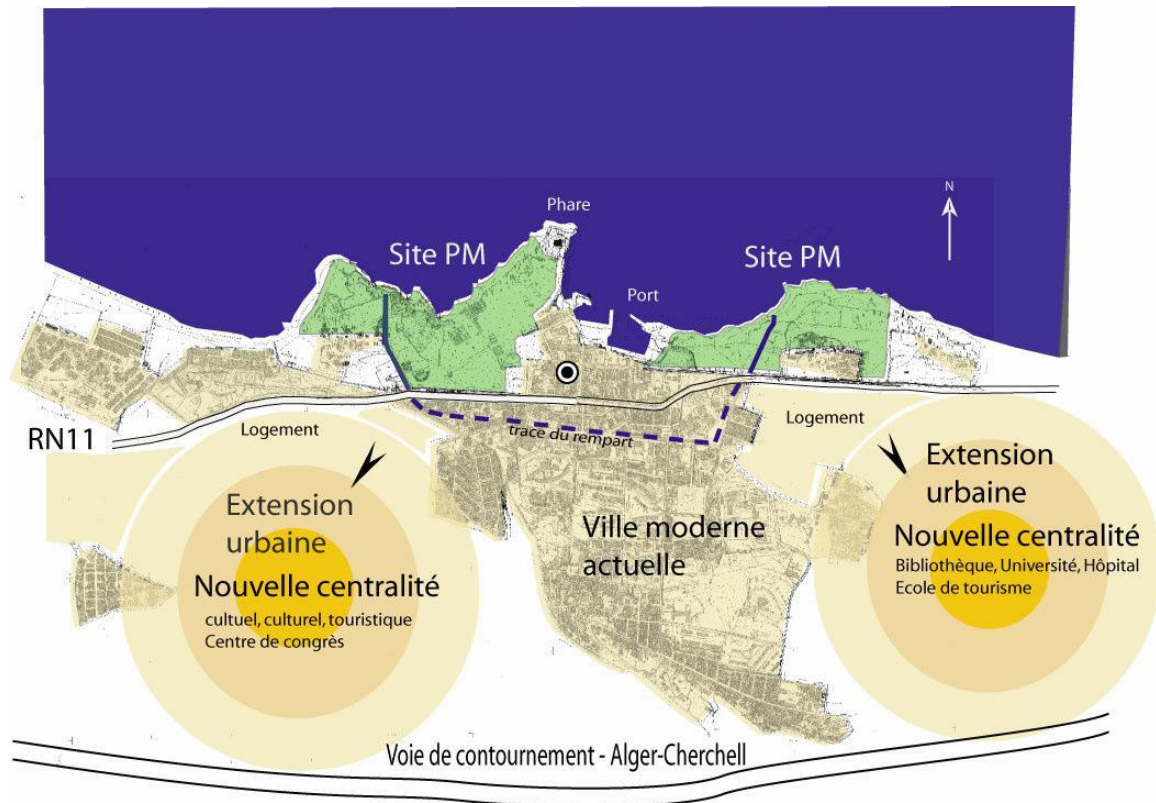


Figure 96: Schéma de développement de la ville de Tipaza dans le cadre de la révision du PDAU

Annexe 03

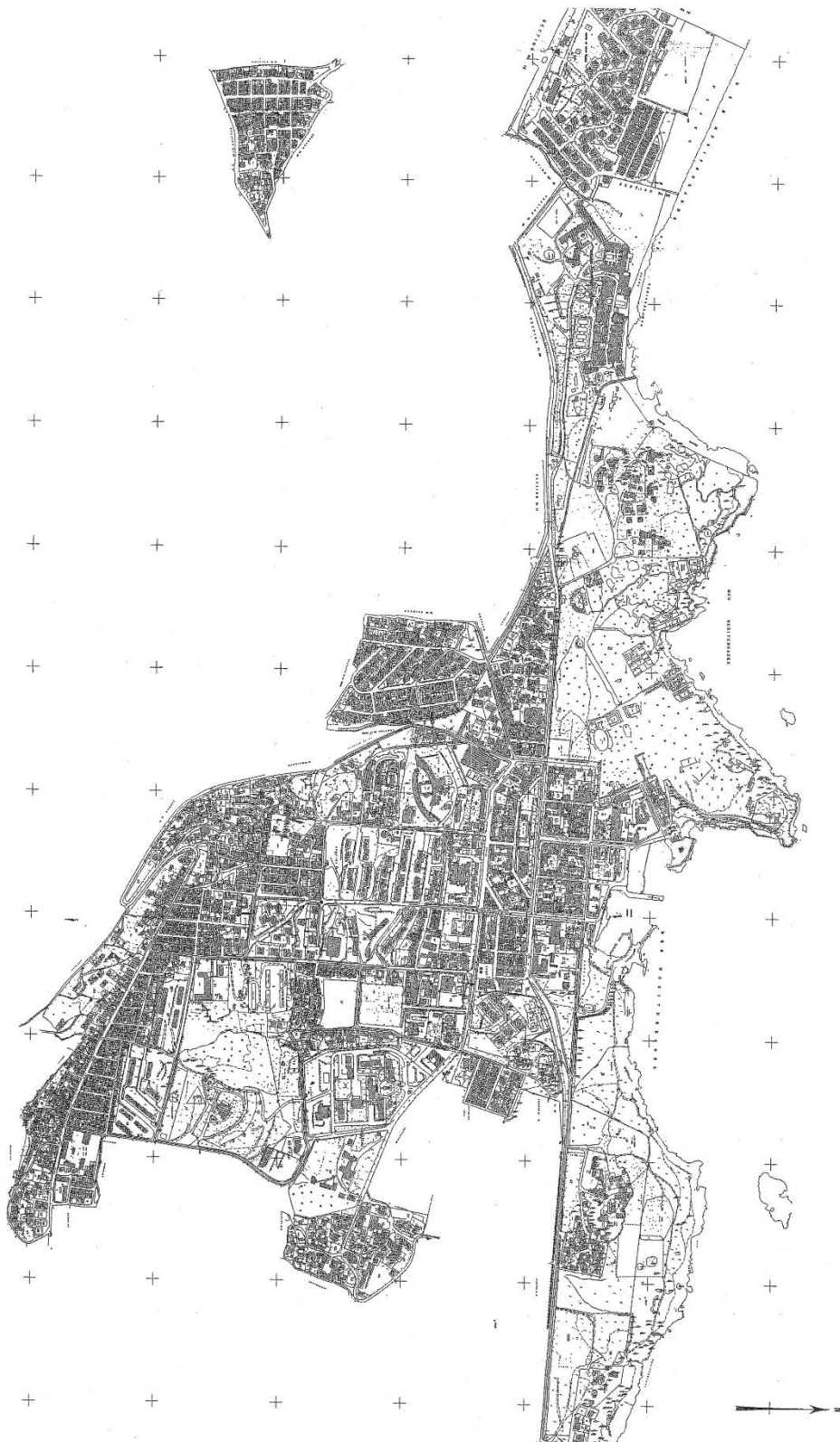


Figure 97: Etat d'avancement du nouveau plan cadastral de la ville de Tipaza au 03/01/2006

