

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

Faculté du Génie de la Construction

Département de Génie Civil



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de : **Master Professionnel**
Spécialité : **Génie Civil**
Option : **Voiries et Ouvrages d'Art**

Thème :

GESTION ET EXPLOITATON DES OUVRAGES D'ART DE LA RN 12

Proposé et dirigé par :
M^r Hocine DEHMOUS

Présenté par :
Ghenima AIT SI AMAR
Lydia TOUBOUACHE

Promotion : 2016-2017

Remerciements

Avant tout nous remercions le tout puissant "ALLAH" pour nous avoir données du courage, de la sérénité et surtout la force et la volonté pour bien mener et achever ce travail.

Ensuite, nous tenons à exprimer nos reconnaissance à notre promoteur M^r Hocine DEHMOUS pour son suivi durant l'évolution de notre travail, ainsi que pour ses conseils avisés, ses remarques pertinentes et la confiance qu'il nous a prodiguées.

Nous remercions également les membres du jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Un grand merci pour la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou (DTP) pour leur collaboration précieuse en particulier M^r QUELLAL, M^r SADOUDI et le personnel du service infrastructures.

Nous exprimons aussi, notre gratitude à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, ainsi qu'à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont apportées assistance et aide dans la réalisation de notre projet.

Enfin, nous ne saurions terminer nos remerciements sans les adresser à nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous terminions nos études dans les meilleures conditions.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à
mon cher mari et ma petite fille
qui va bientôt voir le jour,
mes chers parents,
toute ma famille et ma belle
famille
ainsi que mes amis (es).*

Ghenima

Dédicaces

C'est avec un énorme plaisir que je dédie ce modeste travail à mes très chers respectueux et magnifiques parents qui m'ont soutenue tout au long de ma vie et mon cursus d'étude ainsi à mes sœurs : fatima, fariza, nora, ouiza et leurs maries et à mon frère Merzouk, et en particulier à mes adorables camarades ghnima et ouiza

A mes petits anges : AMEL, AYLAN, YACINE, RAYANE

A mes chers copines LYDIA et KAMELIA

A tous mes amis (es).

lydia

Résumé

Les ouvrages peuvent être affectés par des désordres de gravité très variables et dont les causes sont multiples, ces désordres deviennent de plus en plus dangereux, ce qui nous incite à réfléchir sur l'état actuel de ces ouvrages.

Ce modeste travail consiste à développer un Système d'Information Géographique (SIG), qui représente un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires des ouvrages d'art. Ce SIG contient des informations détaillées sur les ouvrages : géo-référencement d'un groupe de pont implantés sur des cartes d'état major à l'échelle 1/50000ème avec leur informations relatives. A partir des états de ces ouvrages on a réalisé une analyse thématique qui a classé ces ouvrages en trois états bons, moyens, mauvais.

Et enfin, on a proposé une méthode de diagnostique basée sur une inspection visuelle et on a essayé de l'appliquer sur quelques ouvrages de la WILAYA de TIZI OUZOU.

Mots clés : Pathologie, Désordre, Diagnostic, Auscultation, SIG, Expertise.

INTRODUCTION GENERALE1**CHAPITRE I : PATHOLOGIES DES OUVRAGES D'ART CAUSES ET DESORDRES**

Introduction	3
I.1 Les principaux désordres dans les ponts	3
I.1.1 Actions sollicitant les ouvrages d'art	3
I.1.1.1 Actions dus au trafic.....	3
I.1.1.2 Action climatique.....	3
I.1.1.3 Actions accidentelles.....	4
I.1.2 Origine de la dégradation	6
I.1.2.1 Les altérations du béton	6
I.1.2.2 La corrosion de l'acier	10
I.1.3 Les Dégradations.....	11
I.1.3.1 Les Fissures	11
I.1.3.2 Les différentes causes de fissurations	12
I.1.3.3 Les Autres dégradations.....	13
CONCLUSION.....	16

CHAPITRE II : METHODE DE DIAGNOSTIC DES OUVRAGES D'ART

Introduction.....	17
II.1 Pourquoi un diagnostic	17
II.2 Les données nécessaires pour le diagnostic d'un ouvrage.....	18
II.2.1 Les données de recensement.....	18
II.2.2 Les données d'évaluation.....	18
II.2.3 Les données décrivant le niveau de service rendu.....	18
II.3 Les types de diagnostic.....	19
II.3.1 le pré-diagnostic	19

II.3.2 Inspection détaillée.....	20
II.4 Les Opérations de diagnostic sur les parties de l'ouvrage d'Art	22
II.5 L'auscultation du pont.....	23
II.5.1 Choix des méthodes d'essai pour l'auscultation d'un ouvrage.....	23
II.6 Interprétation et Analyse des résultats	24
II.6.1 Analyse des résultats.....	24
II.6.2 L'interprétation.....	24
II.7 Evaluation de l'ouvrage.....	24
CONCLUSION	26

CHAPITRE III : CONSTRUCTION ET MISE EN PLACE D'UN SIG

Introduction	27
III.1 Notion d'un SIG.....	27
III.1.1 Bref historique des systèmes d'informations géographiques.....	27
III.1.2 Définition d'un SIG.....	28
III.1.3 Lecture d'un SIG.....	28
III.1.4 Fonctionnalités d'un SIG	29
III.1.5 Les composantes des SIG	30
III.1.6 Mode de représentation des données sur un SIG.....	31
III.1.7 Domaine d'application d'un SIG	31
III.2 Développement d'un SIG pour la RN 12.....	32
III.2.1 Types de données manipulées.....	32
III.2.2 Calage de l'image raster.....	32
III.2.2.1 Carte utilisées	32
III.2.2.2 Caler la carte Bordj Menaiel - Tizi Ouzou-31-Ouest.....	35
III.2.3 Construction d'une base de données.....	36
III.2.4 Affichage de semi de points.....	38
III.2.5 L'analyse thématique avec MapInfo.....	41

III.3 Interprétation des résultats.....	44
CONCLUSION.....	45
 CHAPITRE IV : EVALUATION DES OUVRAGES DE LA RN12	
Introduction.....	46
IV.1 Principe de la méthode	46
IV.2 Classification de l'état des ponts	46
IV.2.1 Classe d'état	46
IV.2.2 Risque pour l'utilisateur : Mention "S".....	47
IV.3 Démarche d'évaluation de l'état des ponts.....	47
IV.4 Définition des parties constitutives d'un pont.....	48
IV.4.1 Structure.....	48
IV.4.2 Eléments de protection.....	48
IV.4.3 Equipements.....	49
IV.5 Définitions des interventions sur un pont.....	49
IV.5.1 Entretien courant.....	49
IV.5.2 Entretien spécialisé.....	50
IV.5.3 Réparation.....	51
IV.6 Application de la méthode IQOA sur des ouvrages de la RN 12.....	52
IV.7 Exemple de classification des 4 ouvrages de la RN 12.....	53
IV.8 Tableau de Classification définitive	66
CONCLUSION.....	67
 CONCLUSION GENERALE.....	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Figure I.1 : Photo réaliser par le MEB d'une fissure interne causée par Gel-Dégel.....	7
Figure I.2 : Abrasion visible sur les fondations du pont.....	7
Figure I.3 : Fissures polygonales et zones d'érosion par abrasion.....	8
Figure I.4 : Effet du Ressuage du béton.....	8
Figure I.5 : Corrosion des armatures.....	10
Figure I.6 : Organigramme de classification des fissures selon leurs morphologies.....	11
Figure I.7 : Efflorescence.....	13
Figure I.8 : Les épaufrures.....	13
Figure I.9 : Ecaillage du béton.....	14
Figure I.10 : Délamination du béton.....	14
Figure I.11 : Ségrégation des éléments de béton.....	15
Figure I.12 : Défauts de mal exécution des travaux.....	15
Figure II.1 : Organigramme d'une inspection visuelle.....	19
Figure II.2 : Organigramme de diagnostic d'élément de l'ouvrage.....	22
Figure III.1.1 : Ensemble d'équipement informatique d'un SIG.....	28
Figure III.1.2 : Groupes de fonctionnalités sous la couche d'application.....	29
Figure III.1.3 : Les composantes d'un SIG.....	30
Figure III.1.4 : Organigramme des différents constituants d'un SIG.....	30
Figure III.1.5 : Organigramme de mode de représentation des données sur un SIG.....	31
Figure III.2.1 : Carte Bordj Menaiel et carte Tizi Ouzou-31-Ouest	33
Figure III.2.2 : Carte (Bordj Menaiel) dans Paint.....	33
Figure III.2.3 : Nouvelle fenêtre de Paint de la carte (Bordj Menaiel) coupée.....	34
Figure III.2.4 : Mosaïque des cartes d'état major	34
Figure III.2.5 : La carte d'état major (Bordj Menaiel - Tizi ouzou-31-Ouest).....	35
Figure III.2.6 : Calage de mosaïque des cartes d'état major	36
Figure III.2.7 : Ouverture du fichier de données dans le SIG	39
Figure III.2.8 : Représentation des ouvrages comme des objets ponctuels	40
Figure III.2.9 : Interface de l'extrait du semi de point dans le SIG	40
Figure III.2.10 : Affichage de la carte	41
Figure III.2.11 : Types de l'analyse à effectuer	42
Figure III.2.12 : Le choix de la table et des variables	42

Figure III.2.13 : Modification de l'apparence de la carte thématique	43
Figure III.2.14 : Analyse thématique des états de différents ouvrages	43
Figure IV.1 : Organigramme de la méthodologie de classification des ponts.....	47
Figure IV.2 : Pont Cadre	52
Figure IV.3 : Pont Mixte.....	52
Figure IV.4 : Pont Rail.....	53
Figure IV.5 : Trémie Centrale.....	53

Tableau I.1 : Les dommages induits par le séisme.....	5
Tableau I.2 : Dégradations d'origine chimique.....	9
Tableau I.3 : Les différentes causes de fissuration.....	12
Tableau II.1 : Types d'inspection détaillée.....	21
Tableau II.2 : Différents type d'évaluation.....	25
Tableau III.2.1 : Les coordonnées des points de calage de la carte (Bordj Menaiel,T-Ouzou-31-Ouest).....	36
Tableau III.2.2 : Extrait de la base de données.....	37
Tableau III.2.3 : Les coordonnées des ouvrages.....	38
Tableau IV.1 : Classification des ouvrages selon la méthode IQOA.....	46
Tableau IV. 2 : Pont Cadre PK44+300.....	54
Tableau IV.3 : Pont Mixte PK44+700.....	57
Tableau IV. 4 : Pont Rail PK 46+600.....	61
Tableau IV. 5 : Trémie Centrale PK46+850.....	64

Intrduction générale

Le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain, sa longueur est estimée à 108 302 km de routes et plus de 3 756 ouvrages d'art. Certains ouvrages demeurent en excellent état après plus d'un siècle d'exploitation et d'exposition à des conditions climatiques particulièrement rigoureuses, alors que d'autres ouvrages récents présentent une détérioration importante.

La plupart de ces ouvrages d'art sont réalisés en béton armé, ils subissent, au cours de leurs vie de service, des modifications structurelles, fonctionnelles ou esthétiques en fonction de leur importance, leur exploitation et leur position environnementale. Ces causes sont dues soit à l'accroissement des charges qui sollicitent la structure soit aux défauts dans le calcul ou dans l'exécution de l'ouvrage.

Afin d'augmenter la durée de vie d'un ouvrage d'art, il y a lieu de prévoir une consolidation ou réparation adéquate. Mais il est important, pour que la réparation soit de qualité, de savoir toutes les causes et les types de pathologies apparentes ou cachées affectant cet ouvrage. Pour connaître leur nature, leur étendue et leur potentialité d'évolution, il est très essentiel d'établir le diagnostic nécessaire pour la prise de décision relative aux actions d'entretien, de maintenance ou de réhabilitation de l'ouvrage concerné.

Pour cela le diagnostic préalable de l'ouvrage constitue la base nécessaire pour le choix d'une stratégie de réparation la plus adéquate en fonction du type de dégradation et pour permettre une évaluation plus précise des coûts. Ainsi, il faut prévoir un suivi rigoureux et une maintenance efficace. Cette importante tâche est du ressort du Maître d'Ouvrage qui doit définir une politique d'entretien et de préservation de son patrimoine d'ouvrages d'art.

La gestion des ouvrages d'art doit satisfaire à des exigences fondamentales :

- o obtenir une image fiable de l'état du patrimoine ;
- o identifier les risques éventuels encourus par les usagers ;
- o faciliter la mise en œuvre d'une politique d'entretien et de préservation du patrimoine ;
- o optimiser les actions de gestion, pour parvenir à l'adéquation des moyens et des résultats.

Elle a pour obligation principale de maintenir chaque ouvrage d'art à un état de service normal, du point de vue :

- o sécurité des usagers et des exploitants,
- o structurel.

La gestion d'un parc d'ouvrages d'art nécessite au préalable :

- o un recensement de tous les ouvrages d'art le composant,
- o une affectation à chaque ouvrage d'un indice stratégique et/ou de priorité,
- o une connaissance de leur état initial et/ou au moment du recensement.

Cette action initiale peut être effectuée au moyen d'une méthodologie d'expertise. Et, dans le cadre de ce travail, nous présenterons la mise en place d'un outil de gestion des ouvrages d'art de la route nationale 12 à Tizi-Ouzou en collaboration avec la direction des travaux publics de la wilaya. Cet outil, consiste à la mise en place d'un système d'information géographique en intégrant l'aspect pathologie des ouvrages.

Ainsi, les points qui seront développés dans le cadre de ce travail concernant la pathologie des ouvrages d'art, causes et désordres dans le chapitre 1. Le chapitre 2 sera consacré aux méthodes de surveillances des ouvrages d'art. Dans le chapitre 3, nous présenterons la mise en place d'une base de données pour un groupe d'ouvrage expertisé par la Directions des travaux publics de la Wilaya de Tizi-Ouzou et la mise en place d'un Système d'Information Géographique. Dans le 4^{ème} chapitre nous présenterons l'évaluation de 4 ouvrages par la méthode Image de Qualité Des Ouvrages d'Art (IQOA).

Chapitre I

Pathologies des ouvrages d'art
Causes et désordres

Introduction

Les ouvrages sont soumis à des sollicitations toujours croissantes dont les causes sont multiples. Ceci engendre des dégradations résultant de l'augmentation des charges et des divers phénomènes naturels et physico-chimiques qui sont enregistrés et s'ajoutent au cycle naturel du vieillissement des structures.

I.1 Les principaux désordres dans les ponts

I.1.1 Actions sollicitant les ouvrages d'art

I.1.1.1 Actions dus au trafic

Les ponts sont sollicités par le trafic qui représente l'une des causes majeures de leur vieillissement. Le trafic routier varie d'un endroit à un autre et évolue en fonction du temps. En effet, suivant un tronçon de route, la composition et la densité du trafic changent. L'action dynamique provoquée par le trafic routier dépend de nombreuses variables liées aux flux de trafic, au profil de la chaussée et au pont. Afin de simplifier l'analyse de l'ouvrage, ces actions dynamiques sont remplacées par des actions statiques équivalentes. Ces dernières sont constituées par un modèle de charge statique dont la valeur représentative est majorée par un facteur d'amplification dynamique. Cette manière de considérer l'action dynamique du trafic est proposée dans la plupart des normes de dimensionnement à travers le monde.