Annexe 04

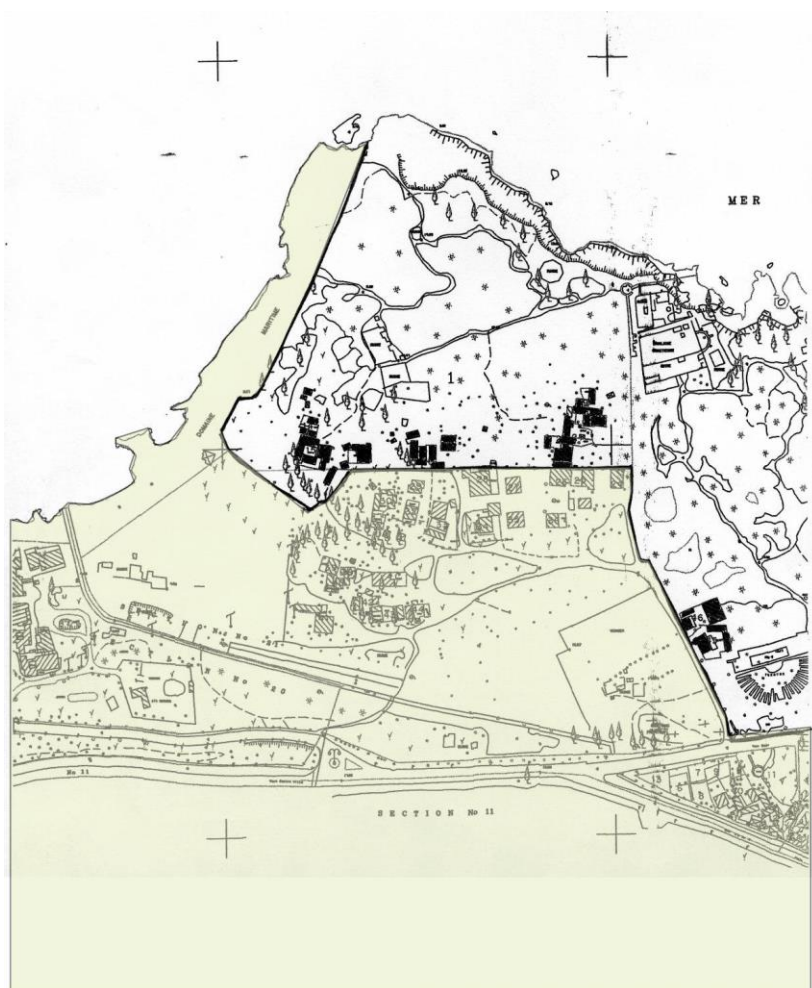


Figure 98: Construction à l'intérieur du périmètre classé secteur Ouest

Annexe 05

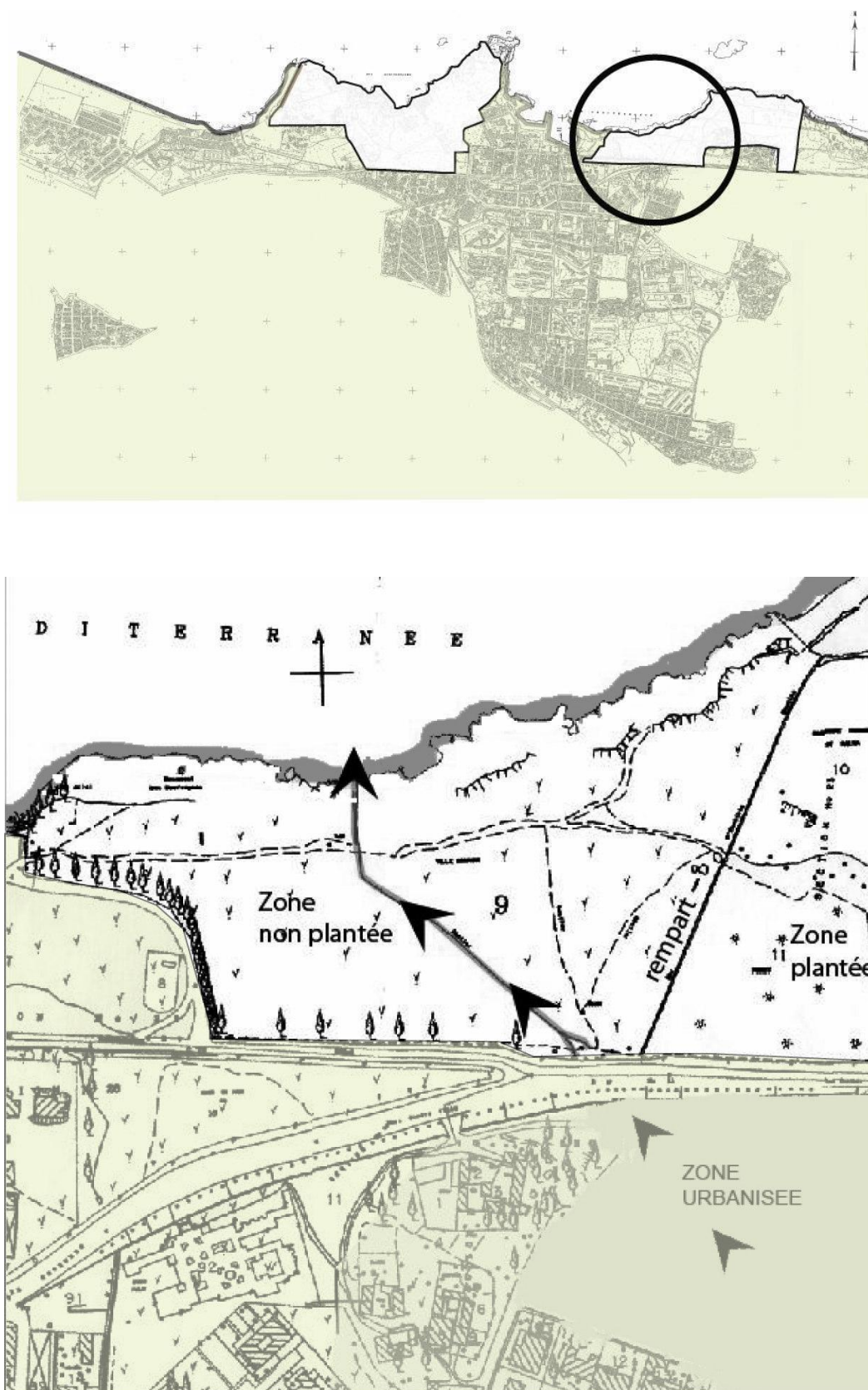


Figure 99: Constructions à l'intérieur du périmètre classé secteur Est

Annexe 06

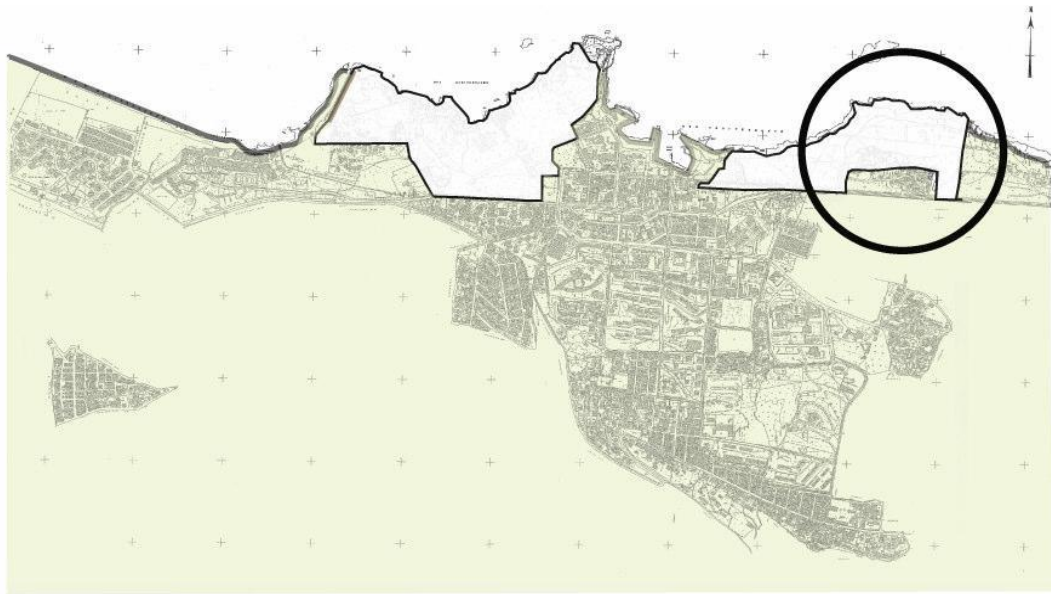


Figure 100: Situation du lit de l'ancien Oued servant d'égout

Annexe 07**Questionnaire :****1) Quel est le principal motif de votre visite sur ce site archéologique ?**

- *Découverte culturelle/historique
- *Loisir/activité touristique
- *Scolaire/éducatif
- *Autre : ...

2) Avez-vous/allez-vous acheter des souvenirs ou produits locaux ?

- *Oui
- *Non

3) Si oui, quel budget approximatif ?

.....

4) Avez-vous eu recours aux services suivants durant votre visite ?

- *Guide touristique
- *Audioguide
- *Visite guidée
- *Aucun

5) Avez-vous séjourné ou comptez-vous séjourner dans un hébergement à proximité ?

- *Oui, une nuitée
- *Oui, plusieurs nuitées
- *Non

6) Quel type d'hébergement avez-vous/allez-vous utiliser ?

- *Hôtel
- *Gîte/location
- *Camping
- *Chez des amis/famille
- *Autre

7) Avez-vous fréquenté ou comptez-vous fréquenter des commerces/restaurants autour du site ?

- *Non
- *Oui, un peu
- *Oui, beaucoup

**8) Quel est votre budget total approximatif pour cette visite (transport, hébergement, restauration, achats...)
?**

- *Moins de 5000 DA
- *Entre 5000 et 100000 DA
- *Entre 100000 et 200000 DA
- *Plus de 200000 DA

9) Cette visite a-t-elle suscité votre intérêt pour d'autres sites/activités touristiques dans la région ?

*Oui, tout à fait

*Oui, un peu

*Non, pas vraiment

10) Envisagez-vous de revenir séjourner dans cette région prochainement ?

*Oui, certainement

*Peut-être

*Non

Annexe 08

Source : Centre culturel de Tipaza

Tableau 29: Statistique musée de Tipasa 2019

| mois | Grand parc | Saint Salsa | Mausolée | Musée |
|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| Janvier | 8491 | 1875 | 396 | 3723 |
| Février | 16771 | 2419 | 435 | 5526 |
| Mars | 17827 | 3522 | 894 | 6349 |
| Avril | 25526 | 2891 | 474 | 7381 |
| Mai | 9269 | 811 | 167 | 3299 |
| Juin | 22909 | 2392 | 544 | 7682 |
| Juillet | 25016 | 1868 | 914 | 9747 |
| Aout | 28219 | 1505 | 1230 | 14908 |
| Septembre | 16479 | 1604 | 613 | 7323 |
| Octobre | 13769 | 1689 | 595 | 3669 |
| Novembre | 10224 | 1442 | 344 | 2423 |
| Décembre | 15715 | 2023 | 469 | 8378 |
| Total | 210215 | 24041 | 7075 | 80408 |

Tableau 30: Statistique musée de Tipasa 2020

| mois | Grand parc | Saint Salsa | Mausolée | Musée |
|--------------|------------|-------------|----------|-------|
| Janvier | 20136 | 2728 | 8723 | 678 |
| Février | 18125 | 3515 | 10999 | 545 |
| Mars | 13843 | 2482 | 5221 | 275 |
| Avril | / | / | / | / |
| Mai | / | / | / | / |
| Juin | / | Covid 19 | | / |
| Juillet | / | / | / | / |
| Aout | / | / | / | / |
| Septembre | 12016 | 2920 | 12901 | 389 |
| Octobre | 14592 | 2808 | 12098 | 366 |
| Novembre | 6153 | 1092 | 10310 | 363 |
| Décembre | 7225 | 1300 | 8254 | 290 |
| Total | | | | |

Tableau 31: Statistique musée de Tipasa 2021

| mois | Grand parc | Saint Salsa | Mausolée | Musée |
|--------------|------------|-------------|----------|-------|
| Janvier | 00 | 00 | 00 | 372 |
| Février | 12873 | 3307 | 10015 | 208 |
| Mars | 10243 | 4345 | 5829 | 159 |
| Avril | 8932 | 2658 | 8010 | 100 |
| Mai | 13482 | 2486 | 7447 | 215 |
| Juin | 30000 | 5650 | 15800 | 1250 |
| Juillet | 16947 | 1801 | 10931 | 463 |
| Aout | 3000 | 300 | 3200 | 50 |
| Septembre | 17500 | 3400 | 18770 | 550 |
| Octobre | 13500 | 550 | 8930 | 250 |
| Novembre | 7750 | 500 | 6713 | 350 |
| Décembre | 16350 | 2850 | 14800 | 632 |
| Total | | | | |

Tableau 32: Statistique musée de Tipasa 2022

| mois | Grand parc | Saint Salsa | Mausolée | Musée |
|--------------|------------|-------------|----------|-------|
| Janvier | 8400 | 1340 | 6832 | 249 |
| Février | 2000 | 1144 | 1750 | 159 |
| Mars | 11543 | 2808 | 10000 | 400 |
| Avril | 1383 | 329 | 2000 | 189 |
| Mai | 18250 | 3220 | 11916 | 280 |
| Juin | 34500 | 5350 | 17729 | 520 |
| Juillet | 18599 | 3804 | 12900 | 129 |
| Aout | 35128 | 1541 | 31128 | 3650 |
| Septembre | 22000 | 3542 | 15212 | 300 |
| Octobre | 10989 | 550 | 8537 | 250 |
| Novembre | 9500 | 1750 | 6763 | 1545 |
| Décembre | 16735 | 2913 | 14801 | 632 |
| Total | | | | |

Annexe 10 : BMC (Business Model Canva)

**BUSINESS MODEL CANVA
(BMC)**

Sommaire

| | |
|--|---------------|
| INTRODUCTION | XVI |
| CHAPITRE 1 : Présentation du Projet | XVII |
| 1. L'idée de projet (solution proposée) : | XVII |
| 2. Les valeurs proposées : | XVII |
| 3. Équipe de travail : | XIX |
| 4. Objectifs du projet : | XXI |
| 5. Les activistes clé : | XXII |
| 6. Calendrier de réalisation du projet : | XXV |
| CHAPITRE 2 : Aspects innovants | XXVI |
| 1. Domaine et nature des innovations : | XXVI |
| CHAPITRE 3 : Analyse stratégique du marché | XXVII |
| 1. Présentation du segment de marché : | XXVII |
| 2. Mesure de l'intensité de concurrence : | XXVIII |
| 3. La stratégie marketing : | XXIX |
| CHAPITRE 4 : Plan de production et organisation | XXX |
| 1. Ressources clés : | XXX |
| 2. Processus de Fabrication | XXXI |
| 3. Restauration : | XXXIII |
| 4. Sources de Revenues : | XXXIII |
| 5. Main d'œuvre : | XXXV |
| 6. Partenaires Clés : | XXXV |
| CHAPITRE 5 : Plan Financier | XXXVII |
| 1. Coûts et charge : | XXXVIII |
| 2. Production envisagée : | XXXIX |
| CHAPITRE 6 : Prototype expérimental | XLI |
| 1. Prototype : | XLI |

INTRODUCTION

Le littoral, interface dynamique entre terre et mer, est un écosystème d'une importance capitale, tant sur le plan écologique qu'économique et social. Sa gestion durable et sa protection face aux défis contemporains, tels que l'urbanisation croissante et le changement climatique, nécessitent une connaissance approfondie et actualisée de ses caractéristiques physiques et de son évolution.

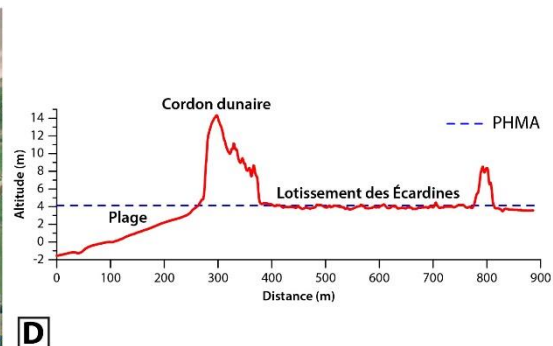


Figure 101: Les menaces sur le littoral

CHAPITRE 1 : Présentation du Projet

1. L'idée de projet (solution proposée) :

CartoBathy émerge comme une solution novatrice pour combler le fossé informationnel existant dans la gestion du littoral algérien. Cette plateforme unique en son genre offre un accès centralisé à des données cartographiques et bathymétriques de haute précision, couvrant les 14 wilayas côtières du pays. Elle se distingue par sa capacité à fournir des informations historiques remontant aux années 2000, permettant ainsi une analyse diachronique inédite de l'évolution du littoral.

CartoBathy s'adresse à un large éventail d'utilisateurs, incluant les chercheurs en océanographie et en sciences de l'environnement, les urbanistes, les décideurs politiques, et les étudiants en géosciences. Cette plateforme offre différentes options d'abonnement adaptées aux besoins spécifiques de chaque catégorie d'utilisateurs.

L'innovation de CartoBathy réside non seulement dans la qualité et l'exhaustivité de ses données, mais aussi dans son approche intégrée de la gestion de l'information côtière. En combinant des données terrestres et marines sur une même plateforme, elle permet une compréhension holistique de l'écosystème littoral, essentielle pour une planification durable.

La mise à jour régulière des données et l'intégration continue de nouvelles sources d'information garantissent la pertinence à long terme de CartoBathy. De plus, la plateforme s'engage dans une démarche de qualité, avec des métadonnées détaillées sur les sources et les méthodes de traitement, assurant ainsi la traçabilité et la fiabilité des informations fournies.

2. Les valeurs proposées :

La plateforme CartoBathY représente une innovation révolutionnaire dans le domaine de la cartographie côtière et de la bathymétrie en Algérie. Elle transforme radicalement l'accès et l'utilisation des données géospatiales marines et côtières, redéfinissant la manière dont les professionnels, chercheurs et décideurs interagissent avec les informations cruciales du littoral algérien. Dans un contexte où la gestion durable des zones côtières est de plus en plus critique, CartoBathY émerge comme un outil indispensable, centralisant des données précises, historiques et actuelles, auparavant dispersées ou difficilement accessibles.

L'aspect innovant de CartoBathY réside dans sa technologie avancée et sa vision holistique de la gestion des données côtières. En offrant une couverture temporelle étendue et une précision inégalée, la plateforme permet des analyses approfondies de l'évolution du littoral, essentielles pour la planification à long terme et la prise de décisions éclairées.

CartoBathY s'impose ainsi comme un outil incontournable pour la compréhension, la protection et le développement durable du littoral algérien, ouvrant de nouvelles perspectives pour la gestion intégrée des écosystèmes côtiers.

Les sections suivantes, nous explorerons en détail ces aspects distinctifs, démontrant comment CartoBathY s'impose comme un outil incontournable pour tous ceux qui s'intéressent à la compréhension, à la protection et au développement durable du littoral algérien :

- **Centralisation et accessibilité des données :**

CartoBathY se positionne comme un guichet unique pour les données cartographiques et bathymétriques des 14 wilayas côtières algériennes. Cette centralisation est une innovation majeure dans le contexte algérien, où ces informations sont souvent dispersées entre différentes institutions ou difficiles d'accès. En regroupant ces données sur une seule plateforme, CartoBathY simplifie considérablement le processus de recherche et d'acquisition pour les chercheurs, les étudiants et les professionnels du secteur.

- **Couverture temporelle étendue :**

La plateforme offre une perspective historique unique en fournissant des données remontant jusqu'aux années 2000. Cette profondeur temporelle permet aux utilisateurs d'analyser l'évolution du littoral algérien sur plus de deux décennies, un atout précieux pour les études environnementales, l'aménagement du territoire et la recherche océanographique. La possibilité de suivre les changements côtiers sur une longue période est particulièrement innovante et rare dans la région.

- **Précision et standardisation des données :**

CartoBathY se distingue par son engagement à fournir des données précises et standardisées. La digitalisation des lignes de rivage, des traits de côte, et l'analyse de l'occupation des sols sont réalisées selon des normes rigoureuses. Cette standardisation assure une cohérence et une fiabilité des données, facilitant leur utilisation dans des travaux scientifiques et des projets d'aménagement. La qualité et la fiabilité des données sont des atouts majeurs de la plateforme.

- **Intégration de la cartographie terrestre et marine :**

La combinaison de données cartographiques terrestres (occupation des sols, urbanisation) et marines (bathymétrie) sur une même plateforme est une innovation significative. Cette

approche intégrée permet une compréhension plus globale et holistique de l'environnement côtier, facilitant des analyses plus complètes et pertinentes pour la gestion du littoral et la planification maritime.

- **Gain de temps et d'efficacité :**

En offrant un accès rapide et direct à des données traitées et prêtes à l'emploi, CartoBathY permet aux utilisateurs de gagner un temps considérable dans leurs recherches et projets. Ce gain d'efficacité est particulièrement précieux pour les chercheurs, les doctorants et les professionnels qui peuvent ainsi se concentrer sur l'analyse et l'interprétation des données plutôt que sur leur collecte et leur traitement initial.

- **Soutien à la recherche et à l'innovation :**

En rendant accessibles des données historiques et actuelles de haute qualité, CartoBathY stimule la recherche et l'innovation dans les domaines liés à l'environnement côtier et marin. La plateforme peut catalyser de nouvelles études, favoriser des collaborations interdisciplinaires et contribuer à une meilleure compréhension des écosystèmes côtiers algériens.

- **Modèle économique durable :**

Bien que payante, la plateforme propose un modèle économique qui équilibre l'accès à des données précieuses avec la durabilité du service. Ce modèle permet d'assurer la mise à jour continue des données et le développement de nouvelles fonctionnalités, garantissant ainsi la pérennité et l'évolution constante du service.

3. Équipe de travail :

La réussite du projet CartoBathY repose sur une équipe pluridisciplinaire soigneusement constituée, alliant expertise technique, vision stratégique et compétences commerciales. Au cœur de cette initiative, nous nous trouvons, deux ingénieurs spécialisés en aménagement et protection du littoral. Notre parcours nous a permis d'acquérir une solide expérience en cartographie et une connaissance approfondie des enjeux côtiers, essentielles à la réalisation de ce projet ambitieux.

Nos formations académiques respectives, enrichies par des stages pratiques dans des organismes prestigieux tels que l'Institut National de la Cartographie et de la Télédétection (INCT) et l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL), nous ont conféré une maîtrise pointue des techniques avancées de cartographie et de télédétection. Ces expériences concrètes nous ont

permis de développer des compétences pratiques et une compréhension approfondie des défis liés à l'analyse et à l'interprétation des données géospatiales.