I.1.1.2 Action climatique

Les principales actions climatiques affectant les ponts sont la température et le vent. La neige ne concerne que des ouvrages couverts en site montagneux. L'action de la température sur les matériaux est généralement bien connue. Lorsque la température est élevée, elle est, par exemple, une des causes de la fissuration du béton en cours de durcissement du fait de son séchage naturel (fissuration due au retrait de dessiccation). À l'opposé, un bétonnage par temps froid, sans précautions particulières, engendre un risque de gel de l'eau du béton qui le détériore par expansion. Ce risque doit être distingué des dégradations produites sur le béton durci, les cycles de gel et dégel. Enfin, la forte augmentation de la vitesse d'hydratation du ciment crée des écarts de température entre le cœur des pièces coulées et leur surface, et accroît le risque de fissuration lors du refroidissement. En ce qui concerne le vent, son action sur les structures se manifeste de nombreuses manières: cela va de l'effet de dessiccation du béton frais en surface à la pression dynamique appliquée aux structures et à leur mise en

mouvement éventuelle, pouvant provoquer des phénomènes de flottement ou de galop dans le cas de structures souples (ponts à câbles).

I.1.1.3 Actions accidentelles

1- Séismes :

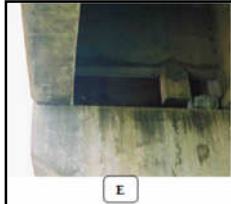
La situation géographique de l'Algérie, fait que plusieurs régions de notre pays peuvent être qualifiées de zones sismiquement actives. La dernière sollicitation sismique, qu'a connue la région de BOUMERDES en 2003 de magnitude 6.8 est l'ultime preuve. Elle a provoqué la discussion sur le dimensionnement des ouvrages d'art en tenant compte du risque sismique afin d'éviter les effondrements catastrophiques et limiter les degrés d'endommagement. En effet, le 1^{er} règlement parasismique des ouvrages d'art Algérien a été élaboré en 2006. Pour la prise en compte du risque séismique, les ponts sont classés selon leur importance en trois groupes :

- Groupe 1 : ponts stratégiques qui doivent rester circulables après le séisme tel que acheminement des secours, itinéraires de desserte d'installations stratégiques.
- Groupe 2 : ponts importants qui franchissent au moins une des voies terrestres ci-après :
 - Autoroutes, routes expresses et des voies à grande circulation ;
 - Liaisons assurant la continuité du réseau autoroutier ;
 - Grandes liaisons d'aménagement du territoire ;
 - Les ponts situés dans les emprises des ports commerciaux maritimes ;
 - Les ponts sur itinéraire de desserte des installations de grande importance (Groupe 1B du RPA 99/2003) ;
- Groupe 3 : ponts d'importance moyenne non classés en groupe 1 et 2.

Les effets du séisme sur les ouvrages peuvent se manifester d'une façon directe et indirecte,

Voir tableau ci-dessous :

Tableau I.1 : Les dommages induits par le séisme

LES DOMMAGES DIRECTS				
Affaissement des chaussées par rapport à la sortie du pont. 	Ouverture des joints de chaussées.  	Endommagement des bloqueurs de déplacement latéraux. 	Déplacement et translations des poutres de tablier. 	Endommagement des appareils d'appuis. 
LES DOMMAGES INDIRECTS				
La liquéfaction des sables (perte de la capacité portante des sables gorgés d'eau qui provoque le basculement et l'enfoncement des constructions).	Le glissement de terrain : sur les versants, le glissement provoqué par les séismes ne sont pas rares et entraînent la perte totale des ouvrages concernés.	Les éboulements rocheux : ils sont fréquents dans les régions montagneuses. Les constructions peuvent alors être partiellement ou totalement détruites. Ce danger ne peut être apprécié que par un spécialiste.		

2- Action mécanique de l'eau :

L'action mécanique de l'eau sur les structures se manifeste à travers les phénomènes d'affouillement et d'abrasion. Dans le passé, l'affouillement des rivières autour des piles fut, avec les guerres, la principale cause de destruction des ponts. De nos jours, les techniques d'exécution de fondations profondes sont parfaitement maîtrisées par les entreprises spécialisées et les conséquences accidentelles d'affouillements ne sont plus à craindre pour les

ouvrages neufs correctement fondés. Elles le sont, par contre, toujours pour les ouvrages anciens ou même récents lorsque leurs fondations manquent de robustesse.

3- Choc des véhicules :

Le choc des véhicules contre un ouvrage représente un danger considérablement fréquent dont les plus souvent sont ceux des poids lourds hors gabarit contre l'intrados des ponts et particulièrement lorsque ce dernier concerne une ligne à grande ou à très grande vitesse.

Les ondes de choc endommagent les éléments du béton qui sont épaufrés et laissent généralement à nu le cadre d'armatures, les cassures sont fraîches et non altérées, les armatures ne sont pas corrodées, en plus, les épaufrures résultant sont profondes et elles n'ont pas l'aspect d'un écaillage, de plus, l'ouvrage est généralement soumis à des impacts (quais ou pont) ce qui fait qu'un tel dommage est immédiatement suspect .

4- Incendie :

L'action du feu sur les ouvrages d'art présente une probabilité absolue comparable à celle des chocs de véhicules lourds sur les piles ou les tabliers, en effet on dénombre près d'une centaine d'incendies majeurs de poids lourd par an sur le réseau autoroutier qui endommagent le béton dès que sa température atteint 200°C ; les armatures de précontrainte sont sensibles dès 175°C, tandis que les armatures à haute adhérence résistent jusqu'à 350- 450°C.

I.2.2 Origine de la dégradation

I.2.2.1 Les altérations du béton

Les structures en béton vieillissent. Ce matériau subit de nombreuses agressions physiques, physico-chimiques et chimiques dont l'intensité est liée à la cinétique de pénétration de l'eau et des gaz. Cette dernière est en fonction de la structure, de la porosité, et de la perméabilité du béton.

1- Dégradation d'origine physique ou mécanique

- **Cycle de gel-dégel :** ces dégradations affectent principalement les parties non protégées par un revêtement étanche et sont amplifiées par l'utilisation de sels anti-verglas. les symptômes les plus courants sont l'écaillage de surface et le gonflement de tout ou d'une partie de la structure accompagnée le plus souvent d'une fissuration en réseau. Voir la Figure ci-dessous :

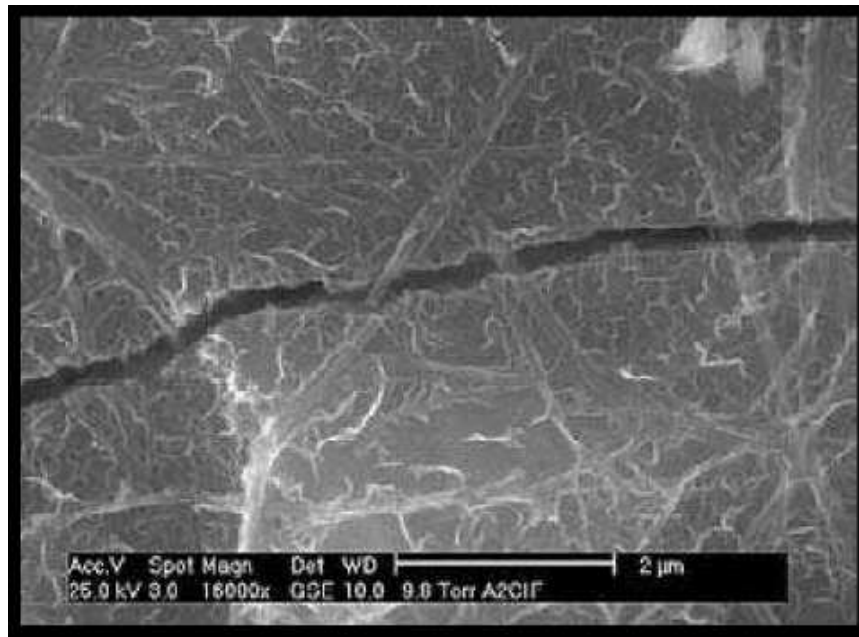


Figure 1.1 : Photo réalisée par le MEB d'une fissure interne causée par Gel-Dégel

- **Phénomènes d'abrasion et d'érosion :** concerne principalement les piles de ponts en maçonnerie soumises à l'action du courant ou qui subissent des chocs de corps flottants.
- L'abrasion : c'est l'usure de la surface par suite de frottements répétés et des tempêtes dans les zones dessertes qui peuvent conduire à l'abrasion des matériaux.

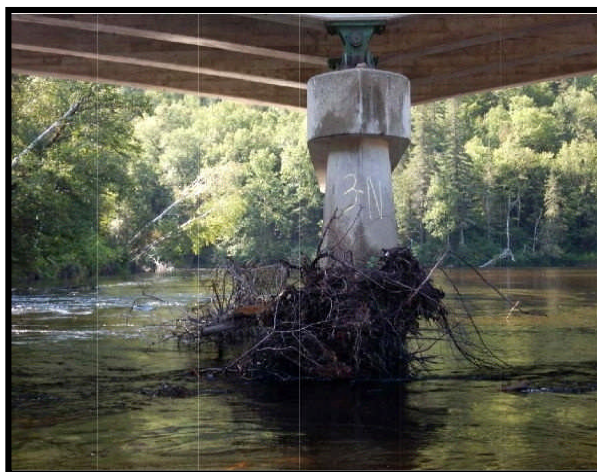


Figure I.2 : Abrasion visible sur les fondations du pont

- L'érosion : les ouvrages en site fluvial ou maritime sont sujets à l'érosion due au charriage d'éléments solides soit, du fait d'un fort courant ou sous l'action des vagues pour les ouvrages côtiers.



Figure I.3 : Fissures polygonales et zones d'érosion par abrasion

2- Dégradations d'origine physico-chimique

- Le ressuage : lors de son séchage, le béton se tasse et une pellicule d'eau vient se former à sa surface. Les gros granulats ou les armatures peuvent faire office d'obstacle à ce tassement et ainsi fissurer le béton avant sa prise complète.
- Le retrait : il en existe de différents types et à divers stades de la vie du béton, mais tous mènent au même résultat, une réduction du volume du béton par réaction chimique. Ce phénomène, s'il est empêché par frottement, mènera inévitablement à des fissures. Un béton composé avec beaucoup de ciment aura plus tendance à se retirer, donc il faudra faire attention à la formulation.
- Les conditions de mise en œuvre : un béton contenant une quantité d'eau trop importante perdra énormément en résistance et donc sera sujet à une fissuration plus importante.



Figure I.4 : Effet du Ressuage du béton

3- Dégradations d'origine chimique

Tableau I.2 : Dégradations d'origine chimique

Type	Caractéristique	Risques	Image
Alcali-réaction	La silice de certains granulats réagit avec le ciment (composé alcalin) formant un gel qui gonfle le béton et le fait éclater.	Apparitions de réseaux de fissures profondes qui entraînent des désordres structurels dans les années qui suivent.	
Carbonatation	La portlandite du ciment réagit petit à petit avec le CO ₂ de l'air. Cette réaction réduit donc le pH du béton de 13 à 9. Lorsque le front de carbonatation atteint les armatures, elles corrodent les armatures qui gonflent et éclatent le béton.	De gros désordres structurels se présentent. Les aciers perdent beaucoup en résistance et le béton risque de rompre.	
Attaque Des ions chlorures	Les ions chlorures (présents dans l'eau de mer, l'eau des piscines, certains sols et certains granulats) peuvent pénétrer par les fissures ou le réseau poreux du béton pour aller corroder les aciers.	Fissuration du béton. Réduction de la section des aciers résistants. Éclatement local du béton. Apparition de rouille à la surface du béton sous forme de taches non esthétiques.	
Réaction Sulfatique Interne (RSI)	En cas de fortes températures (65 °C et plus) au cœur du béton au jeune âge, le béton refroidit lentement et la formation d'ettringite (minéral composé de soufre, calcium et d'aluminium qui permet de réguler la prise du ciment) est alors retardée. En contact avec des sulfates (venant de l'eau de mer, du sol ou d'engrais), de l'ettringite expansive se forme alors entraînant un faïençage profond du béton.	Semblables aux risques de l'alcali-réaction	

I.2.2.2 La corrosion de l'acier

La corrosion de l'acier vient généralement sous l'effet d'agents atmosphériques ou de réactifs chimiques, mais il existe d'autres facteurs. Ces derniers peuvent dépendre du métal lui-même qui se répartit en facteurs métallurgiques et en facteurs liés aux conditions d'utilisation. Les facteurs dépendant du réactif peuvent essentiellement être affectés par sa nature, sa concentration, son PH, la teneur en oxygène, la présence d'impuretés...etc.

1- La corrosion atmosphérique :

Dans les structures métalliques laissées sans protection spéciale à l'air libre, l'acier se couvre d'une couche d'oxydes constituant ce qu'on appelle la rouille. Cette rouille possède un volume très supérieur à celui de l'acier dont elle est issue.

2- Corrosion des armatures dans les structures en béton armé :

La corrosion des armatures passives dans un ouvrage en béton armé provoque :

- o Un éclatement du béton résultant de l'important gonflement de l'acier lors de son passage à l'état rouille ;
- o La diminution de la résistance à la fatigue et de la ductilité des armatures.

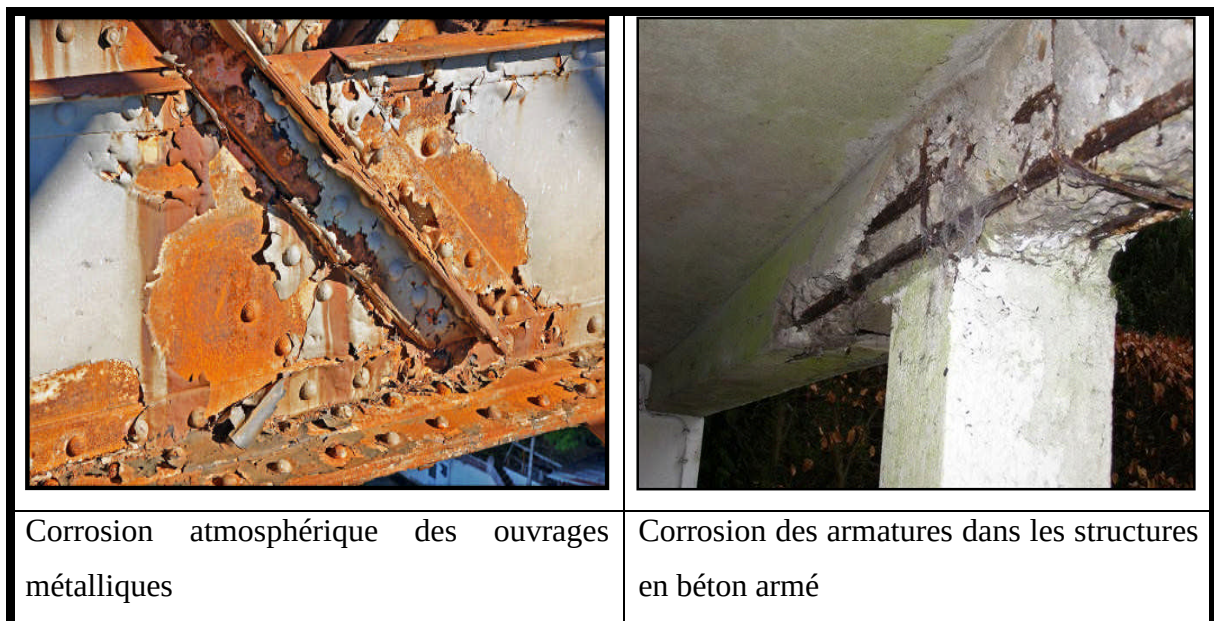


Figure I.5 : Corrosion des armatures

I.2.3 Les Dégradations

I.2.3.1 Les Fissures :

En général, une fissure est considérée comme une discontinuité dans le champ de déplacement à travers laquelle les contraintes de traction sont nulles ou diminuent en fonction de l'ouverture de cette même fissure. La fissuration peut se produire par compression, traction, cisaillement, aussi bien sous chargement statique qu'en fatigue, sous l'effet des charges permanentes ou des surcharges ou lors du déplacement des charges.