La direction du projet est assurée par un chef de projet Mrah Salma, responsable de la coordination générale, de la gestion des ressources et de la liaison avec les diverses parties prenantes. Son rôle est essentiel pour garantir la cohérence globale du projet et son alignement avec les objectifs stratégiques. Il est épaulé par un assistant de projet Nait Ameer Melissa qui assure un support administratif et logistique indispensable, veillant à la fluidité des opérations quotidiennes et à l'efficacité organisationnelle de l'équipe.

L'équipe technique constitue le cœur opérationnel de CartoBathY. Elle est composée d'experts aux compétences complémentaires, chacun jouant un rôle crucial dans la réalisation du projet. L'ingénieure en Systèmes d'Information Géographique (SIG) Mrah Salma est responsable de la digitalisation et de l'analyse des données cartographiques, apportant une précision essentielle à la représentation spatiale des informations. La spécialiste en bathymétrie Nait Ameer Melissa se charge de la collecte, du traitement et de l'analyse des données bathymétriques, assurant une cartographie précise des fonds marins le long du littoral algérien. Nous mettons à profit nos connaissances en télédétection pour le traitement et l'interprétation des images satellitaires, éléments clés dans l'analyse de l'occupation des sols et le suivi précis des évolutions du littoral.

Le développement et la maintenance de la plateforme en ligne sont assurés par un développeur web full-stack, un ingénieur en informatique, doté d'une expertise en algorithmes et en codage, qui conçoit et met en œuvre l'interface utilisateur et les fonctionnalités backend de la plateforme. Son travail est complété par celui de l'administrateur de base de données, qui gère et optimise la base de données géospatiales, garantissant des performances optimales et une intégrité des données à toute épreuve.

L'aspect commercial et le support utilisateur sont gérés par deux experts complémentaires, essentiels pour la réussite et la pérennité du projet. Le premier, responsable marketing et ventes, élabore la stratégie commerciale et gère les relations clients, veillant à ce que CartoBathY réponde aux besoins du marché et atteigne son public cible. Il joue également un rôle clé dans la promotion de la plateforme et la gestion de sa présence en ligne, assurant une visibilité optimale et une image de marque cohérente. Le second expert, spécialiste en support client, est responsable de la formation des utilisateurs et de l'assistance technique. Il garantit une expérience utilisateur positive et une adoption réussie de la plateforme, tout en

fournissant un soutien continu aux clients. Ensemble, ces deux professionnels assurent une approche intégrée et efficace du marketing, de la communication et du support client pour CartoBathY.

Cette équipe diversifiée et complémentaire permet à CartoBathY d'adopter une approche holistique, couvrant tous les aspects techniques, scientifiques et commerciaux du projet. La synergie entre les différents membres de l'équipe, combinant l'expertise technique des fondateurs en cartographie et protection du littoral avec les compétences spécialisées de chaque membre, assure une mise en œuvre efficace et une évolution constante de la plateforme. Cette structure organisationnelle robuste positionne CartoBathY comme une solution innovante et fiable dans le domaine de la cartographie côtière et bathymétrie en Algérie.

4. Objectifs du projet :

CartoBathY a pour ambition de transformer radicalement l'accès et l'exploitation des données géospatiales et bathymétriques grâce à une plateforme en ligne moderne et conviviale, notre objectif principal est de fournir aux utilisateurs un accès facile, rapide et fiable à des données précises et mises à jour. En centralisant et numérisant ces informations essentielles, nous allégeons considérablement les contraintes traditionnelles liées à la collecte et au traitement des données.

CartoBathY excelle dans la digitalisation des traits de côte et des données d'urbanisation en se concentrant exclusivement sur les 14 wilayas côtières de l'Algérie, créant ainsi des cartes détaillées et des jeux de données précieux pour une visualisation et une analyse approfondie. Parallèlement, la plateforme génère des cartes bathymétriques de haute précision, offrant une compréhension approfondie des profondeurs marines et des caractéristiques sous-marines.

Notre plateforme se donne pour mission de démocratiser l'accès à ces ressources géospatiales, permettant ainsi aux chercheurs, aux urbanistes, aux gestionnaires environnementaux et aux décideurs de gagner en efficacité et en précision dans leurs travaux. Elle permet de fournir également des outils avancés pour la visualisation, l'analyse et la gestion des données, devenant ainsi une ressource incontournable pour tous les professionnels travaillant sur les littoraux.

En facilitant l'accès à ces informations stratégiques, CartoBathY contribue activement à la recherche scientifique, à la planification urbaine, à la gestion durable des écosystèmes côtiers et à une prise de décision éclairée, participant ainsi à la préservation et à la valorisation des zones littorales.

5. Les activistes clé :

CartoBathY s'appuie sur un ensemble d'activités clés soigneusement orchestrées pour fournir une plateforme complète et fiable de données cartographiques et bathymétriques.

- **Acquisition des données :**

Le processus d'acquisition des données, une étape cruciale qui garantit la richesse et la diversité des informations proposées. Notre approche multisource combine l'imagerie satellitaire de pointe, les données cartographiques nationales, les relevés bathymétriques spécialisés et les observations de terrain. Nous exploitons les images haute résolution de Sentinel et Landsat pour suivre l'évolution du littoral, tout en nous appuyant sur les ressources de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection pour une couverture détaillée du territoire algérien. Pour la bathymétrie, nous intégrons des données provenant de sources réputées telles que NAVIONIX, GEBCO et OpenSeaMap, complétées par nos propres campagnes de mesures en mer.

CartoBathY s'approvisionne en données auprès de diverses sources fiables et complémentaires :

- a) Imagerie satellitaire :**

- *Sentinel (Copernicus) : Images à haute résolution temporelle, idéales pour le suivi régulier des changements côtiers.

- *Landsat (USGS) : Données historiques remontant aux années 1970, permettant une analyse diachronique approfondie.

- *SPOT : Images à très haute résolution spatiale pour une cartographie détaillée du littoral.

- b) Données cartographiques nationales :**

- *Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) : Cartes topographiques, données d'occupation des sols, et informations géographiques spécifiques à l'Algérie.

- *Office National des Statistiques (ONS) : Données démographiques et socio-économiques pour l'analyse de l'urbanisation côtière.

- c) Données bathymétriques :**

- *NAVIONIX : Données bathymétriques détaillées et mises à jour régulièrement.

*GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) : Données bathymétriques globales à résolution variable.

*OpenSeaMap : Données bathymétriques crowdsourcées pour compléter les zones moins couvertes.

*SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) : Cartes marines officielles pour la Méditerranée.

d) Relevés de terrain :

*Campagnes de mesures bathymétriques avec des sonars multifaisceaux pour les zones côtières peu profondes.

*Relevés topographiques par LIDAR aéroporté pour une cartographie précise de la zone intertidale.

- **Collecte et agrégation de données :**

La collecte et l'agrégation de ces données diverses constituent la deuxième activité clé de CartoBathY. Nous avons développé un système sophistiqué qui automatise la récupération des données satellitaires via des API dédiées, tout en établissant des partenariats stratégiques avec des institutions locales pour accéder à des informations exclusives. Notre protocole standardisé assure une intégration harmonieuse des relevés de terrain, tandis que notre base de données géospatiale centralisée organise et stocke efficacement cette masse d'informations. Cette approche garantit une base solide pour toutes les analyses ultérieures.

- **Traitement et analyse des données :**

Le traitement et l'analyse des données représentent le cœur technologique de CartoBathY. Nos algorithmes avancés effectuent un prétraitement des images satellitaires, incluant des corrections atmosphériques et géométriques. L'extraction automatisée des traits de côte et la classification supervisée de l'occupation des sols sont réalisées avec une précision remarquable, validée par l'expertise humaine. Nous accordons une attention particulière à l'analyse diachronique, permettant de quantifier les changements côtiers et l'évolution de l'urbanisation sur plusieurs décennies. La fusion des données bathymétriques de diverses sources nous permet de créer des modèles numériques de terrain marins d'une

grande fiabilité. De plus, nous développons des indicateurs spécifiques, tels que les taux d'érosion côtière, offrant des insights précieux pour la gestion du littoral.

- **Visualisation et création de cartes :**

Notre plateforme web interactive, basée sur des technologies de pointe comme Mapbox ou OpenLayers, offre une expérience utilisateur fluide et intuitive. Les outils de personnalisation avancés permettent aux utilisateurs de créer des cartes thématiques sur mesure, superposant diverses couches d'information avec un contrôle précis de la transparence et de la symbologie. Nous avons également intégré des outils d'analyse spatiale en ligne, permettant des calculs instantanés de distances, surfaces et volumes.... Notre système de génération de rapports automatisés combine cartes, graphiques et statistiques, offrant des analyses complètes et personnalisables.

- **Gestion et mise à jour des données :**

Notre système de versionnage des données permet de suivre minutieusement les modifications et facilite les comparaisons temporelles. Un pipeline de traitement automatisé intègre régulièrement les nouvelles données satellitaires, assurant une actualisation constante de notre base. Nous avons mis en place un système de validation et de contrôle qualité pour garantir l'intégrité et la cohérence des données. L'interface d'administration offre une gestion fine des droits d'accès et une surveillance précise de l'utilisation des données, assurant ainsi la sécurité et la traçabilité de l'information.

- **Intégration avec d'autres outils et systèmes :**

L'API RESTful permet un accès programmatique aux données, facilitant leur utilisation dans divers environnements de développement. Nous avons créé des plugins pour les principaux logiciels SIG, comme QGIS et ArcGIS, permettant une importation directe et fluide de nos données. La plateforme prend en charge de nombreux formats d'export standards, assurant une compatibilité maximale avec les outils existants. Nos services WMS et WFS facilitent l'intégration avec d'autres plateformes cartographiques, tandis que nos connecteurs spécifiques pour les logiciels de modélisation hydrodynamique et de gestion côtière étendent encore les possibilités d'utilisation de nos données.

En combinant ces activités clés, CartoBathY se positionne comme une solution complète et innovante, répondant aux besoins complexes des professionnels, chercheurs et décideurs impliqués dans la gestion et l'étude des zones côtières algériennes.

7. Calendrier de réalisation du projet :

Tableau 33: Planning du projet

| | | La durée (Mois) | | | | | | |
|--------|----------|---|-----|-----|-------|-------|-------|---|
| | | 1-3 | 4-6 | 7-9 | 10-12 | 13-15 | 16-18 | |
| Étapes | 1 | Études préalables : Analyse des besoins utilisateurs Étude de marché Définition des fonctionnalités | ✓ | | | | | |
| | 2 | Conception de la plateforme : Architecture technique désigne de l'interface utilisateur | ✓ | ✓ | | | | |
| | 3 | Collecte et traitement de données cartographiques et bathymétriques | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| | 4 | Installation des équipements+ Location d'un siège | ✓ | ✓ | | | | |
| | 5 | Système de paiement et gestion des utilisateurs | | | | ✓ | ✓ | |
| | 6 | Lancement version bêta et ajustements | | | | ✓ | ✓ | |
| | 7 | Lancement officiel et marketing initial | | | | | | ✓ |

CHAPITRE 2 : Aspects innovants

1. Domaine et nature des innovations :

CartoBathY représente une innovation majeure pour l'Algérie en centralisant et numérisant des données essentielles sur les 14 wilayas côtières du pays. Son aspect le plus novateur réside dans l'intégration inédite de la cartographie littorale et des données bathymétriques au sein d'une plateforme unique et accessible, comblant ainsi une lacune importante dans la disponibilité et la centralisation de ces informations cruciales.

Cette plateforme propose une centralisation numérique sans précédent des lignes de rivage, traits de côte et données d'occupation des sols depuis 2000, couplée à une base bathymétrique payante, marquant une première nationale.

L'approche holistique de CartoBathY et son accessibilité à un large éventail d'utilisateurs - des chercheurs aux étudiants - démocratisent l'accès à ces données vitales, tout en assurant leur qualité grâce à un modèle économique pérenne. Ce projet novateur répond à un besoin pressant en matière de données géospatiales en Algérie, offrant une perspective historique unique sur l'évolution du littoral. Il promet ainsi de catalyser la recherche, d'optimiser la gestion côtière et de positionner potentiellement l'Algérie comme un leader régional dans le domaine des données marines et côtières.

CHAPITRE 3 : Analyse stratégique du marché

1. Présentation du segment de marché :

CartoBathY se positionne comme un acteur innovant sur le marché de la cartographie marine et côtière en Algérie, ciblant un éventail diversifié de clients à travers les secteurs public et privé. Notre plateforme répond à un besoin crucial de données bathymétriques et côtières précises, essentielles pour la gestion durable et le développement économique du littoral algérien.

Au cœur de notre clientèle cible se trouvent les institutions gouvernementales clés. Le Ministère des Transports Maritimes et le Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques sont des acteurs majeurs qui bénéficieront directement de nos services. Nos données bathymétriques détaillées joueront un rôle crucial dans l'amélioration de la sécurité maritime, la planification des routes de navigation, et l'optimisation des zones de pêche. Ces informations précieuses permettront une gestion plus efficace des ressources marines et une navigation plus sûre le long des 1600 km de côtes algériennes.

Les autorités locales, en particulier les Directions de Wilaya chargées de l'environnement et de l'aménagement du territoire des 14 wilayas côtières, constituent un autre segment clé de notre marché. Ces entités ont un besoin urgent de données précises pour la gestion du littoral, la planification urbaine côtière, et la prévention des risques naturels tels que l'érosion côtière et les inondations. CartoBathY leur fournira les outils nécessaires pour prendre des décisions éclairées en matière d'aménagement territorial et de protection de l'environnement côtier.

Le Commissariat National du Littoral (CNL) représente un partenaire stratégique et un client potentiel majeur. Notre plateforme offrira au CNL des données essentielles pour sa mission de protection et de valorisation du littoral algérien. Les informations détaillées sur l'évolution du trait de côte, les zones sensibles, et les habitats marins côtiers seront cruciales pour élaborer des stratégies de conservation efficaces et durables.

Dans le secteur privé, CartoBathY cible les bureaux d'études spécialisés en environnement et génie côtier. Ces entreprises pourront utiliser nos données pour leurs projets d'aménagement côtier, leurs études d'impact environnemental, et la conception d'ouvrages maritimes. Notre plateforme leur offrira un accès rapide et fiable à des données bathymétriques et côtières à jour, améliorant ainsi la qualité et l'efficacité de leurs services.

Le monde académique et de la recherche constitue également un segment important de notre marché. L'ENSSMAL (École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral), ainsi que les départements de géographie et d'océanographie des universités algériennes, trouveront dans CartoBathY une ressource inestimable pour leurs travaux de recherche. Notre plateforme facilitera les études sur l'écologie marine, les changements côtiers, et l'océanographie, contribuant ainsi à l'avancement des connaissances scientifiques sur l'environnement marin algérien.

L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL), bien que partenaire dans notre projet, est également considérée comme un client potentiel. La combinaison de leurs données satellitaires avec nos données bathymétriques ouvrira de nouvelles possibilités pour des analyses avancées et des applications innovantes dans le domaine de l'observation terrestre et marine.

Enfin, avec le développement potentiel des énergies renouvelables offshore en Algérie, CartoBathY se positionne comme un fournisseur clé de données pour les futurs projets d'éoliennes en mer. Nos informations bathymétriques détaillées seront essentielles pour la planification, la conception et l'installation de ces infrastructures marines.

Notre stratégie de développement du marché s'articule en trois phases. Dans un premier temps, nous nous concentrerons sur le marché algérien, visant à devenir la référence nationale incontournable en matière de données bathymétriques et côtières. À moyen terme, nous envisageons une expansion vers les pays du Maghreb, capitalisant sur les similitudes des défis côtiers dans la région. Notre vision à long terme est de nous positionner comme un acteur majeur sur le marché méditerranéen, offrant une expertise unique sur la bathymétrie et la cartographie côtière nord-africaine.

2. Mesure de l'intensité de concurrence :

Les principaux concurrents de CartoBathY sur le marché algérien sont les bureaux d'études hydro-océanographiques établis, tels que Hydroconseil Algérie et Mesuris Algérie, ainsi que des entreprises internationales comme Fugro et CGG qui interviennent ponctuellement. Ces acteurs se distinguent par leur ancienneté et leur expérience dans le domaine des levés bathymétriques et des études côtières. Cependant, ils présentent des faiblesses notables : l'utilisation de méthodes traditionnelles de collecte de données, entraînant des délais plus longs et des coûts plus élevés, ainsi qu'une moindre flexibilité face aux besoins spécifiques locaux. De plus, ils n'offrent pas l'approche intégrée et innovante de CartoBathY, combinant données bathymétriques, imagerie satellitaire et plateforme en ligne accessible.

Cette lacune dans leurs services, couplée à l'absence d'une solution complète et actualisée pour l'ensemble du littoral algérien, positionne favorablement CartoBathY pour répondre de manière plus efficace et précise aux besoins du marché.

3. La stratégie marketing :

La stratégie marketing de CartoBathY se concentre sur la mise en valeur de notre proposition unique et innovante dans le domaine de la cartographie bathymétrique et côtière en Algérie. Notre approche se décline en plusieurs axes clés pour atteindre et convaincre notre clientèle cible.

Tout d'abord, nous miserons sur une communication ciblée auprès des institutions gouvernementales et des entreprises du secteur maritime. Des présentations personnalisées seront organisées pour démontrer la valeur ajoutée de notre plateforme dans la prise de décision et la gestion des ressources côtières. Nous participerons activement aux salons professionnels et conférences liés à l'environnement marin et à la gestion côtière en Algérie et dans la région du Maghreb.

Pour atteindre la communauté scientifique et académique, nous établirons des partenariats avec des universités et des centres de recherche. Nous offrirons des accès gratuits limités à notre plateforme pour les projets de recherche, favorisant ainsi l'adoption de notre technologie et la création d'ambassadeurs de marque au sein de ces institutions.

Notre présence en ligne sera renforcée par un site web informatif et une stratégie de contenu axée sur l'éducation. Nous publierons régulièrement des articles, des études de cas et des webinaires gratuits pour sensibiliser notre audience aux enjeux de la gestion côtière et à l'importance des données bathymétriques précises.

Enfin, nous adopterons une approche de tarification flexible, proposant différents niveaux d'abonnement adaptés aux besoins variés de nos clients, du chercheur individuel aux grandes institutions. Des offres promotionnelles de lancement seront mises en place pour encourager l'adoption rapide de notre plateforme.

Cette stratégie marketing multifacette vise à positionner CartoBathY comme le leader incontesté des solutions de cartographie marine et côtière en Algérie, en mettant l'accent sur notre innovation technologique, notre expertise locale et notre engagement envers la gestion durable des ressources marines

CHAPITRE 4 : Plan de production et organisation

1. Ressources clés :

- **Matériel informatique :**

Le projet CartoBathY nécessite plusieurs ordinateurs performants, capables de traiter efficacement de grandes quantités de données géospatiales. Des stations de travail équipées de processeurs puissants, d'une mémoire RAM conséquente. Ces configurations sont essentielles pour traiter efficacement les vastes ensembles de données géospatiales et bathymétriques.

- **Connexion Internet :**

Une connexion Internet fibre optique à haut débit (1 Gbps ou plus) est indispensable pour assurer le téléchargement rapide des données volumineuses, le partage fluide des informations et l'accès sans interruption à la plateforme en ligne

- **Logiciels de télédétection, SIG et bathymétrie :**

CartoBathY s'appuie sur une suite intégrée de logiciels spécialisés. QGIS et ArcGIS forment le cœur des outils SIG, offrant des capacités avancées d'analyse spatiale. SNAP (Sentinel Application Platform) et SeaDas sont utilisés pour le traitement et l'analyse des images satellitaires. Pour la bathymétrie, Navionics est intégré à cet ensemble, permettant la création de cartes marines précises. Cette combinaison permet d'effectuer des analyses géo-spatiales avancées, de traiter les données satellitaires et bathymétriques, de créer des cartes détaillées, et de visualiser les résultats de manière professionnelle, fournissant ainsi des informations complètes et précises à nos clients.