Il est possible de classer les fissures selon leur morphologie, ce type de classement fait appel uniquement aux apparences :

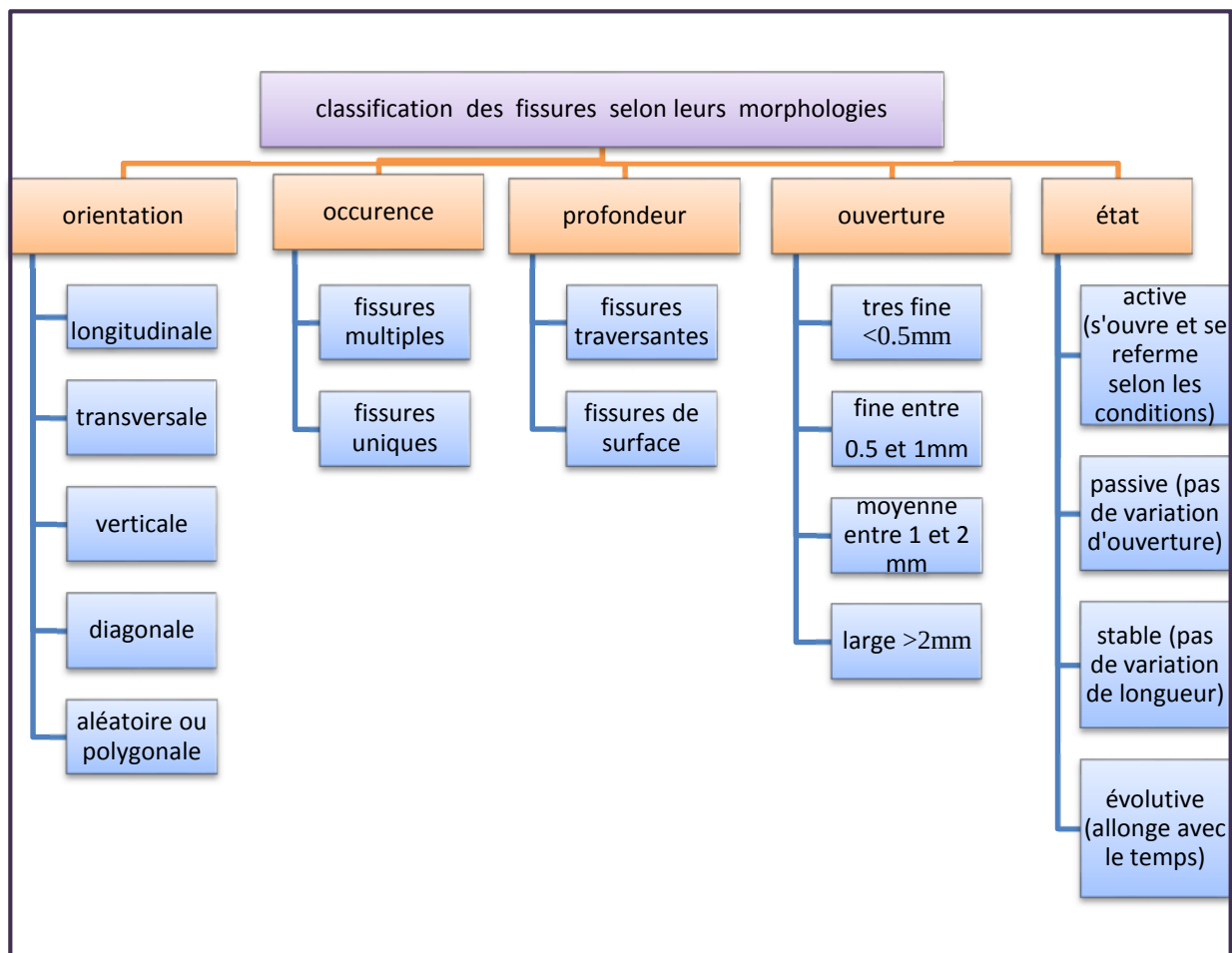


Figure I.6 : Organigramme de classification des fissures selon leurs morphologies

I.2.3.2 Les différentes causes de fissurations :

Plusieurs phénomènes ou mécanismes agissant simultanément ou séquentiellement peuvent causer l'apparition des fissures, le tableau suivant nous illustre ces principales causes :

Tableau I.4 : Les différentes causes de fissuration

Fissuration	Types	Causes
Avant Durcissement	Physique	- gel prématuré - retrait plastique -ségrégation
	Mouvement durant la construction	-des coffrages du sol ou de la fondation
Après Durcissement	Physique	-contraction des agrégats -retrait de séchage
	Chimique	-corrosion de l'armature -réaction alcali-granulats -pénétration de corps étrangers (ions chlorure sulfates, dioxyde de carbone) -composition de ciment
	Thermique	-cycle de gel-dégel (variation saisonnière de température) -variation de condition d'humidité -retrait thermique : gradient de température interne
	Structurale	-surcharge accidentelle -surcharge de construction -pratiques de construction douteuse -fluage -erreur de conception (charge de calcul) -charge appliquée
	Accidentel	-tremblement de terre -feu

I.2.3.3 Les Autres dégradations :

a) Efflorescence :

L'efflorescence est le résultat de l'hydrolyse des composants de la pâte de ciment dans le béton. L'efflorescence est indiquée par la présence des dépôts blancs sur le béton, le plus souvent sur le dessous des ponts et viaducs et indique que l'eau utilisée dans le processus de mélange de béton a été contaminée.



Figure I.7 : Efflorescence

b) Les épaufrures :

Défaut de surface généré par les ondes de choc ou les intempéries, elles correspondent à un éclatement du béton avec chute de fragment, laissant souvent les armatures apparentes elles sont généralement la suite logique d'un écaillage.

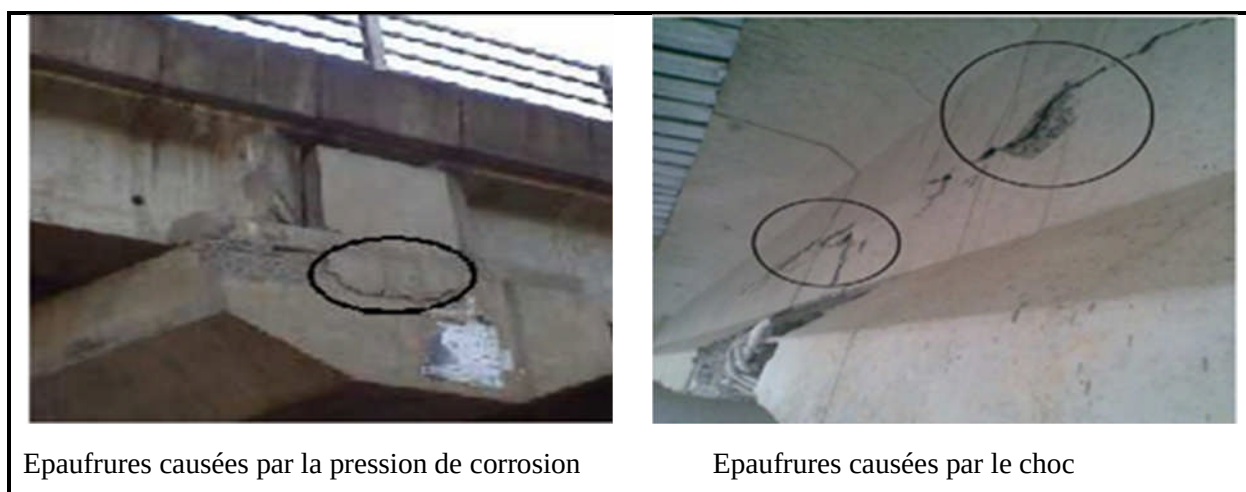


Figure I.8 : Les épaufrures

c) L'écaillage :

L'exposition à certains phénomènes climatiques comme le vent, un écoulement (ruissellement, suintement) peut provoquer la détérioration des parements de l'ouvrage. Cela se traduit par la disparition de la pâte de ciment. Des « nids de cailloux » apparaissent, laissant les granulats vulnérables aux agressions extérieures. De tels défauts dans les parements n'ont donc pas d'influence directe sur le comportement structurel de l'ouvrage.



Figure I.9 : Ecaillage du béton

d) Délamination :

L'air et l'eau entrappés sous le mortier de surface provoquent une délamination de la surface de la dalle de béton variant de quelques centimètres à quelques mètres carrés.

L'épaisseur de délamination de la dalle peut varier de 3 à 5 mm. Elle est apparente lorsque le béton est durci et que la surface se détériore sous l'action de la circulation. Elle aboutie à la chute de plaques de béton et la création de trous dans le tablier de pont.



Figure I.10 : Délamination du béton

e) La ségrégation :

Phénomène de séparation des constituants d'un béton frais, qui peut être provoqué par un malaxage insuffisant ou par une vibration excessive.



Figure I.11 : Ségrégation des éléments de béton

f) Défauts de construction :

Cela inclut les questions de consolidation tels que les poches de roche, les vides en nid d'abeille, des trous de bugs, et des stries de sable qui peuvent résulter de vibrations incorrectes, mélange sec, sans super plastifiant, mélange trop mouillé, l'espacement des barres d'armatures incorrect ou mauvaise sélection des agrégats.



Figure I.12 : Défauts dû au mal exécution des travaux

Conclusion

Une connaissance aussi précise que possible des mécanismes de dégradation des matériaux, et perte de performance ou de comportement, sont dues à plusieurs facteurs qu'on ne peut pas maîtriser. Ainsi la notion de la structure parfaitement durable est une notion irréalisable. Cette vulnérabilité des structures nous exige le recours à une bonne technique de diagnostic et d'auscultation à travers le cycle de la vie de l'ouvrage.

A cet effet la compréhension des mécanismes de dégradation nécessite la maîtrise des méthodes de surveillance, de détection des causes et des pathologies. Ceci fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre II

Méthode de surveillance des Ouvrages D'Art

Introduction

La première étape à franchir pour intervenir efficacement sur un ouvrage en béton consiste à déterminer les causes des dommages existants. Cette étape peut aussi être la plus importante du processus de réfection ou d'entretien. Car si, par exemple, le phénomène qui provoque la détérioration du béton de base n'est pas contrôlé, ou si son diagnostic est incorrect, il est fort probable que ce mécanisme de dégradation affecte aussi le béton de réparation. Une identification incorrecte de la source du problème se traduit alors par des interventions coûteuses, infructueuses et surtout récurrentes, ce qui n'est certainement pas intéressant du point de vue de la durabilité des travaux et des budgets, parfois limités, des gestionnaires.

Il est donc important en premier lieu de mettre en place une méthodologie de diagnostic afin de préciser convenablement dans un délai adéquat l'origine de ces endommagements et les opérations nécessaires d'entretien ou de remise en état. Ceci permettra d'aboutir à un diagnostic général de cet ouvrage qui va nous tenir à jour d'une connaissance suffisante de l'état de dégradation et par conséquent de faciliter le choix postérieur des actions et des matériaux requis lors de l'intervention sur la structure.

II.1 Pourquoi un diagnostic ?

Le diagnostic d'un ouvrage c'est l'ensemble des investigations nécessaires pour définir l'origine et l'étendue des désordres constatés, il permet de vérifier s'il satisfait aux conditions de sécurité et d'utilisation qui sont définies par la réglementation et par les besoins de son propriétaire ou usager. Le vieillissement d'un ouvrage est marqué par l'apparition de désordres spécifiques.

Dans le cadre d'un diagnostic, trois types de missions peuvent être réalisées :

- o Sur un ouvrage sain : estimer, vérifier ou contrôler les caractéristiques de la construction, c'est notamment le cas des ouvrages à « caractère exceptionnel » (grand ponts...etc.) ou des structures innovantes dont il souhaite connaître le comportement en service ;
- o Sur un ouvrage supposé endommagé : détecter l'endommagement ;
- o Sur un ouvrage visiblement endommagé dont les désordres sont susceptibles ou non de s'aggraver ou de mettre en cause la sécurité : caractériser l'endommagement (gravité de l'endommagement, étendue spatiale...etc.).

II.3 Les données nécessaires pour le diagnostic d'un ouvrage

II.3.1 Les données de recensement

- Localisation du pont ; caractéristiques géométriques de l'ouvrage ; type d'ouvrage et matériaux utilisés dans sa construction ; année de construction du pont ;
- Importance historique du pont ; importance de réseau dans lequel il se trouve
- Possibilité et la longueur de déviation en cas de nécessité ;
- Charges admissibles ainsi que l'historique de réparation, si elle existe.

II.3.2 Les données d'évaluation

Les données permettant l'évaluation de l'endommagement d'un ouvrage sont nombreuses. On peut alors classer les informations recherchées en trois catégories selon leur nature ou leur origine :

- Caractéristiques de l'ouvrage : mesure de l'épaisseur du béton, mesure de l'enrobage des barres d'armatures dans un béton armé, positionnement et dimensionnement du ferrailage passif/actif, localisation des joints de coulées ...etc.
- Caractéristiques du matériau : caractérisation de la composition, évaluation de l'ensemble des caractéristiques mécaniques et physiques des matériaux.
- Caractéristiques pathologiques : détection et localisation des parties d'un ouvrage atteintes d'alcali-réaction, ou contaminées par des chlorures, de vides ou d'hétérogénéités (fissures, microfissures, nids d'abeille)...etc.

II.3.3 Les données décrivant le niveau de service rendu

S'obtiennent en comparant le niveau de service, effectivement offert par le pont, avec le niveau de service actuellement requis par rapport à un nouveau pont que l'on construisait sur le même réseau ou pour une nouvelle condition du trafic. A cet effet, nous pouvons conclure que ces données permettant l'évaluation de l'état de gravité des ouvrages et le type d'insuffisance sont soit :

- L'insuffisance structurelle ce qui signifie que le pont n'a plus sa résistance mécanique originelle, à cause de sa dégradation ; il ne peut donc plus supporter sans risques le trafic pour lequel il a été conçu. En conséquence, il doit être limité en charge, ou en vitesse, ou en nombre de voies de circulation, voire fermé complètement au trafic.

- L'insuffisance fonctionnelle signifie que la conception originelle du pont l'a rendu inadapté aux nouvelles conditions du trafic, à cause, par exemple, d'une insuffisance des charges admissibles, ou du gabarit, ou de la largeur utile.

II.3.4 Les types de diagnostic

Tout au long de sa vie, l'ouvrage devrait être soumis à des inspections, de plusieurs types ou niveaux, afin de connaître son état et pour se faire on procède de la manière suivante :

II.3.4.1 le pré-diagnostic

Appelé aussi l'inspection visuelle ou préliminaire, c'est l'analyse des archives et des sources principales d'informations relevées pendant les inspections principales. Elles fournissent des informations de base suffisantes pour qu'un avis préliminaire soit présenté vis-à-vis des conditions de l'élément dégradé. Plusieurs méthodes de classification basées sur les caractéristiques de ces désordres sont disponibles dans la littérature, exemples :

- La méthode Image de la Qualité des Ouvrage d'Art (IQOA) 1995.
- La méthode de classification proposée par l'ACI, 1993.