- **Données bathymétriques et satellitaires :**

L'acquisition et l'utilisation de données bathymétriques de haute précision, combinées à des images satellitaires à haute résolution, sont essentielles pour CartoBathY. Les relevés bathymétriques détaillés des fonds marins des 14 wilayas côtières algériennes, constituent le cœur de notre base de données. Ces données sont complétées par des images satellitaires multispectrales telles que Sentinel-2 et Landsat, offrant une résolution spatiale allant jusqu'à 10 mètres. Les images radar Sentinel-1 sont également utilisées pour la détection des changements côtiers et l'analyse de l'état de la mer. Cette combinaison de données permet une cartographie précise du littoral, une analyse approfondie de l'évolution des fonds marins et une étude détaillée de l'occupation des sols sur la bande littorale de 3 km, fournissant ainsi une base solide

pour des analyses géospatiales avancées et une compréhension complète de l'environnement côtier algérien.

- **Outils de développement web :**

Des frameworks web modernes tels que React ou Angular, couplés à des bibliothèques de cartographie web comme Leaflet ou Mapbox GL JS, seront utilisés pour développer une interface utilisateur intuitive et réactive pour la plateforme CartoBathY.

- **Stockage et gestion des données :**

Un système de gestion de base de données spatiales robuste, comme PostgreSQL avec l'extension PostGIS, sera déployé sur des serveurs dédiés pour stocker, organiser et interroger efficacement les vastes ensembles de données géospatiales et bathymétriques du projet

2. Processus de Fabrication

Il est important de noter que le processus exact suivi par CPF Expertise peut varier en fonction des spécificités du projet, des données disponibles et des besoins du client. Cependant, ces étapes générales fournissent une vue d'ensemble du processus de production typique pour notre plateforme.

Les Etapes de processus de production sont représentés selon l'organigramme suivant :

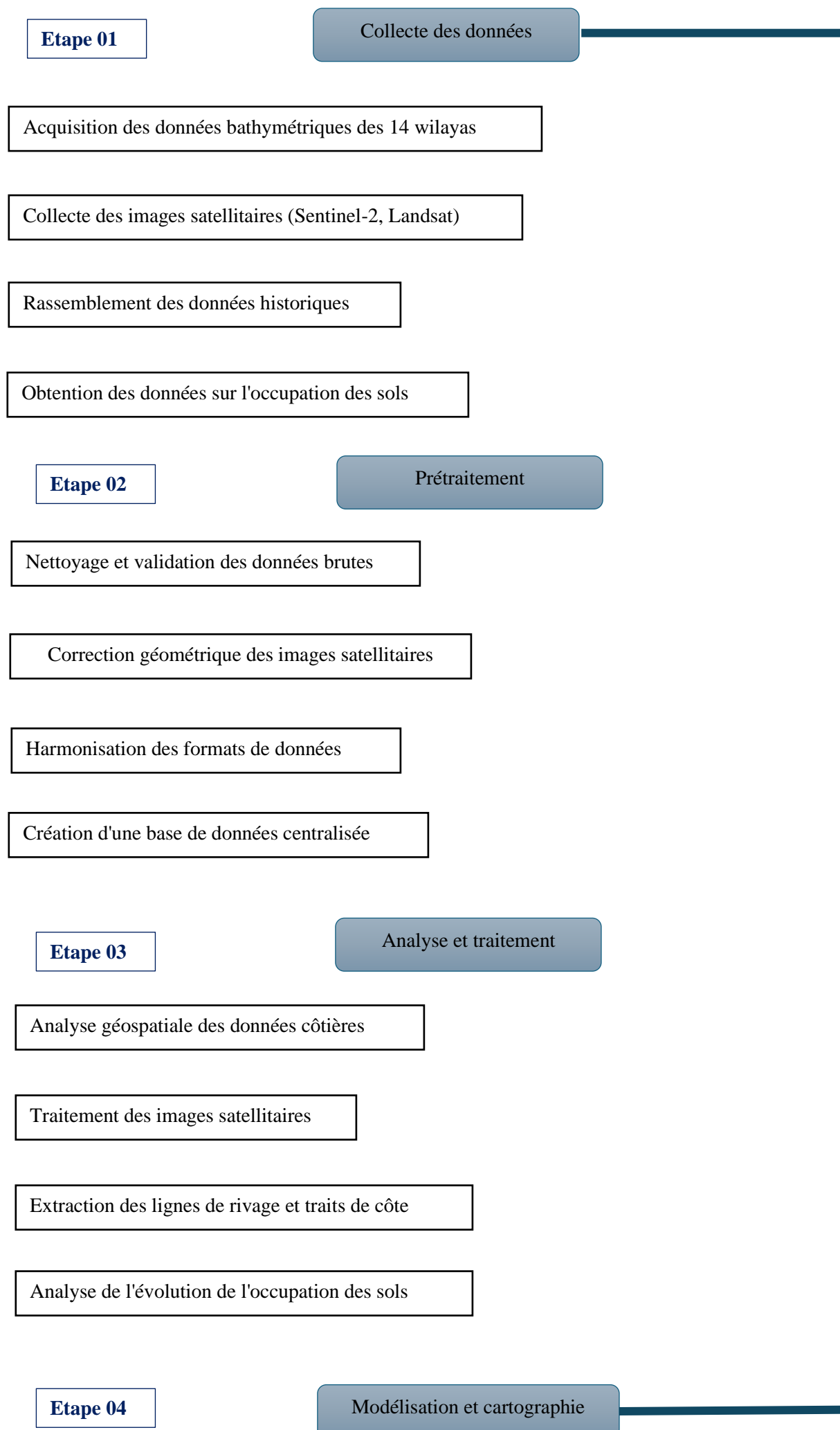


Figure 102: Les Etapes de processus de production

3. Restauration :

Dans le cadre du projet CartoBathY, nous avons tissé un réseau de collaborations stratégiques pour garantir l'exhaustivité et la précision de nos données. Notre partenariat principal avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) algérienne nous assure l'accès à des données bathymétriques détaillées des 14 wilayas côtières. Nous collaborons étroitement avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) pour l'acquisition d'images satellitaires haute résolution. De plus, nous avons établi des liens avec l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) pour bénéficier de leur expertise en cartographie terrestre et côtière.

Notre coopération s'étend également au Centre National des Techniques Spatiales (CNTS) pour l'analyse avancée des données de télédétection. Pour les aspects liés à l'environnement côtier, nous travaillons en synergie avec le Commissariat National du Littoral (CNL). Nous exploitons aussi les ressources des plateformes internationales Copernicus et EarthExplorer de l'USGS pour compléter notre base de données avec des images Sentinel-1, Sentinel-2 et Landsat.

Cette approche multi-institutionnelle et multi-sources nous permet d'assurer une couverture complète et une qualité supérieure des données, fondamentales pour la fiabilité et la précision de notre plateforme CartoBathY.

4. Sources de Revenues :

✓ Abonnements à la plateforme :

Notre principale source de revenus provient des abonnements à la plateforme CartoBathY. Nous proposons différents niveaux d'abonnement pour répondre aux besoins variés de nos utilisateurs. L'abonnement de base, destiné aux étudiants et chercheurs individuels, est proposé à **5000 DA** par mois. Pour les institutions académiques et les petites entreprises, nous offrons un abonnement professionnel à **15000 DA** par mois. Les grandes organisations et les agences gouvernementales peuvent opter pour notre abonnement premium à **30000 DA** par mois, offrant un accès illimité à toutes nos données et fonctionnalités.

✓ Vente de données spécifiques :

En complément des abonnements, nous proposons la vente de jeux de données spécifiques pour les utilisateurs ayant des besoins ponctuels. Les prix varient en fonction de la nature et de l'étendue des données demandées. Par exemple, un jeu de données bathymétriques

détaillé pour une wilaya côtière spécifique est tarifé à **20000 DA**, tandis qu'une analyse de l'évolution du trait de côte sur 10 ans pour l'ensemble du littoral algérien est proposée à **50000 DA**.

✓ **Services de cartographie personnalisée :**

CartoBathY offre également des services de cartographie sur mesure. La production de cartes thématiques détaillées, intégrant nos données bathymétriques et côtières, est tarifée à partir de **10000 DA** par carte. Le prix peut augmenter en fonction de la complexité de l'analyse demandée et de la superficie couverte.

✓ **Rapports d'expertise et études spécialisées :**

Pour les clients nécessitant une analyse approfondie, nous proposons des rapports d'expertise. Une étude à court terme, d'une durée d'un mois, est facturée à partir de **100000 DA**. Les projets à moyen terme, s'étendant sur plusieurs mois et impliquant des analyses plus complexes, peuvent être tarifés entre **500000** et **1000000 DA**, selon l'ampleur du travail requis.

✓ **Formation et ateliers :**

CartoBathY organise des sessions de formation sur l'utilisation de notre plateforme et sur les techniques d'analyse des données bathymétriques et côtières. Nous proposons des formations de base à **20000 DA** par personne pour une journée, et des ateliers avancés de trois jours à **50000 DA** par personne.

✓ **Partenariats et collaborations :**

Enfin, nous générons des revenus supplémentaires à travers des partenariats stratégiques avec des bureaux d'études, des institutions de recherche et des agences gouvernementales. Ces collaborations peuvent prendre la forme de projets conjoints, où CartoBathY fournit son expertise en données bathymétriques et côtières, avec des revenus négociés au cas par cas en fonction de l'ampleur et de la durée du projet.

Cette structure de revenus diversifiée assure la pérennité financière de CartoBathY tout en offrant une flexibilité maximale pour répondre aux besoins variés de notre clientèle.

5. Main d'œuvre :

Au lancement de CartoBathY, notre équipe fondatrice sera composée de 5 personnes clés :

- **Deux fondatrices** : apportant l'expertise en géomatique et gestion de projet
- **Un responsable marketing et ventes** : chargé du développement commercial et de la stratégie de communication
- **Un spécialiste en support client** : assurant la formation des utilisateurs et l'assistance technique
- **Un ingénieur en informatique** : responsable du développement et de la maintenance de la plateforme

Cette équipe initiale couvre les compétences essentielles pour démarrer le projet. À mesure que CartoBathY se développera, nous prévoyons d'élargir notre équipe en fonction des besoins et de la croissance du projet. D'ici la fin de la première année d'exploitation, nous envisageons de recruter des profils supplémentaires, tels qu'un expert en bathymétrie, un analyste SIG supplémentaire, et potentiellement un développeur web additionnel. L'expansion de l'équipe sera évaluée trimestriellement en fonction de l'avancement du projet et de la demande du marché, assurant ainsi une croissance organique et durable de CartoBathY.