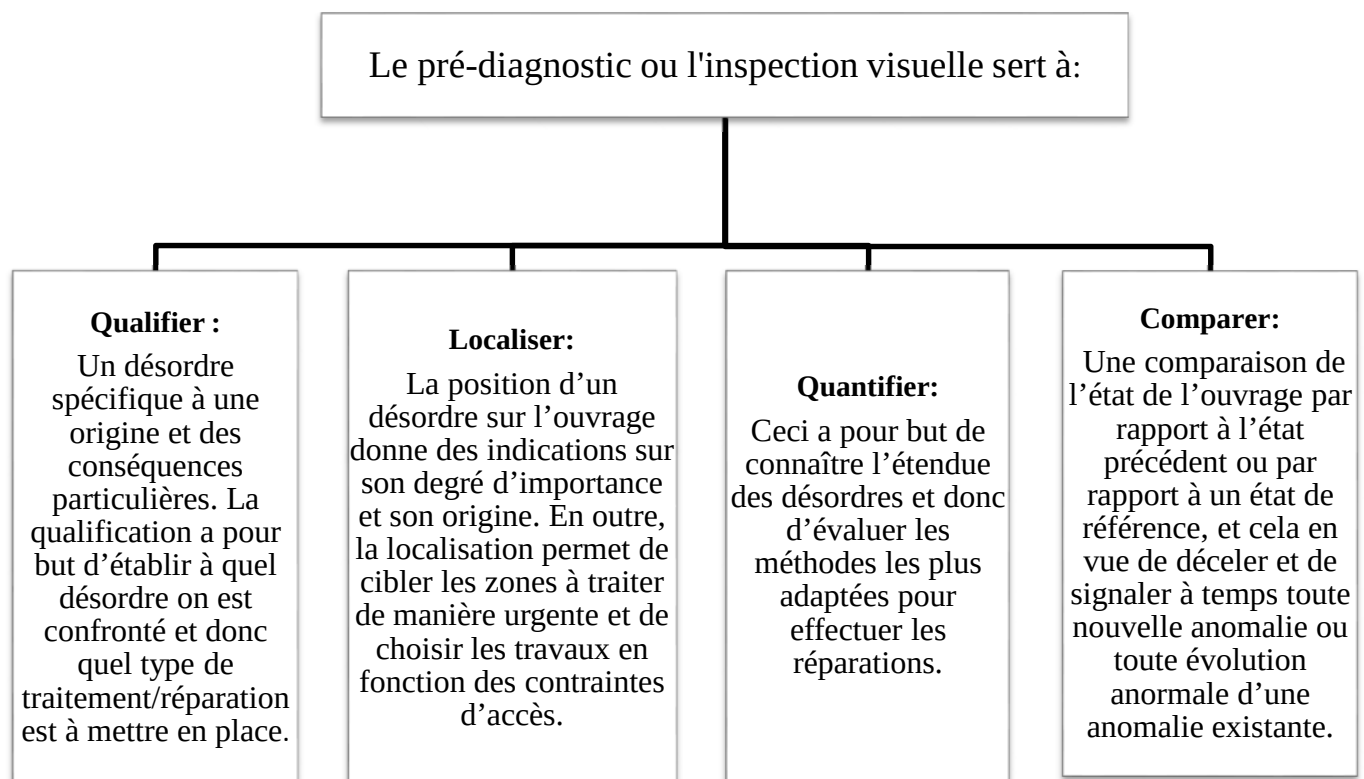


Figure II.1 : Organigramme d'une inspection visuelle

II.3.4.2 Inspection détaillée

Ces inspections sont réalisées selon l'état de la structure :

- tous les ans pour les ouvrages dont l'état est alarmant,
- tous les trois ans pour les ouvrages sensibles,
- tous les six ans pour les ouvrages normaux et enfin tous les neuf ans pour les ouvrages robustes.

Elle est réalisée par un organisme spécialisé en employant tous les moyens d'accès nécessaires pour accéder aux différentes parties et éléments de l'ouvrage, ainsi que l'outillage adéquat de maître d'ouvrages, à savoir :

- nacelles,
- échafaudages,
- matériel élévateur,
- barques,
- équipements de plongée,
- aides visuelles,
- marteau,
- fil à plomb,

Cette visite sera sanctionnée par un procès-verbal ou rapport de visite dans lequel apparaîtront en détail tous les renseignements et résultats de la visite (appuyés par des prises de vues), ainsi qu'une évaluation précise de l'état de l'ouvrage.

Les inspections détaillées peuvent être faites par (voir le tableau ci-dessous) :

Tableau II.1 : Types d'inspection détaillée

Types d'inspection	Correspondance
Une visite annuelle	-Pour certains ouvrages comportant des dégradations ou désordres particuliers et pour les ouvrages relativement anciens, avant de les programmer pour l'entretien ou la réparation.
Une auscultation approfondie	-Des éléments ou parties d'ouvrage, ou de tout l'ouvrage. Des investigations sont menées au moyen d'appareillages spécifiques pour apprécier la qualité et les caractéristiques des matériaux en place, le comportement de l'élément ou de la structure en service, évaluer les efforts et contraintes.
Une surveillance renforcée	-Lorsque l'auscultation ne permet pas de répondre à certaines questions qui se posent sur l'état de l'ouvrage, ou lorsqu'il y a possibilité de remplacement de l'auscultation, on recourt au suivi de l'évolution de certaines dégradations par des examens fréquents et des mesures périodiques, pendant une certaine durée (une année au minimum).
Une haute surveillance	-Est une mesure d'exception, destinée à surveiller l'apparition ou à suivre l'évolution d'un état considéré comme dangereux et à permettre de prendre en temps utile toutes les dispositions nécessaires pour maintenir la sécurité. L'objectif fondamental de la haute surveillance est d'assurer une sécurité permanente, compte tenu de l'utilisation qui sera faite de l'ouvrage avant réparation. Un deuxième objectif est de suivre l'évolution réelle des désordres, pour qu'il puisse en être tenu compte dans le projet de réparation.
Inspection des dommages	-Dans le cas de l'endommagement d'un pont, une inspection des dommages est généralement appelée à évaluer la gravité des dégâts et de déterminer la nécessité de restrictions de charge ou de fermeture complète. Le niveau et le détail d'inspection dans ce cas dépend de la gravité et l'étendue des dégâts. Si les dommages significatifs sont trouvés, l'inspecteur peut généralement s'attendre à faire des mesures détaillées des éléments endommagés (par exemple le niveau de perte de la section). Il est évidemment souhaitable que l'inspecteur ait la capacité de faire des calculs d'ingénierie dans le domaine spécifié lié à la nécessité de restriction de charge ou de fermeture.
Inspections détaillées particulières	- Elles sont effectuées en dehors du programme d'inspections périodiques (primaires et détaillées). Elles sont déclenchées par l'administration : ▪ Suite à des circonstances anormales : Crues, glissement de terrain, passage de convois exceptionnels, défaillance imprévue, désordre occasionné par choc, séisme, ...etc. ▪ A l'occasion de la mise en service d'un ouvrage neuf ou d'un ouvrage ayant subi des travaux de confortement ou de réhabilitation. En vue de réévaluation de la portance vis-à-vis de nouvelles réglementations.

II.4 Les opérations de diagnostic sur les parties de l'ouvrage d'art

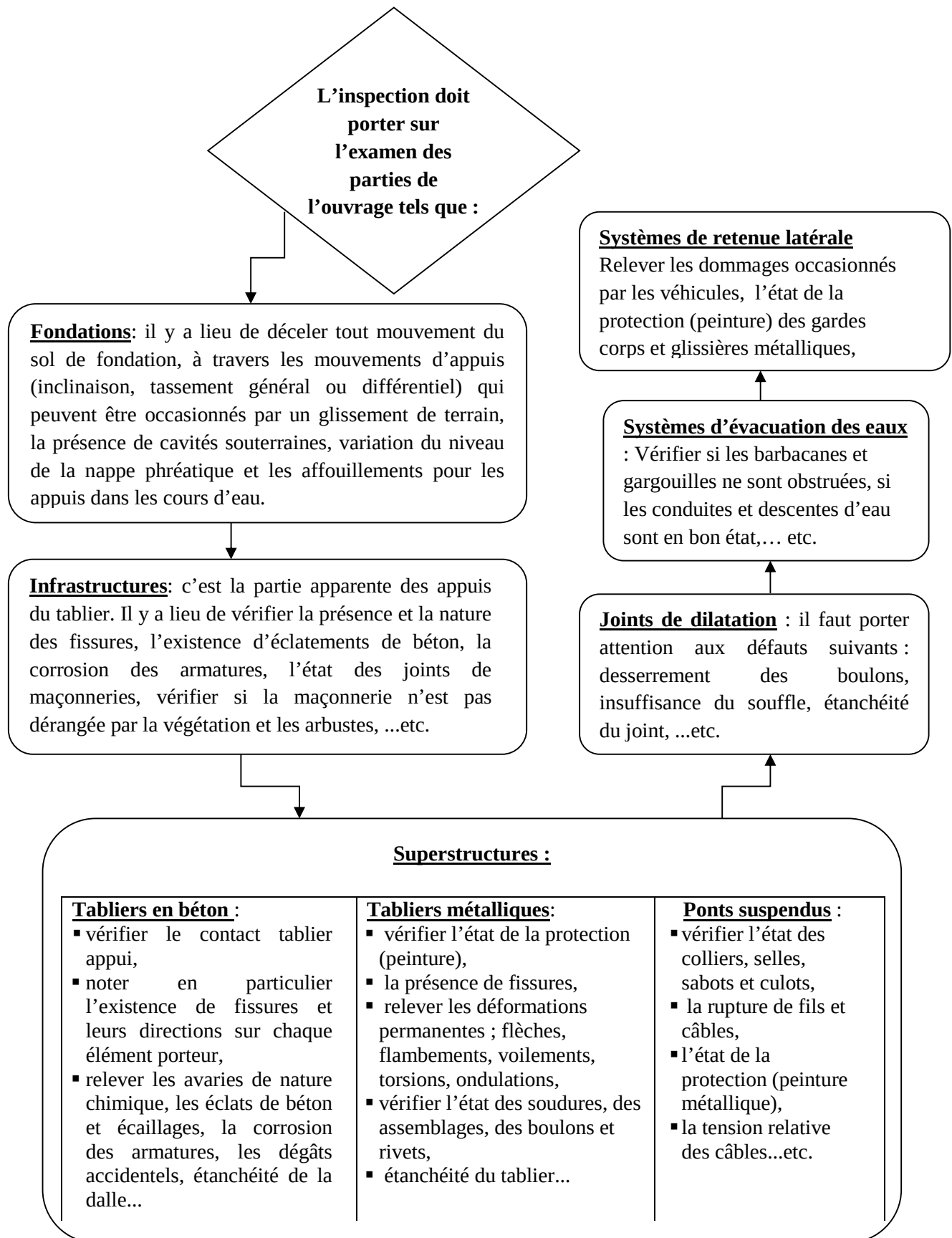


Figure II.2 : Organigramme de diagnostic d'élément de l'ouvrage

II.5 L'auscultation du pont

L'auscultation est un ensemble d'examens et de mesures spécifiques faisant le plus souvent appel à des techniques élaborées, et qui visent à mieux connaître l'état réel d'un ouvrage pour aboutir à un diagnostic de sa pathologie. On peut ainsi considérer que l'auscultation englobe l'instrumentation et la mise en œuvre d'essais, qu'ils soient destructifs ou non. Certaines méthodes d'auscultation voir (Annexe 1) peuvent être utilisées avec une fréquence plus ou moins régulière pour effectuer un suivi du comportement d'une structure au cours du temps ; cette activité entre dans le cadre de la surveillance renforcée ou de la haute surveillance.

L'auscultation est également un outil de pronostic de l'évolution de l'ouvrage et d'estimation de sa durée de vie. Ce pronostic fait appel à des modèles de vieillissement dont les paramètres peuvent être évalués par des mesures et affinés au fur et à mesure du suivi de l'ouvrage.

II.5.1 Choix des méthodes d'essai pour l'auscultation d'un ouvrage :

La Sélection détaillée des méthodes d'essai sera basée sur une connaissance des objectifs visés, couplée à une connaissance de limitations d'accès pratiquement obtenus à partir de la visite préliminaire du site. Les considérations importantes dans le choix des méthodes sont les suivantes:

- La disponibilité et la fiabilité des étalonnages, qui peuvent être nécessaires pour relier les valeurs mesurées et les propriétés requises. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'aller de l'examen visuel vers l'écrasement des carottes pour réaliser l'étalonnage ;
- L'effet des dommages, ce qui porte à la fois l'aspect de surface de l'organe à test et la probabilité de dégâts structurels causés par l'effet destructif de l'essai sur les sections d'ouvrages ;
- La précision des résultats, ce qui influence non seulement le choix de la méthode d'essai, mais aussi le nombre de points d'essais nécessaires pour obtenir des résultats significatifs.
- L'aspect économique, le coût d'examen, des retards doivent être soigneusement liés au coût probable d'un programme de test particulier. Le budget disponible peut également être une contrainte influençant le choix des méthodes et la richesse des essais possibles

II.6 Interprétation et Analyse des résultats

Une fois les résultats d'une investigation recueillis, on doit les mettre en perspective en les reliant au problème étudié et à l'hypothèse formulée au départ: c'est l'étape de l'analyse des résultats. Cette analyse permet notamment de faire apparaître l'influence de certaines variables ou de certains facteurs sur le phénomène étudié. Il faut ensuite interpréter ces résultats, c'est-à-dire, faire le rapport entre l'analyse des données, la problématique et le champ d'investigation au sein duquel la recherche s'est développée. Interpréter les résultats, c'est en fait énoncer les conséquences théoriques et établir les avenues de recherche suggérées par les résultats.

II.6.1 Analyse des résultats

Analyser les résultats d'une recherche consiste à «faire parler» les données recueillies en vue de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de recherche. Pour cela, il est important que le chercheur examine longuement et minutieusement ces données. Les données doivent être saisies et vérifiées avant de pouvoir être considérées comme fiables.

II.6.2 L'interprétation

L'interprétation est un processus continu à travers les étapes d'investigation qui va permettre l'utilisation la plus efficace des ressources sur le site, et conduire à la maximisation des valeurs des informations obtenues.

L'importance de l'interprétation est comprise entre les jugements qualitatifs concernant les caractéristiques observées pendant les relevés visuels à l'analyse détaillée, et l'évaluation statistique des résultats des tests numériques.

L'évaluation des résultats des inspections visuelles s'appuiera fortement sur les compétences et le jugement subjectif de l'ingénieur effectuant l'inspection.

II.7 Evaluation de l'ouvrage

L'évaluation de la performance d'une structure est un enjeu important qui se pose dès la construction de cette structure et reste présent tout au long de sa vie. C'est un processus de détermination de la suffisance d'une structure pour l'usage prévu, par l'analyse logique des informations et de données collectées auprès des documents existants, de l'inspection sur site, de l'étude de l'état, et des essais sur les matériaux.

Les types d'évaluation d'ouvrage :**Tableau II.2 :** Différents types d'évaluation de l'ouvrage

TYPES	DEFINITIONS
Dimensions et géométries	Les dimensions réelles de la structure et de la disposition architecturale ainsi que les écarts entre les dimensions mesurées sur le terrain et celles indiquées sur les dessins disponibles devraient être effectivement évalués, à cet effet des opérations de sondages peuvent être appliquées pour réaliser les mesures.
Evaluation des matériaux	Les résultats des inspections visuelles sur le terrain ainsi que les essais de laboratoire doivent être étudiés pour comprendre d'une façon exacte l'état des matériaux dans la structure en terme de résistance, de qualité, de durabilité, et de l'usage prévu. Afin que les composants de la structure et les éléments structurels nécessitant la réparation et le remplacement total puissent être identifiés. Dans cette étape d'évaluation des recommandations concernant les matériaux de réparation peuvent être fournies.
Evaluation structurale	Évaluations structurelles doivent être effectuées pour déterminer la capacité de charge de tous les éléments structuraux et la structure dans son ensemble.
Evaluation de la cause	C'est de loin l'étape la plus difficile et la plus importante de toutes. Il n'est pas possible d'évaluer l'importance des réparations à faire ni de choisir les meilleures méthodes de réparation si la cause des dommages n'est pas connue. Ce qui ne signifie pas que la cause spécifique doit être décelée. En fait, surtout pour le béton, il est fréquent que l'on ne puisse pas l'identifier soit parce que les données pour trouver l'origine du mal sont insuffisantes, soit parce que plusieurs agents destructeurs agissent en même temps. On peut toutefois éliminer des possibilités jusqu'à ce qu'il n'en reste que quelques-unes et choisir alors une méthode de réparation qui améliore l'état présent et empêchera l'extension des dommages dus à tous les agents destructeurs dont on soupçonne l'action.
Evaluation des coûts	Une évaluation des coûts devrait être réalisée pour toutes les possibilités de réparation ou réhabilitation. Le coût de réhabilitation est soumis à de nombreux facteurs, mais le coût pour certains types de réparations structurelles ou des travaux de renforcement peuvent souvent être raisonnablement estimé sur la base d'expérience antérieure. Une telle estimation peut constituer la base d'une décision initiale concernant la solution appropriée pour être sélectionnée et la faisabilité économique d'ensemble du projet.

Conclusion

La détermination des causes des dégradations des structures est essentielle pour réussir les interventions en termes de qualité, durabilité et rentabilité. Le diagnostic des ouvrages est une étape primordiale dans l'opération du renforcement qui permet d'améliorer le choix des méthodes et des produits les plus aptes à combler les déficiences causées par l'endommagement sur l'ouvrage.

L'évaluation de l'état des ouvrages aux points de vue matériaux, états structurels et fonctionnels, ainsi que la détermination précise des causes qui engendrent les désordres dans les ouvrages d'art sont des opérations très compliquées car les désordres sont dans la plupart des cas difficiles à analyser et à évaluer car leurs origines peuvent être diverses et nous conduisent parfois à remonter jusqu'à la conception de l'ouvrage.

Dans le prochain chapitre nous nous intéresserons à créer une base de données géoréférencée qui consiste à stocker toutes les informations recueillies pour un groupe d'ouvrage après une expertise faite par la DTP de la wilaya de TIZI-OUZOU, que l'on peut lire sur une carte. L'objectif de ce travail est de constituer un outil d'aide à la décision pour pouvoir identifier les ouvrages prioritaires à la réparation.

Chapitre III

Mise en place d'un Système d'Information Géographique SIG

Introduction

L'utilisation des données géographiques et cartographiques est devenue indispensable pratiquement dans tous les domaines, pour leur création, leur organisation et leur stockage. Il existe des systèmes d'informations géographiques (S.I.G) qui deviennent de plus en plus efficaces dans le développement de plusieurs organismes. L'évolution de l'informatique et des réseaux de communication a permis une large progression des SIG après leur apparition au Canada il y a plus de 50 ans.

III.1 Notion d'un SIG

III.1.1 Bref historique des Systèmes D'informations Géographiques

Les applications militaires et l'intérêt croissant des gouvernements pour la gestion des ressources sont à l'origine du développement des systèmes d'informations géographiques. Dans les années 60, le concept même de SIG n'était pas encore développé et les méthodes de stockage et d'analyse d'un nombre important de cartes étaient inexistantes. Les ordinateurs avaient de faibles mémoires et des vitesses de calculs largement dépassées par les plus petits micro-ordinateurs d'aujourd'hui. Le début des années 70 va également voir le développement rapide de la télédétection spatiale et des méthodes de traitement d'images associées. Ces technologies restent alors séparées des SIG, mais elles vont contribuer à favoriser l'essor général de l'infographie. Il faudra néanmoins attendre les années 80 pour voir s'esquisser un rapprochement entre la télédétection spatiale et les SIG, par une intégration réciproque d'information de sources multiples. C'est une période de développement des méthodes de gestion de données. Les années 90 vont permettre une large diffusion de la technologie. Les micro-ordinateurs, de plus en plus puissants, remplacent peu à peu les stations de travail. Les accessoires graphiques deviennent également accessibles au grand public. L'offre commerciale s'étoffe, avec des logiciels plus complets et moins chers. On assiste donc à une large démocratisation de l'usage des SIG. Actuellement le développement de l'internet et des techniques de représentation et de visualisation qui suivent les capacités de matériels graphiques en forte évolution devrait fortement pousser ce secteur en pleine évolution.

III.1.2 Définition d'un SIG

Un système d'information géographique (S.I.G) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, d'assurer la collecte, le stockage, l'analyse et la gérance de l'information localisée géographiquement, sous forme de plans et de cartes.

Un système d'information géographique, comme le montre la figure ci-dessous , est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.



Figure III.1.1 : Ensemble d'équipements informatiques d'un SIG

III.1.3 Lecture d'un SIG

La figure ci-dessous met en évidence quatre groupes de fonctionnalités au-dessous d'une couche d'application : l'acquisition des données géographiques d'origines diverses, la gestion pour le stockage et la recherche des données, l'analyse spatiale pour le traitement et l'exploitation et enfin la présentation des résultats sous forme cartographique.

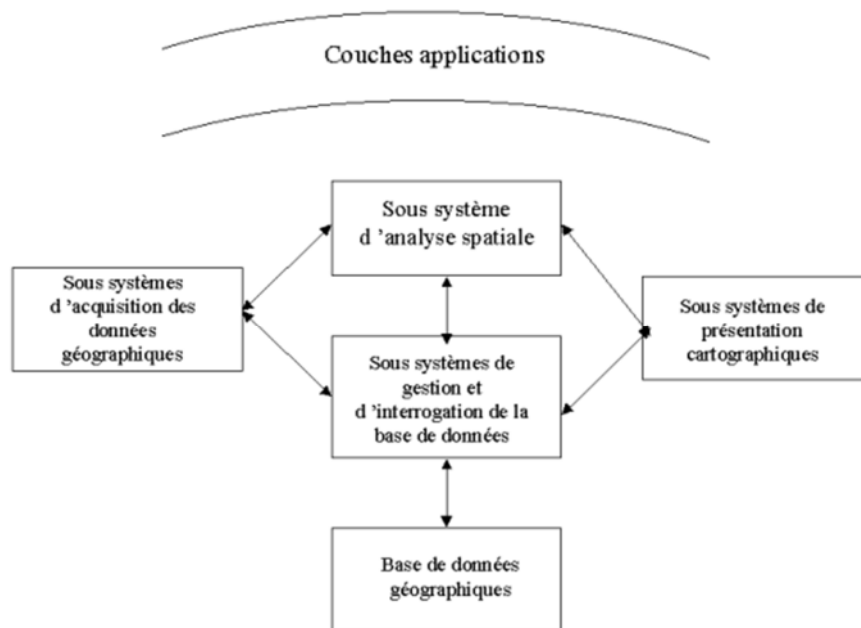


Figure III.1.2 : Groupes de fonctionnalités sous la couche d'application

III-1-4 Fonctionnalités d'un SIG

Il existe des fonctionnalités en commun que l'on trouve dans chaque S.I.G regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A »:

- **Abstraire :**
Concevoir un modèle qui organise les données par composantes géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.
- **Acquérir :**
Fonctions de numérisation et d'importation de données (Images satellites, Digitalisation, Scannage, Saisie au clavier, Importation).
- **Archiver :**
Transfert de données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (stock).
- **Analyser :**
Analyse des données (méthodes quantitatives et statistiques) et analyse spatiale (opérateurs topologiques).
- **Afficher :**
Visualiser l'information géographique (cartes, tables, documents textes ...).

III.1.5 Les composantes des SIG

Le terme système d'information géographique englobe en fait cinq composantes principales nécessaires à sa mise en œuvre.

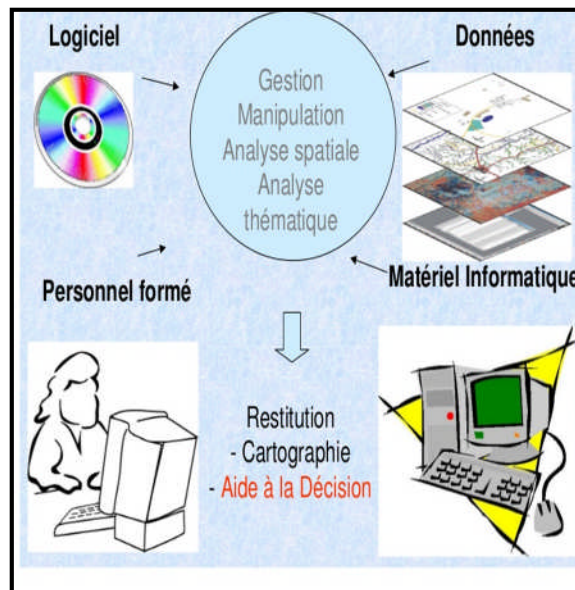


Figure III.1.3 : Les composantes d'un SIG

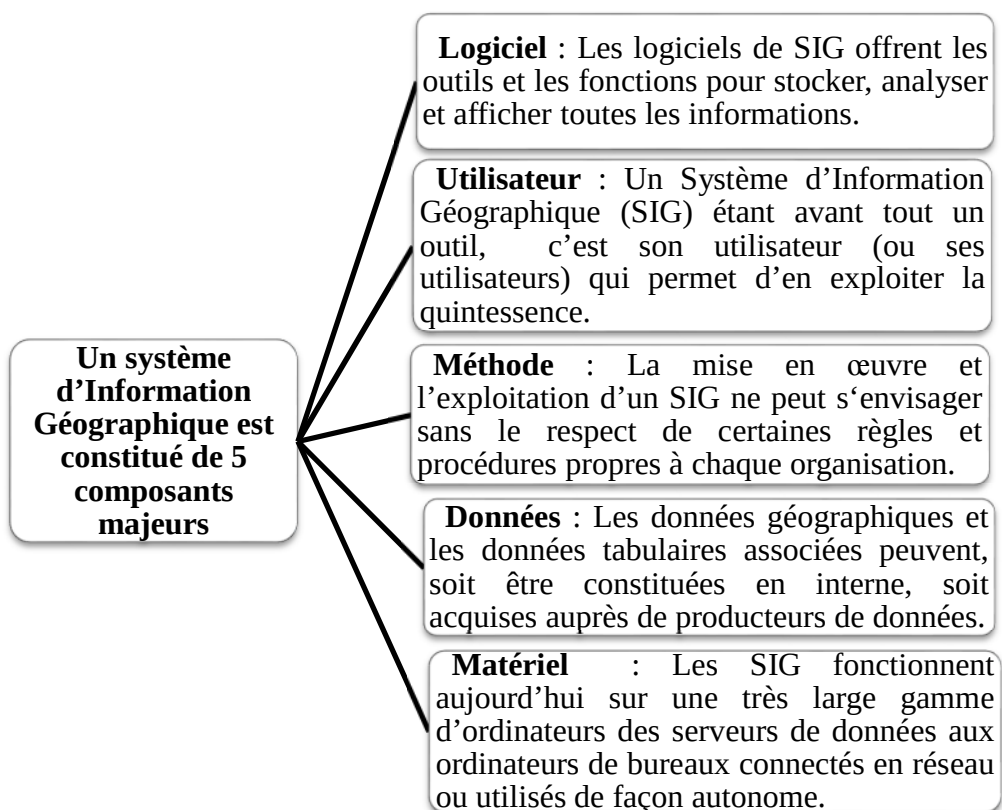


Figure III.1.4 : Organigramme des différents constituants d'un SIG

III.1.6 Modes de représentation des données sur un SIG

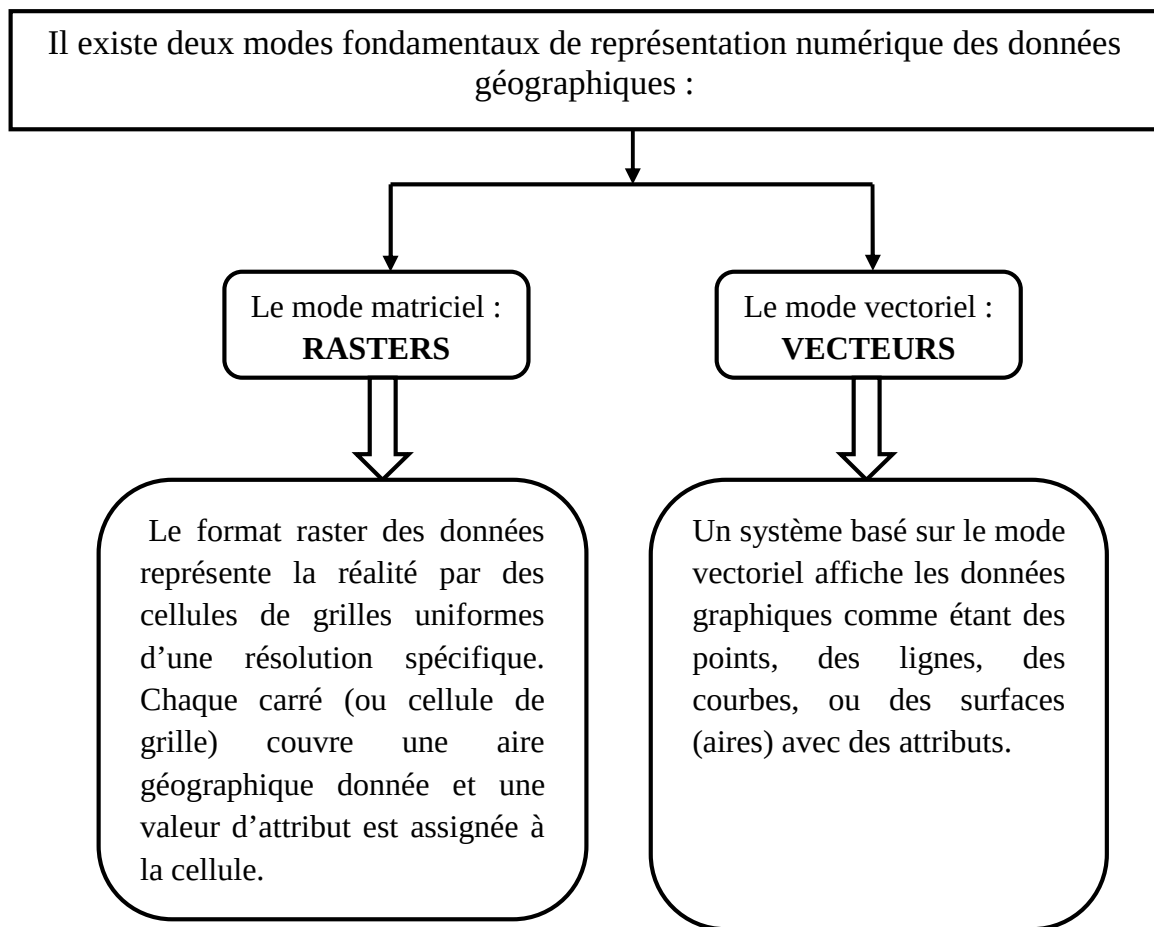


Figure III.1.5 : Organigramme de modes de représentation de données sur un SIG

III.1.7 Domaines d'application d'un SIG

La littérature a mis en évidence le fait qu'un système d'information géographique est d'une part un outil de gestion pour l'ingénieur qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité. D'autre part, le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. Ainsi, les domaines d'application des SIG sont nombreux et divers :

A grandes échelles :

- o La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces).
- o La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement).
- o La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière).
- o La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...).
- o La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...).
- o Les applications topographiques (travaux publics et génie civil).

A petites et moyennes échelles :

- o Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école).
- o Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes).
- o Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).
- o La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques).

III.2 Développement d'un SIG pour la RN 12**III.2.1 Types de données manipulées**

Pour assurer la réussite de ces opérations sur le système d'information géographique SIG, un certain nombre d'exigences sont à effectuer :

- Calage de cartes d'état major, pour pouvoir travailler sur toute la zone d'étude,
- Elaboration d'une base de données en créant une table Excel,
- Affichage d'un semi de points,
- Enfin, effectuer une analyse thématique.

III.2.2 Calage de l'image raster**III.2.2.1 Cartes utilisées**

Notre zone d'étude s'étend sur deux cartes d'état major : la carte TIZI-OUZOU-31-Ouest et la carte BORDJ MENAIEL, Voir (Figure III.2.1). Ces cartes sont prises à partir de vues aériennes en 1985 et complétées sur le terrain en 1987. Elles sont disposées et publiées par l'institut national de cartographie et télédétection (INCT), en appliquant la projection UTM (Universal transverse Mercator) à une échelle 1/25 000 (INC, 1997).