6. Partenaires Clés :

- **SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) algérien** :

En tant qu'organisme gouvernemental spécialisé dans l'hydrographie et l'océanographie, le SHOM est un partenaire crucial pour CartoBathY. Leur expertise en matière de collecte de données bathymétriques et leur connaissance approfondie des côtes algériennes sont inestimables. Cette collaboration nous permet d'accéder à des données précises et à jour, renforçant la fiabilité de notre plateforme et assurant une cartographie marine de haute qualité.

- **ASAL (Agence Spatiale Algérienne)** :

L'ASAL joue un rôle clé dans notre projet en tant que fournisseur principal de données satellitaires. Leur expertise dans l'acquisition et le traitement d'images satellitaires de haute résolution est essentielle pour notre analyse du trait de côte et de l'occupation des sols. Ce partenariat nous donne accès à des images Sentinel et à d'autres données satellitaires spécialisées, cruciales pour la cartographie précise des 14 wilayas côtières.

- **INCT (Institut National de Cartographie et de Télédétection) :**

Notre collaboration avec l'INCT est fondamentale pour l'aspect cartographique terrestre de CartoBathY. Leur expertise en cartographie nationale et en techniques de télédétection enrichit notre capacité à produire des cartes précises et détaillées de la bande littorale. Ce partenariat renforce la qualité et la précision de nos analyses géospatiales.

- **CNL (Commissariat National du Littoral) :**

En tant que partenaire stratégique, le CNL apporte une expertise cruciale dans la gestion et la protection du littoral algérien. Leur connaissance approfondie des enjeux côtiers et leur base de données sur l'évolution du littoral sont essentielles pour enrichir notre plateforme avec des informations contextuelles précieuses.

- **Entreprises de développement logiciel et de SIG :**

Nous collaborons avec des entreprises spécialisées dans le développement de logiciels SIG et de plateformes web pour assurer la robustesse et l'efficacité de CartoBathY. Ces partenariats techniques sont cruciaux pour le développement, la maintenance et l'évolution de notre plateforme en ligne.

Ces partenariats stratégiques permettent à CartoBathY de se positionner comme une plateforme de référence en matière de données bathymétriques et cartographiques du littoral algérien. Ils garantissent l'accès à des données de haute qualité, une expertise technique de pointe et une compréhension approfondie des enjeux côtiers, assurant ainsi la valeur et la fiabilité de notre service pour nos utilisateurs.

CHAPITRE 5 : Plan Financier

Tableau 34: Cout total du Projet

| Item : | Coût (DA) : |
|--|---------------------|
| Serveurs et stockage de données | 500 000 DA |
| Ordinateurs haute performance | 600 000 DA |
| Imprimante | 70 000 DA |
| Les Bureaux | 150 000 DA |
| Logiciels SIG et traitement d'images (licences) | 1 000 000 DA |
| Location de bureaux (1 an) | 960 000 DA |
| Acquisition de données satellitaires | 3 000 000 DA |
| Les charges de Communication | 100 000 DA |
| Frais juridiques (création d'entreprise, contrats) | 300 000 DA |
| Salaires (équipe de 3 personnes pour 1 an) | 144 000 DA |
| Totale | 6 824 000 DA |



Figure 103: Matériels utilisés

1. Coûts et charge :➤ **Charge fixe :****Tableau 35: Tableau des charges fixes**

| Catégorie | Coûts |
|-----------|------------------|
| Locale | 50 000 DA |
| Impôts | 40 000 DA |

➤ **Charge variable :****Tableau 36: Tableau des charges variables**

| Catégorie | Coûts |
|---------------------------------|----------------------|
| Electricité | 200 000 DA |
| Les images satellitaires | 3 000 000 DA |
| Serveurs et stockage de données | 500 000 DA |
| La somme | 37 000 000 DA |

La Charge de communication et de publicité : **100 000 DA**

❖ **Le coût de revient d'une étude de projet d'un mois :**

1. Serveurs et stockage de données : **41 667 DA** (1/12 du coût annuel)
2. Ordinateurs haute performance : **50 000 DA** (1/12 du coût annuel)
3. Imprimante : **5 833 DA** (1/12 du coût annuel)
4. Les Bureaux : **12 500 DA** (1/12 du coût annuel)
5. Logiciels SIG et traitement d'images : **83 333 DA** (1/12 de la licence annuelle)
6. Location de bureaux : **80 000 DA** (1/12 du coût annuel)
7. Acquisition de données satellitaires : **250 000 DA** (estimation pour un mois)
8. Les charges de Communication : **8 333 DA** (1/12 du coût annuel)
9. Frais juridiques : **25 000 DA** (estimation pour le démarrage)
10. Salaires (équipe de 3 personnes pour 1 mois) : **12 000 DA**

❖ **Total pour un mois : 568 666 DA**

Pour les projets à court terme de CartoBathY, le coût de l'étude que nous effectuons est estimé à environ **570.000 DA** par mois. Cela comprend l'utilisation de nos ressources en SIG, le traitement des données satellitaires et bathymétriques, ainsi que l'expertise de notre équipe. De ce fait, nous sommes en mesure de générer des revenus d'environ **800.000 DA** ou plus, en fonction de la complexité et de l'envergure de l'étude demandée par le client.

Pour les projets à moyen terme, généralement sur une durée de **6 à 12 mois**, le coût peut varier entre **3 500 000** et **5 000 000 DA**. Cette fourchette dépend du nombre de cartes produites, de la quantité de données bathymétriques traitées, de l'étendue des zones côtières couvertes, et de la complexité des analyses requises. Ce coût inclut la production et l'interprétation détaillée des cartes, l'analyse des changements côtiers au fil du temps, et la fourniture de rapports complets sur l'évolution du littoral et des fonds marins des 14 wilayas côtières de l'Algérie.

Cette estimation reflète mieux l'envergure et la spécificité de votre projet CartoBathY, tout en s'inspirant de la structure de l'exemple que vous avez fourni. Elle prend en compte les coûts plus élevés associés au traitement de données complexes et à l'utilisation de technologies avancées en cartographie et bathymétrie.

2. Production envisagée :

Tableau 37 : Production envisagée à court et à moyen terme

| Année | Court terme | Entre court et moyen terme |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1ère année | 2 000 000 DA | 14 000 000 DA |
| 2ème année | 3 500 000 DA | 22 000 000 DA |
| 3ème année | 5 000 000 DA | 36 000 000 DA |

Notre plateforme CartoBathY vise à fournir des données cartographiques et bathymétriques payantes pour les 14 wilayas côtières de l'Algérie. Pour la première année, nous prévoyons de couvrir l'ensemble des 14 wilayas, en offrant des données historiques depuis 2000 jusqu'à présent.

Pour la 1ère année, nous estimons pouvoir générer un bénéfice de **2 000 000 DA** à court terme, principalement via des téléchargements ponctuels et des abonnements courts. En incluant les abonnements à moyen terme et les projets plus importants, notre bénéfice potentiel pourrait atteindre **14 000 000 DA**.

À partir de la 2ème année, nous prévoyons une augmentation significative due à la notoriété croissante de la plateforme et à l'élargissement de notre base d'utilisateurs (chercheurs, océanographes, étudiants, doctorants). Nous estimons des gains de **3 500 000 DA** à court terme et jusqu'à **22 000 000 DA** en incluant le moyen terme.

La 3ème année devrait voir une croissance continue, avec l'ajout de nouvelles fonctionnalités et la mise à jour régulière des données. Nous prévoyons des gains de **5 000 000 DA** à court terme et **36 000 000 DA** au total, reflétant l'augmentation de la valeur et de l'utilisation de notre plateforme.

Cette projection tient compte de l'unicité de notre offre sur le marché algérien, de la valeur ajoutée pour les utilisateurs en termes de gain de temps et de précision, ainsi que de la diversité de notre clientèle potentielle

CHAPITRE 6 : Prototype expérimental

1. Prototype :

Le prototype de CartoBathY repose sur l'utilisation combinée d'imagerie satellite optique à haute résolution et de données bathymétriques. Pour la cartographie côtière, nous exploitons les images des satellites Sentinel-2 et Landsat, offrant une résolution spatiale allant jusqu'à 10 mètres. Ces images sont traitées pour extraire les lignes de rivage et analyser l'occupation des sols dans la bande littorale de 3 km. La technique implique une classification supervisée et une analyse multi-temporelle pour suivre l'évolution du trait de côte et l'urbanisation depuis 2000.

Pour la composante bathymétrique, nous intégrons des données provenant de sondages acoustiques et de modèles numériques de terrain sous-marins. Ces données sont traitées et interpolées pour créer des cartes bathymétriques détaillées des zones côtières. Notre approche innovante fusionne ces deux types de données pour produire des cartes côtières complètes.

Le prototype, développé à l'aide des logiciels ArcGIS et Python, permet de visualiser et d'interroger ces données de manière interactive. Par exemple, pour la wilaya d'Alger, notre système génère en moins de 10 minutes une carte détaillée montrant l'évolution du trait de côte sur 12 ans, superposée à une carte bathymétrique précise jusqu'à 50 mètres de profondeur. Cette démonstration illustre la capacité de CartoBathY à fournir rapidement des informations cruciales pour la gestion côtière, l'étude des risques littoraux et la planification maritime.



Figure 104: Image satellitaire fournis par l'INCT 2010

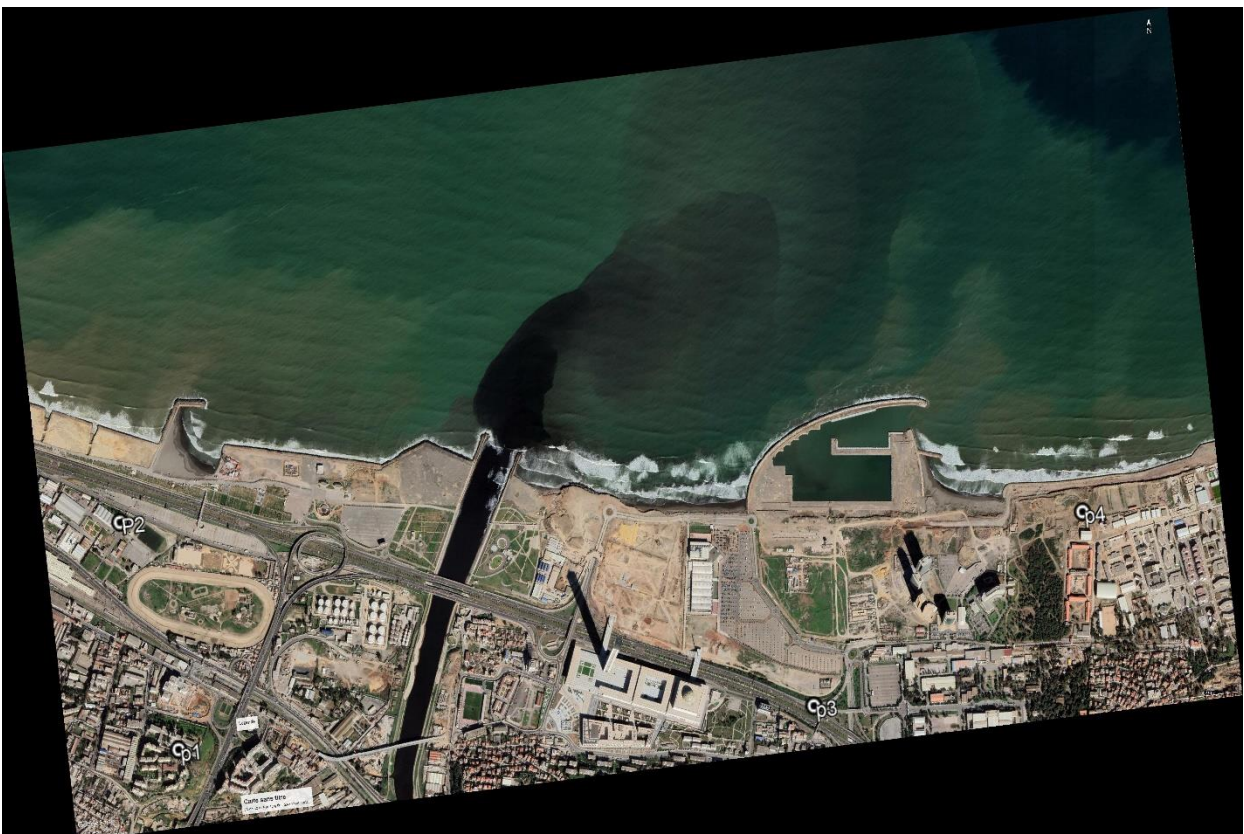


Figure 105: Image satellitaire fournis par l'INCT 2022

2/ Logo de la plateforme :



Figure 108: Logo de la plateforme

Tableau 38: Business Model Canva

| Partenaires clés | Activités Clés | Propositions de valeur | Relation clients | Clients |
|---|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - INCT (Institut National de Cartographie et de Télédétection) - ASAL (Agence Spatiale Algérienne) - ANRH (l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) - SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine française) | <ul style="list-style-type: none"> - Collecte et Acquisition des données cartographiques et bathymétriques. -Analyse et traitement des données. -Visualisation et création de cartes. - Création de métadonnées. - Des études diachroniques sur l'évolution de l'urbanisation, de la ligne de rivage et de la bathymétrie. | <ul style="list-style-type: none"> -Plateforme unique regroupant à la fois des données cartographiques terrestres et bathymétriques, -Accès rapide et facile à des données côtières et bathymétriques précises et à jour pour les 14 wilayas côtières. -Cartographie détaillée de l'évolution du trait de côte et de l'urbanisation littorale sur une période de plus de 20 ans. -Base de données bathymétrique complète et historique, permettant une analyse approfondie des fonds marins algériens. -Gain de temps significatif pour les chercheurs, océanographes et étudiants dans la collecte et le traitement des données côtières et marines | <ul style="list-style-type: none"> -Programme d'abonnement progressif. -Tarification flexible -Support personnalisé -Programme de parrainage -Engagement académique -En ce qui concerne la formation SIG, nous proposons une variété de formations, allant des formations accélérées et avancées à des formations à la carte et bloquée, le tout accompagné de réductions très attrayantes. | <ul style="list-style-type: none"> -Commissariat National du Littoral (CNL) -Agence Spatiale Algérienne (ASAL) -Office National de la Météorologie (ONM) -Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) -Laboratoires de recherche universitaires en océanographie et géologie marine -Sonatrach (pour ses opérations offshore) -Bureaux d'études spécialisés en aménagement côtier -Direction Générale des Ports -Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) -Collectivités locales des 14 wilayas côtières |
| <p style="text-align: center;">Coûts</p> <ul style="list-style-type: none"> -Serveurs et stockage de données : 500 000 DA -Ordinateurs haute performance : 600 000 DA -Imprimante : 70 000 DA -Les Bureaux : 150 000 DA -Logiciels SIG et traitement d'images (licences) : 1 000 000 DA -Location de bureaux (1 an) : 960 000 DA -Acquisition de données satellitaires : 3 000 000 DA -Les charges de Communication : 100 000 DA -Frais juridiques (création d'entreprise, contrats) : 300 000 DA -Salaires (équipe de 3 personnes pour 1 an) : 144 000 DA Total: 6824000 DA | | <p style="text-align: center;">Revenus</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gains à partir d'abonnements à la plateforme, différents niveaux d'abonnement (basique, professionnel, entreprise). - Gains à partir de vente de données à la carte (Téléchargements ponctuels de données spécifiques, Tarification basée sur la résolution, l'étendue ou l'ancienneté des données). - Licences pour l'utilisation des données dans des projets commerciaux (Tarifs adaptés selon l'ampleur du projet et l'utilisation prévue) -Services d'analyse personnalisée (Études spécifiques). - Formation et ateliers payants, Sponsoring et publicité. - Vente de produits dérivés (Rapports annuels sur l'évolution du littoral algérien, Cartes imprimées haute qualité). | | |

Résumé :

Ce mémoire porte sur les menaces pesant sur les sites archéologiques situés dans la zone côtière de Tipaza, en se focalisant sur l'étude de l'évolution de deux facteurs principaux : l'érosion côtière et l'urbanisation. Premièrement, une étude de l'évolution de la ligne de rivage a été menée sur une période de 64 ans (de 1959 à 2023) en utilisant l'outil DSAS sur ArcGIS, révélant une érosion de 100% avec un recul maximal d'environ 40 mètres. Deuxièmement, une étude sur l'évolution de l'occupation du sol sur 17 ans (de 2006 à 2023) qui montre une augmentation significative de l'urbanisation (de 671 625.32 m² à 1 076 441.04 m² soit une hausse de 60.27 %) qui s'est traduit en parallèle par une diminution drastique des terres agricoles (de 1 057 846.39 m² à 87 586.48 m² soit une diminution de 91.72 %). Après l'extraction et la délimitation des sites archéologiques, ces résultats mettent en évidence l'accroissement des risques de perte du patrimoine archéologique, malgré la dégradation et la disparition déjà constatées de certaines zones. Il est donc nécessaire que les procédures de conservation intègrent les préoccupations de sauvegarde archéologique dans les politiques d'aménagement urbain et rural, afin de préserver ce patrimoine historique important tout en favorisant le développement économique local, notamment dans le secteur touristique.

Mots clés : Tipaza, sites archéologiques, érosion côtière, occupation du sol, étude spatio-temporelle.

Abstract :

This end of studies project addresses the threats to archaeological sites located in the coastal area of Tipaza, focusing on the study of the evolution of two main factors: coastal erosion and urbanization. Firstly, a study of shoreline evolution was conducted over a period of 64 years (from 1959 to 2023) using the DSAS tool on ArcGIS, revealing 100% erosion with a maximum retreat of about 40 meters. Secondly, a study on land use evolution over 17 years (from 2006 to 2023) shows a significant increase in urbanization (from 671,625.32 m² to 1,076,441.04 m², an increase of 60.27%) which was paralleled by a drastic decrease in agricultural land (from 1,057,846.39 m² to 87,586.48 m², a decrease of 91.72%). After the extraction and delimitation of archaeological sites, these results highlight the increasing risks of loss of archaeological heritage, despite the already observed degradation and disappearance of certain areas. It is therefore necessary for conservation procedures to integrate archaeological preservation concerns into urban and rural planning policies, in order to preserve this important historical heritage while promoting local economic development, particularly in the tourism sector.

Keywords: Tipaza, archaeological sites, coastal erosion, land use, spatiotemporal study.

المخلص:

تتناول هذه الأطروحة التهديدات التي تواجه المواقع الأثرية الواقعة في المنطقة الساحلية لتيبازة، مع التركيز على دراسة تطور عاملين رئيسيين: التآكل الساحلي والتوسع العمراني. أولاً، تم إجراء دراسة لتطور خط الساحل على مدى 64 عامًا (من 1959 إلى 2023) باستخدام أداة DSAS على ArcGIS، مما كشف عن تآكل بنسبة 100% مع تراجع أقصى يبلغ حوالي 40 مترًا. ثانيًا، أظهرت دراسة حول تطور استخدام الأراضي على مدى 17 عامًا (من 2006 إلى 2023) زيادة كبيرة في التوسع العمراني (من 671,625.32 م² إلى 1,076,441.04 م²، بزيادة قدرها 60.27%) والتي تزامنت مع انخفاض حاد في الأراضي الزراعية (من 1,057,846.39 م² إلى 87,586.48 م²، بانخفاض قدره 91.72%). بعد استخراج وتحديد المواقع الأثرية، تسلط هذه النتائج الضوء على تزايد مخاطر فقدان التراث الأثري، رغم التدهور والاختفاء الملحوظ بالفعل لبعض المناطق. لذلك، من الضروري أن تدمج إجراءات الحفاظ اعتبارات حماية الآثار في سياسات التخطيط الحضري والريفي، من أجل الحفاظ على هذا التراث التاريخي المهم مع تعزيز التنمية الاقتصادية المحلية، خاصة في قطاع السياحة.

الكلمات المفتاحية : تيبازة، المواقع الأثرية، التآكل الساحلي، استخدام الأراضي، دراسة زمانية مكانية.