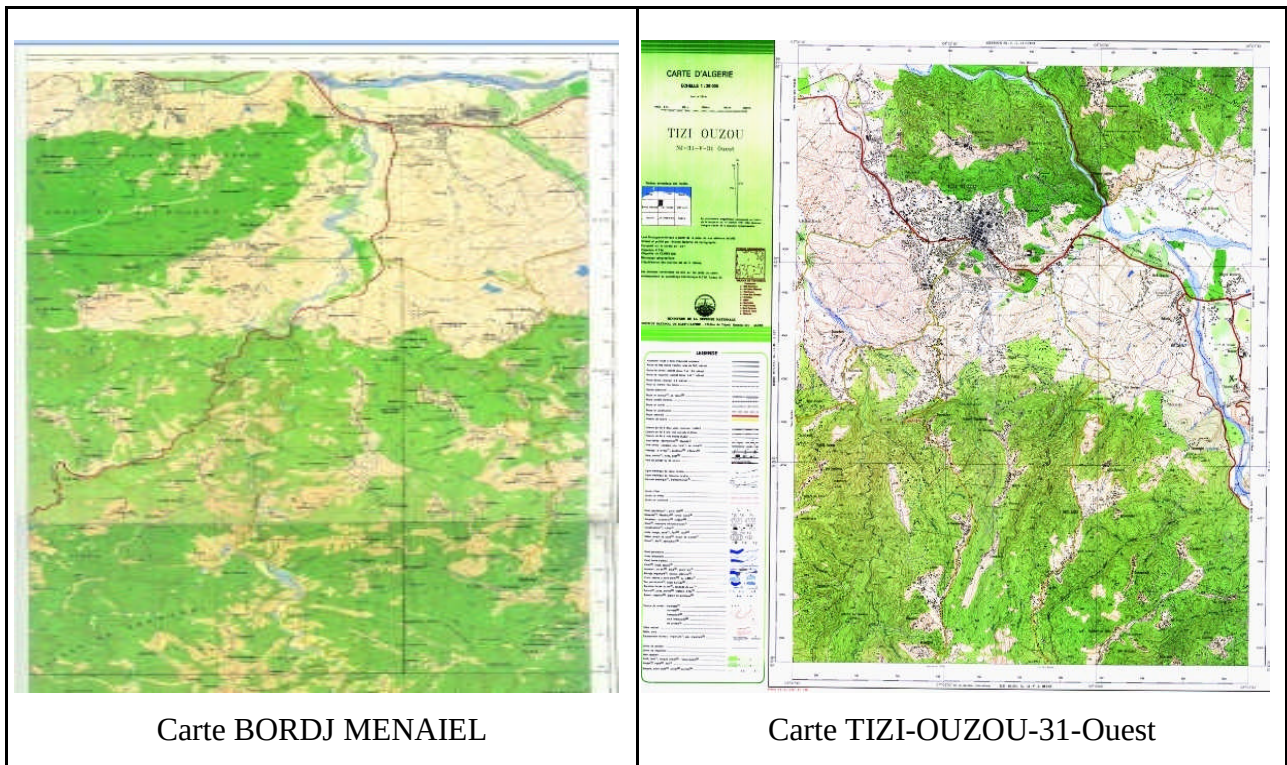


Figure III.2.1

Afin de cerner toute la zone d'étude, il ya lieu de mettre les deux cartes en mosaïque. Pour ce faire, nous procédons de la manière suivante pour chacune des cartes :

- Ouvrir la carte avec Paint,
- Sélectionner et découper juste la carte, en enlevant les bordures (Figure III.2.2)

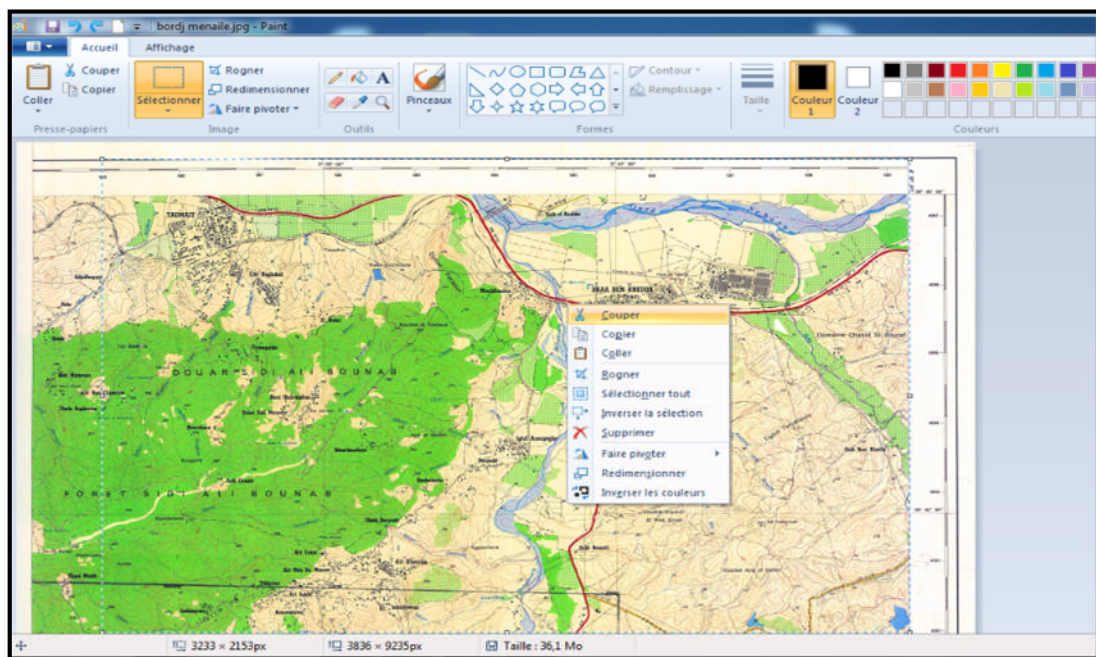


Figure III.2.2 : Carte (Bordj Menaïel) dans Paint

- Ouvrir une nouvelle fenêtre dans Paint et coller la carte déjà coupée (Figure III.2.3)

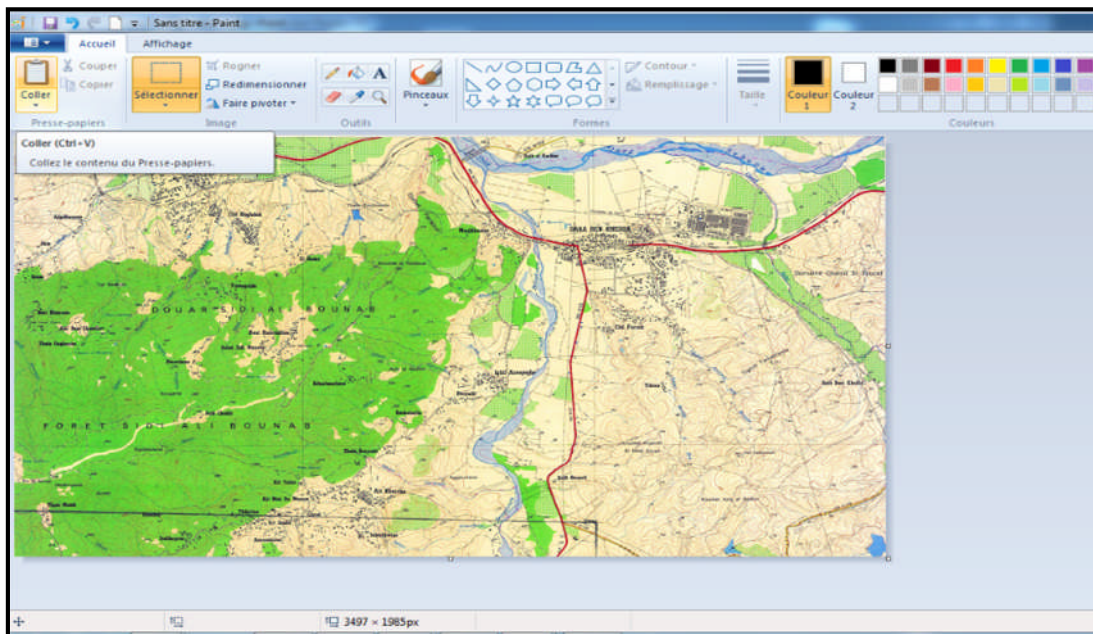


Figure III.2.3 : Nouvelle fenêtre de Paint de la carte (**Bordj Menaïel**) coupée

- Enregistrer la nouvelle carte
- On ouvre la carte (Bordj Menaïel) enregistrée avec Paint, puis on sélectionne la carte (Tizi ouzou-31-Ouest) on la copie et enfin on la colle en mosaïque avec la première carte, Voir (Figure III.2.4).

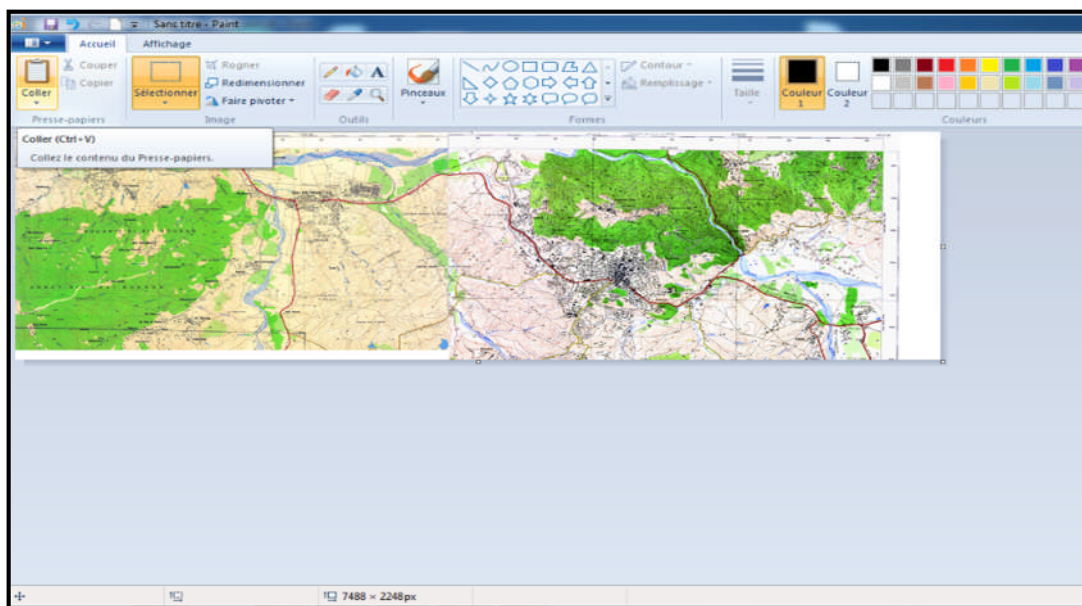


Figure III.2.4 : Mosaïque des cartes d'état major

- Enregistrer la nouvelle carte (Figure III.2.5).

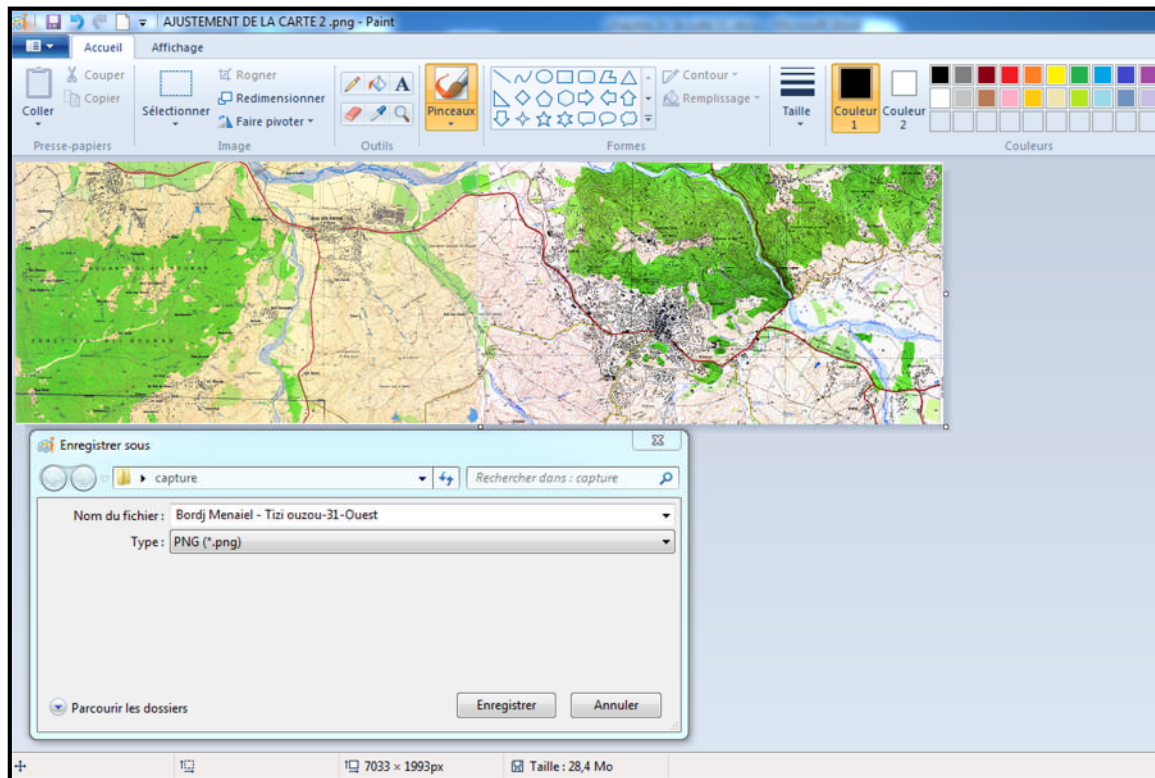


Figure III.2.5 : La carte d'état major (Bordj Menaïel – Tizi-Ouzou-31-Ouest)

Un calage de l'image raster avant l'utilisation de MapInfo est indispensable, afin que ce dernier puisse effectuer ses calculs géographiques (distance, surface...).

III.2.2.2 Caler la carte Bordj Menaïel – Tizi-Ouzou-31-Ouest

Quand on ouvre pour la première fois un fichier contenant l'image raster, MapInfo demande si nous souhaitons afficher l'image non calée, nous choisissons *Affichage*.

- Choisir **Table > Image Raster > Modifier Calage** une fenêtre s'affiche (Figure III.2.6), on clique sur le bouton projection et on utilise dans notre cas :

Catégorie : Universal Transverse Mercator (WGS 84)

Projection: UTM Zone 31, Northern hemisphere (WGS 84)

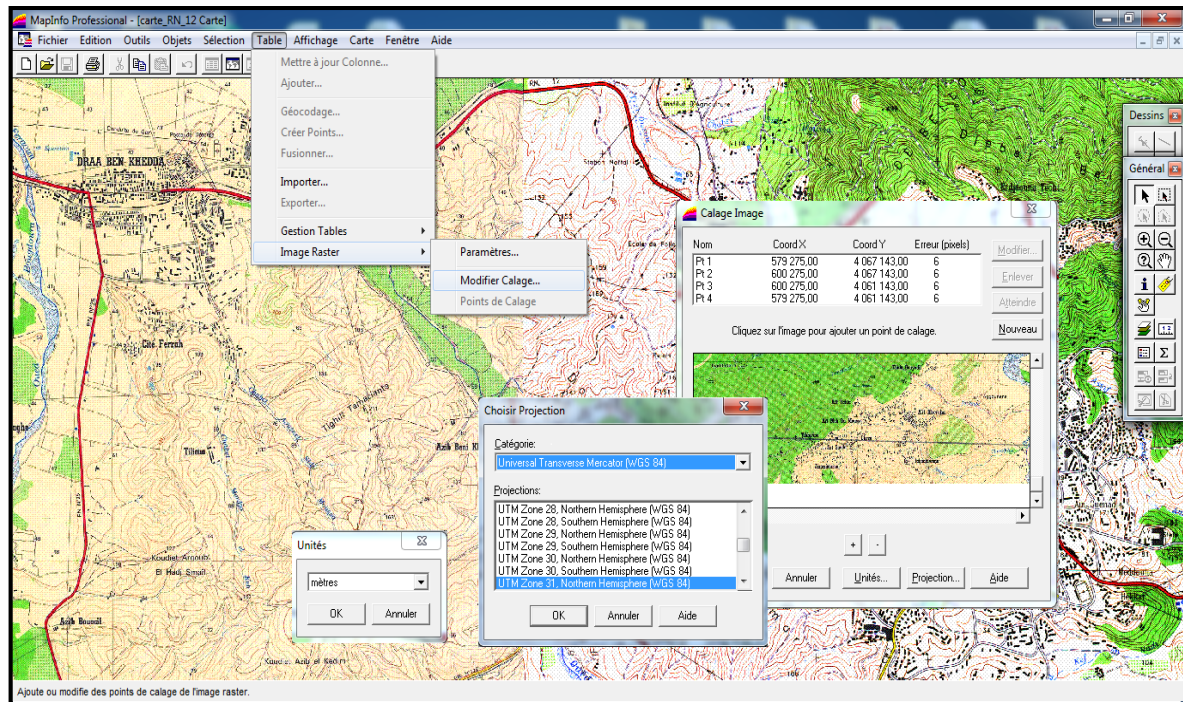


Figure III.2.6 : Calage de mosaïque des cartes d'état major

Pour améliorer le processus de calage, on doit choisir quatre points de calage, bien connus et repérés sur la carte d'état major. Ces points ne doivent pas être alignés, mais répartis sur les autres coins de la carte, pour que MapInfo puisse calculer la marge d'erreur.

Exemple : Dans notre cas les points choisis sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.2.1 : Les coordonnées des points de calage de la carte
(Bordj Menaiel, Tizi-ouzou-31-Ouest)

N°	X (m)	Y (m)
Pt1	579275	4067143
Pt2	600275	4067143
Pt3	600275	4061143
Pt4	579275	4061143

III.2.3 Construction d'une base de données

Une base de données est une plateforme nécessaire au bon fonctionnement de la plupart des applications, dans notre cas il s'agit d'une table attributaire qui contient les caractéristiques non spatiales, donc alphanumériques constituées de lignes et de colonnes.

Des fiches d'inventaires de certains ouvrages voir (Annexe2) de la wilaya de Tizi-Ouzou à priori ceux de la RN 12 nous ont été remises par la direction des travaux publics (DTP) de Tizi-Ouzou. Ces dernières sont élaborées par des techniciens et des ingénieurs pour expertiser les détails de chaque ouvrage, ensuite les classer en six types d'informations à savoir :

- L'information administrative ;
- La vie de l'ouvrage ;
- Les informations techniques ;
- Les informations descriptives concernant LA GEOMETRIE;
- Les informations descriptives concernant LES EQUIPEMENTS ;
- Les informations descriptives concernant LES SYSTEMES STRUCTURAUX.

Pour qu'on puisse injecter toutes ces informations dans notre système d'information géographique « SIG MapInfo », toutes ces fiches d'inventaire ont été transformées en fichier Excel indépendants, qui sont liés par une colonne commune intitulée IDENTITES (ID).

Tableau III.2.2 : Extrait de la base de données

INFORMATION GENERALES [Mode de compatibilité] - Microsoft Excel																					
Q2 2011																					
ID	PK	RN	X	Y	Groupe d'ouvrage	Famille de l'ouvrage	Type de structure de l'ouvrage	Situation de l'ouvrage	Voie portée	Obstacle franchi	Zone sismique	Année de construction	Etat	Statut	Date de construction	Date de mise en service	Entreprise de réalisation	Bureau d'étude concepteur	Règlement de charges calculé utilisé	Prise en con de charg exceptionne	
1	30+300	12	579768	4067694	pont	Mixte	Pont dalle +Pont en arc	Urbain	RN 12	Route	zone II a	2009	bon	OA Récent	2011	2011	ENGEOA	ETAG	Inconnu	NON	
2	0+210	12A	584016	4067342	Pont	Métallique	Pont dalle	Rase compagne	RN 12A	Oued Sebaou	zone II a	1980	moyen	OA Récent	1980	1980	SARTA	Inconnue	Inconnu	NON	
3	5+150	12A			Pont	Mixte	Pont dalle	Rase compagne	RN 12A	Oued Mimoun	zone II a			OA Patrimoine					Inconnu	NON	
4	7+500	12A			Pont	Béton armé	Pont dalle	Rase compagne	RN 12A	Oued Ali Benacer	zone II a			OA Récent	1973	1973		Inconnue	Inconnu	NON	
5	8+220	12A			Pont	Maçonnerie	Pont dalle	Rase compagne	RN 12A	Oued	zone II a			OA Patrimoine			Inconnue	Inconnue	Inconnu	NON	
6	9+620	12A			Pont	Béton armé	Dalot	Rase compagne	RN 12A	Oued	zone II a			OA Récent			GROUPEMENT	ETAG	Inconnu	NON	
7	35+850	12	584430	4066230	pont	Béton armé	Dalot	Urbain	RN 12	Route	zone II a	1990	moyen	OA Récent	1990	1990	ENEROA	Inconnue	Inconnu	NON	
8	36+250	12	584744	4066177	pont	Mixte	Pont dalle	Urbain	RN 12	Oued Bougdoura	zone II a	1988	moyen	OA Récent	1990	1990	ENEROA	ENEROA	Inconnu	NON	
9	36+700	12	586098	4066348	pont	Béton armé	Dalot	Periurbain	RN 12	Route	zone II a	1990	moyen	OA Récent	1990	1990	ENEROA	ENEROA	Inconnu	NON	
10	36+720	EX 12	584790	4066042	pont	Béton armé+Mixte	Pont dalle	Urbain	RN 12	Oued Bougdoura	zone II a	1925	mauvais	OA Patrimoine		Inconnue	ENEROA	ENEROA	Inconnu	NON	
11	37+500	12	586336	4066153	Pont	Béton armé	Dalot	Urbain	RN 12	Route	zone II a		bon	OA Récent	1990	1990	ENEROA	DTP	Inconnu	NON	
12	37+850	12			Pont	Béton armé	Dalot	Urbain	RN 12	Route	zone II a		bon	OA Récent	1990	1990	DTP	Inconnue	Inconnu	NON	
13	38+000	12	586201	4065994	Pont	Béton armé	Pont dalle	Urbain	RN 12	Voie ferroviaire	zone II a		moyen	OA Récent	1990	1990	ENEROA	DTP	Inconnu	NON	
14	38+140	12	586423	4066044	Pont	Béton armé	Pont dalle	Urbain	RN 12	Voie	zone II a		moyen	OA Récent	1975	1975	REGIE	Inconnue	Inconnu	NON	

III.2.4 Affichage de semi de points

Les cartes d'état major calées sont utilisées pour implanter chaque ouvrage connaissant ses coordonnées (X, Y), (tableau III.2.2).

Tableau III.2.3 : Les coordonnées des ouvrages

<i>PK</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Localisation</i>
30+300	579768	4067694	Tadmait
0+210	584016	4067342	Sidi Nammane
5+150			Sidi Nammane
7+500			Sidi Nammane
8+220			Sidi Nammane (Pont Harcha)
9+620			Sidi Nammane (ZAOUIA)
35+850	584430	4066230	DBK
36+250	584744	4066177	DBK
36+700	586098	4066348	DBK
36+720	584790	4066042	DBK
37+500	586336	4066153	DBK
37+850			DBK
38+000	586201	4065994	DBK
38+140	586423	4066044	DBK
39+300	587667	4065937	Tizi -Ouzou
43+000	590098	4066762	Tizi - Ouzou
43+600	590745	4065916	Tizi - Ouzou
44+700	591326	4064870	Tizi -Ouzou
46+850	592700	4063300	Tizi -Ouzou
47+750	593400	4063400	Tizi-Ouzou
48+150	593030	4063180	Tizi-Ouzou
51+500	596501	4063764	Tizi -Ouzou
54+250	598828	4062518	Tizi -Ouzou
55+050	599135	4062346	Tizi -Ouzou
55+700	599943	4062433	Tizi -Ouzou
56+700	600990	4062515	Tizi -Ouzou
6+250	603042	4062324	TAMDA
9+290	606114	4062503	TAMDA
11+677	608169	4062450	TAMDA
64+600	607065	4061839	TIMEZGUIDA
65+600	608414	4062051	TABOUKERT (Tremie chaaib)
67+200	609831	4062906	Mekla
68+000	610153	4062973	Mekla
75+100	616317	4065970	Pont sur Oued sebaou Mekla
75+600			Dalot sur canal de décharge
76+150	616829	4066634	Dalot sur oued ouarki Azazga
78+100	618346	4067191	Dalot sur ighzer n'straouia (FREHA)

Pour pouvoir implanter ces ouvrages sur la carte, on procède de la manière suivante :

- Ouvrir le fichier Excel : **Fichier** > **Ouvrir Table** (Faire le soin de choisir le fichier de type Excel).
- Cliquer sur ouvrir, la fenêtre Excel-Informations (Figure III.2.7) apparaît.
- Nous choisissons *autres*, afin de délimiter le nombre de lignes et de colonnes de la table Excel que nous souhaitons voir s'afficher (Figure III.2.7).

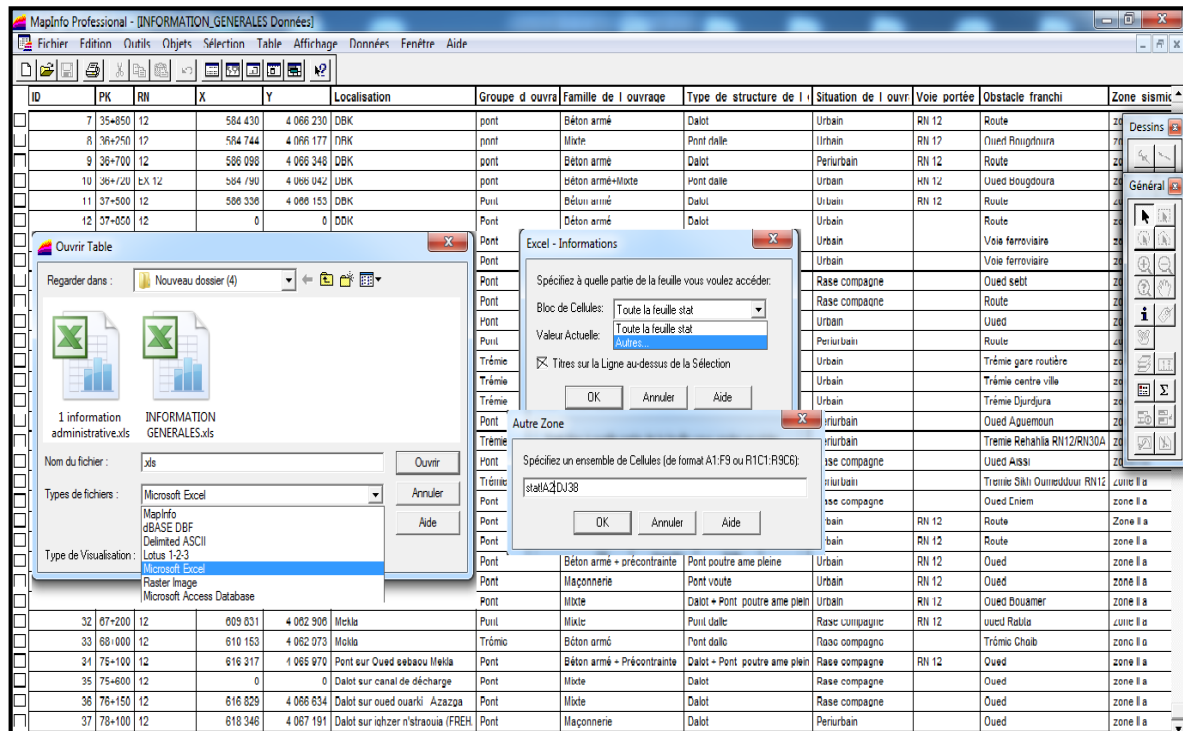


Figure III.2.7 : Ouverture du fichier de données dans le SIG

Le fichier Excel contenant les données géoréférencées est ouvert à partir de MapInfo pour semer tout les ouvrages sur la carte d'état major comme des objets ponctuels. Nous identifions les colonnes contenant les coordonnées (X, Y) de la base attributaire, puis nous choisissons le système de projection (Universal Transverse Mercator WGS84, Zone 31, Northern hémisphère), (Figure III.2.8).

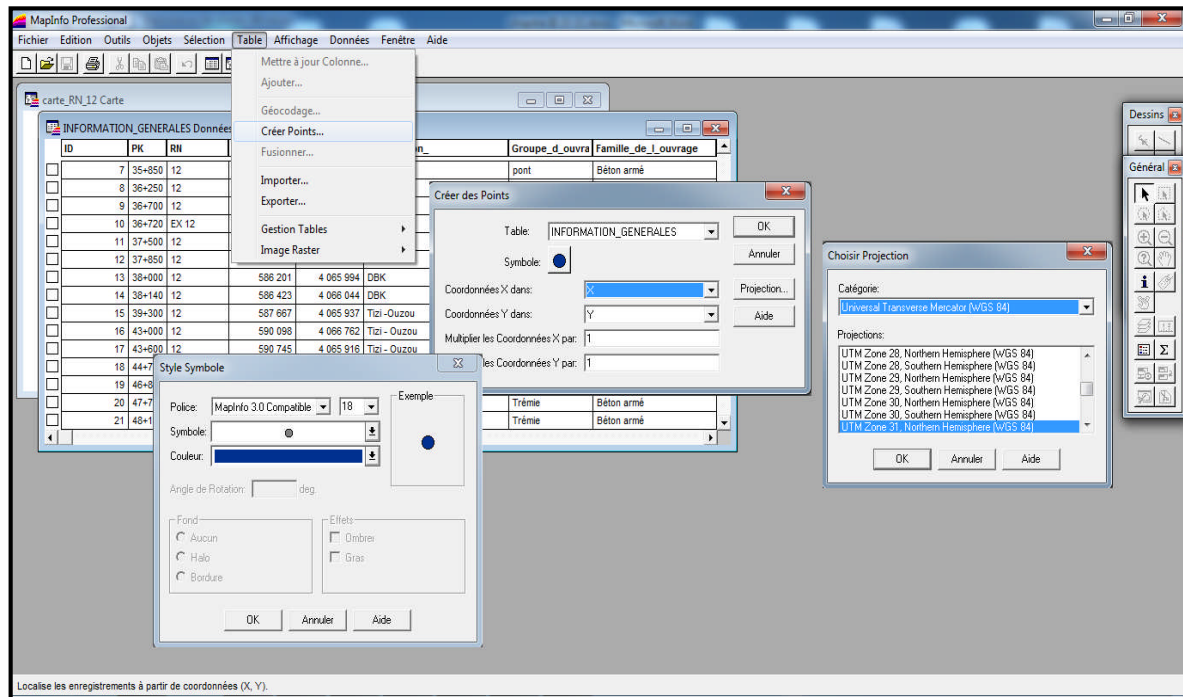


Figure III.2.8 : Représentation des ouvrages comme des objets ponctuels

- Pour afficher le semi de point, aller à : **Fenêtre > carte** (Figure III.2.9)

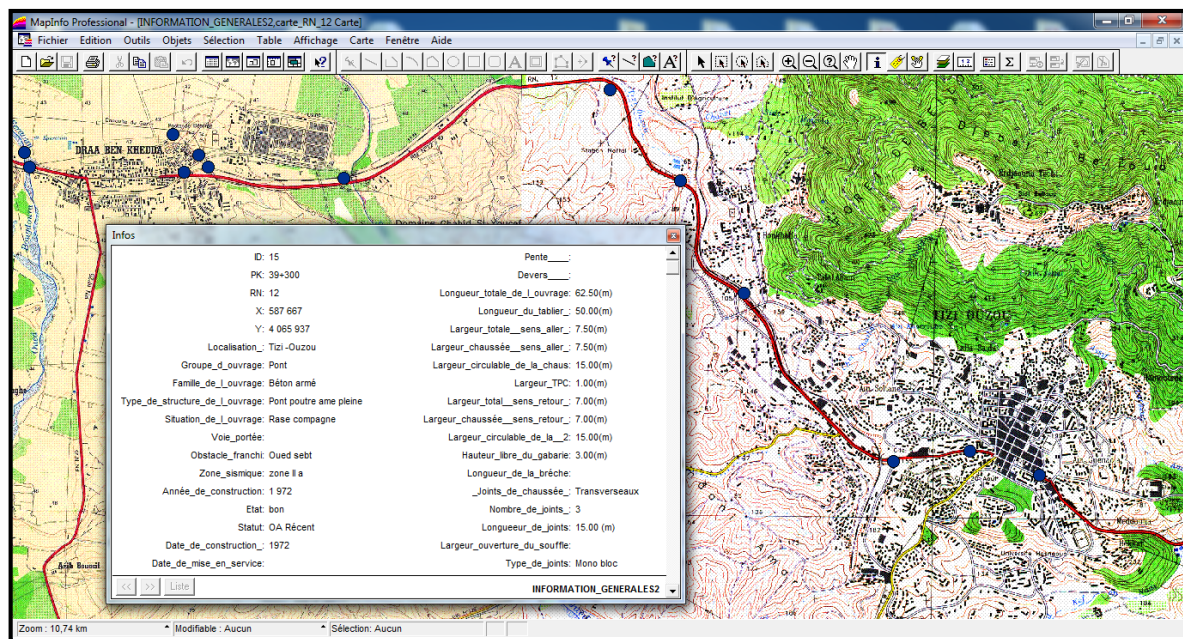


Figure III.2.9 : Interface de l'extrait du semi de point dans le SIG

III.2.5 L'analyse thématique avec MapInfo :

L'un des principaux atouts d'un SIG est la conception de la carte thématique, qui est l'une des étapes très recommandée, puisqu'elle donne un sens à une représentation graphique, dont le choix de type d'analyse à effectuer dépend de l'objectif recherché.

Afin d'évaluer l'évolution des différents états dans le cycle de la vie des ouvrages la DTP de la wilaya de TIZI-OUZOU adopte trois états de classement *bon, moyen et mauvais*.

De ce fait notre analyse thématique va s'étendre sur ces trois critères (bon, moyen, mauvais) déjà fixés par la DTP de la wilaya TIZI-OUZOU, ceci pour pouvoir saisir facilement les ponts présentant de meilleurs comportements, et ceux qui nécessitent soit un entretien courant ou un entretien spécialisé, et surtout prendre une décision de l'urgence de la situation.

➤ Pour réaliser une analyse thématique :

Nous exécutons la commande suivante : « **carte >analyse thématique** », (Figure III.2.10)

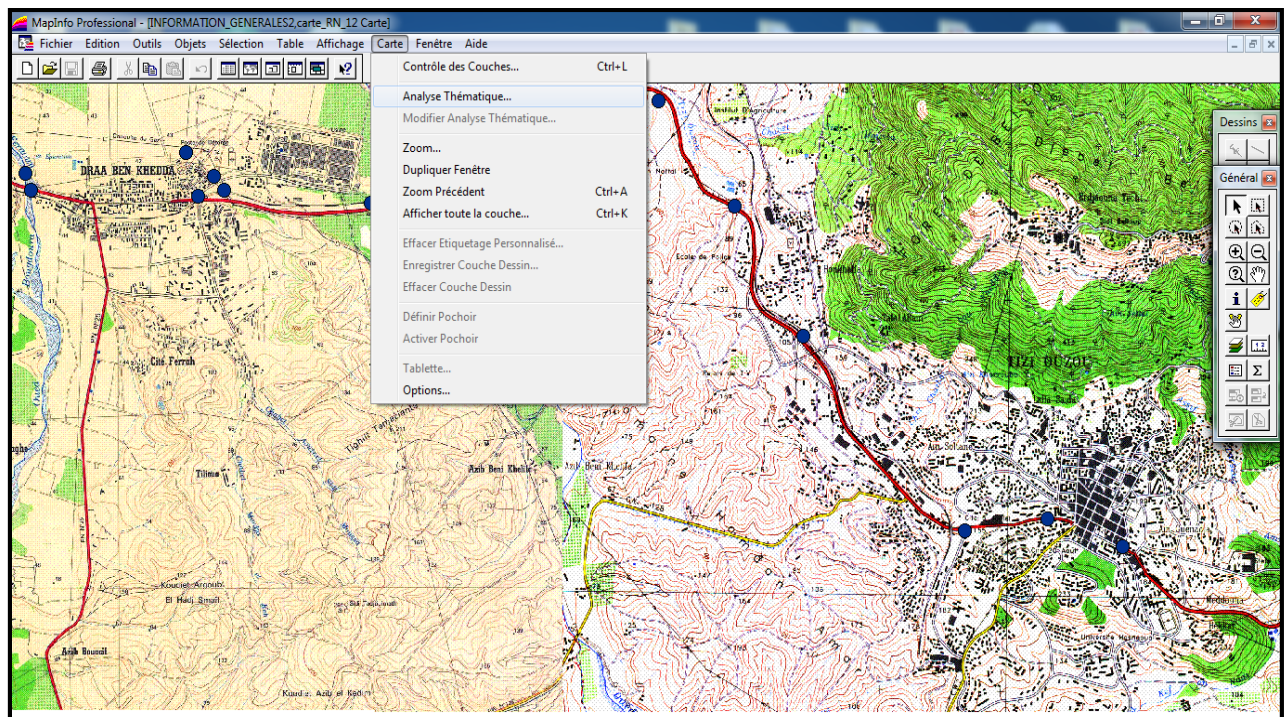


Figure III.2.10 : Affichage de la carte

Une boîte de dialogue s'ouvre, elle se répartit en trois étapes :

-Dans la première étape, MapInfo nous demande de sélectionner quel type d'analyse à effectuer. Nous allons choisir un type parmi ceux fournis par ce logiciel. Voir la (Figure III.2.11) ci-dessous :

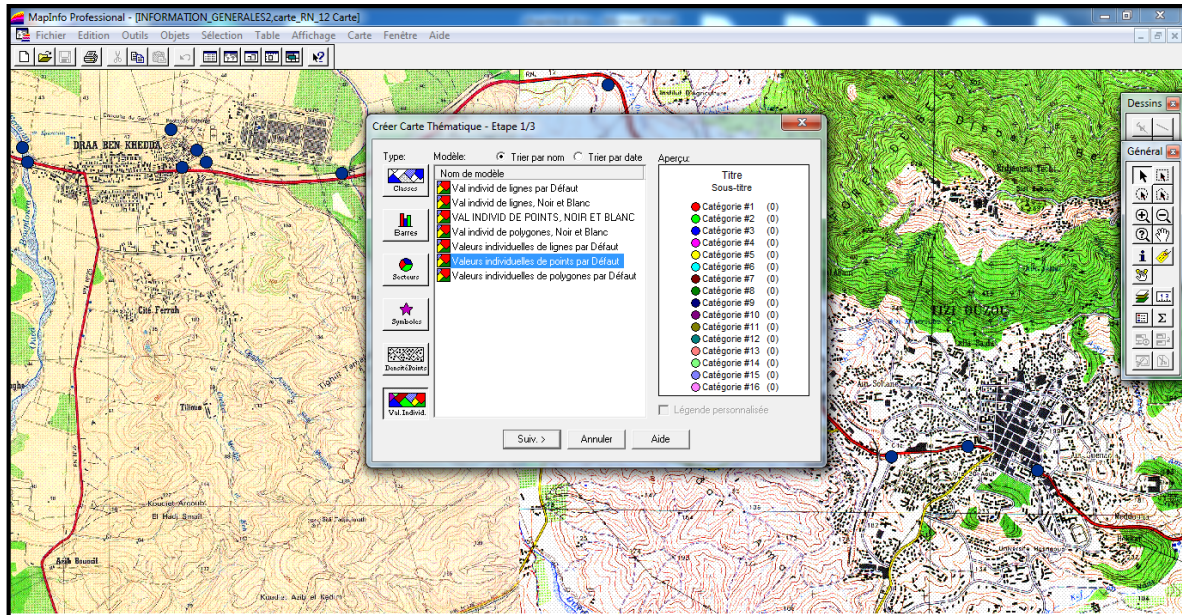


Figure III.2.11 : Types d'analyse à effectuer

-Dans la seconde étape, nous devons choisir la table et les variables à utiliser, dans notre cas nous choisissons l'état des ouvrages. Comme le montre la (Figure III.2.12) suivante :

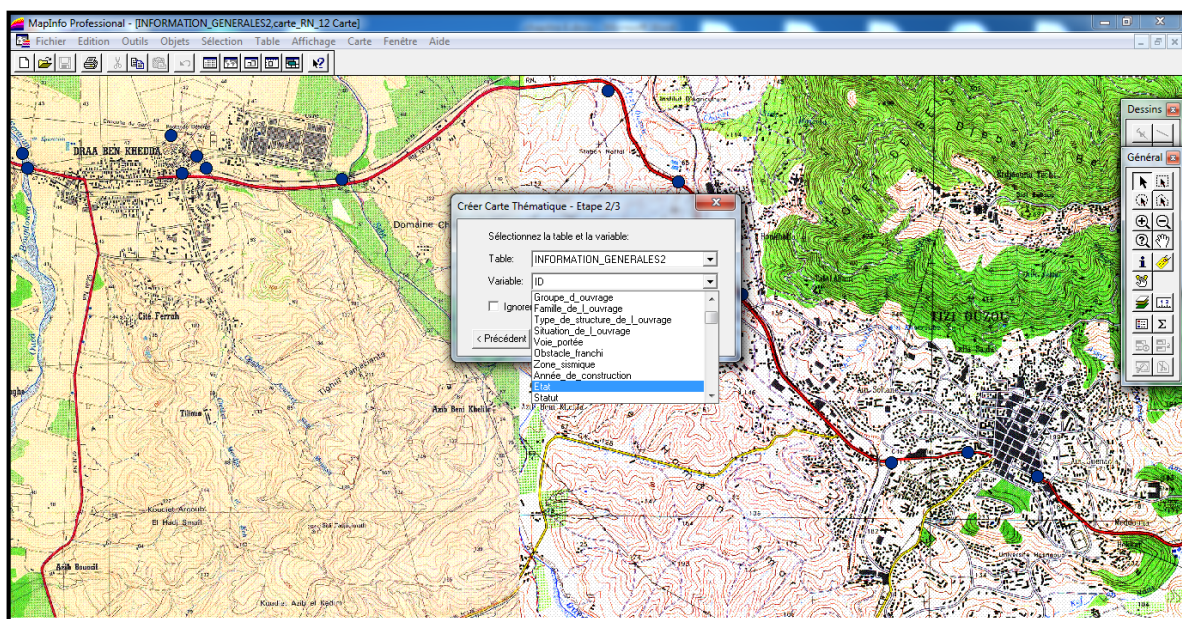


Figure III.2.12 : Le choix de la table et des variables

-Dans la dernière étape, nous avons la possibilité de modifier l'apparence de la carte thématique, par choix des couleurs, ou des noms à afficher dans la légende, (Figure III.2.13).

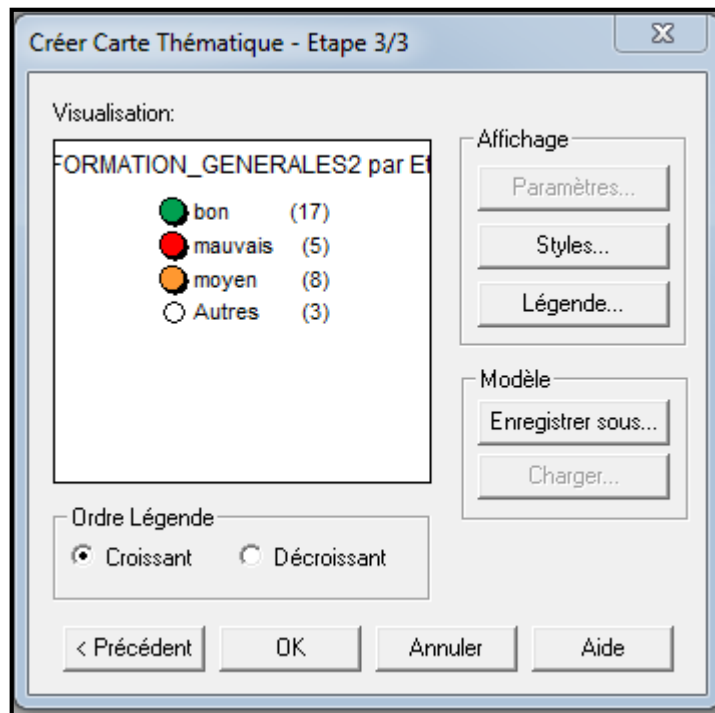


Figure III.2.13 : Modification de l'apparence de la carte thématique

Et enfin affichage de la carte avec les ouvrages classés (Figure III.2.14) :

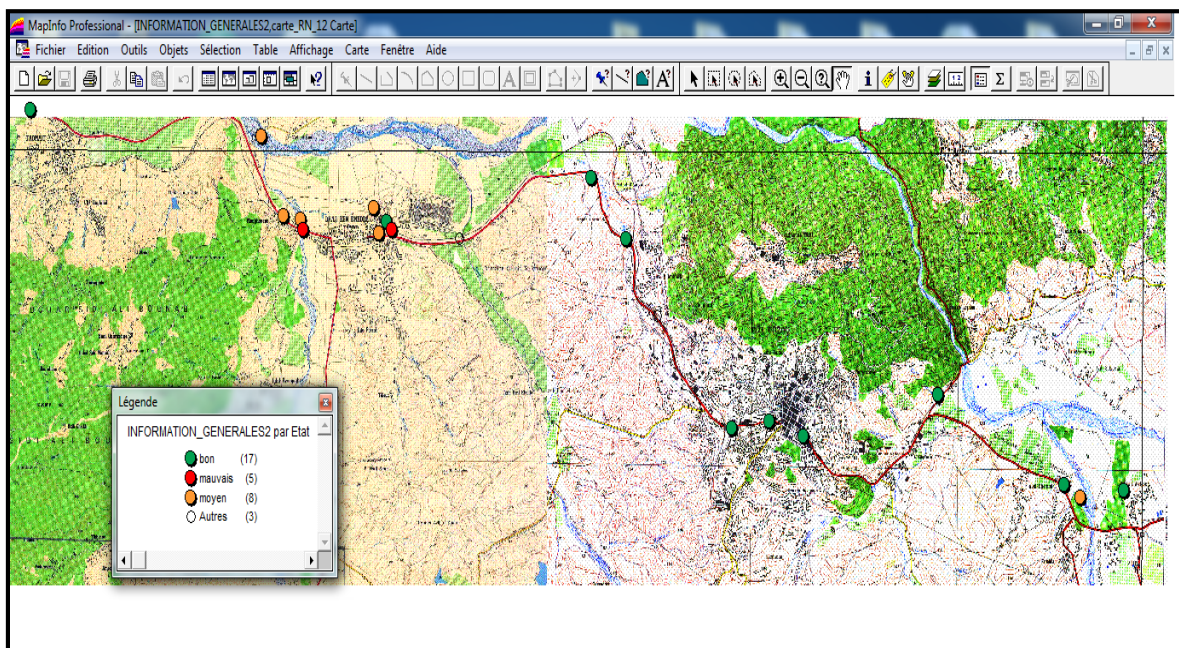
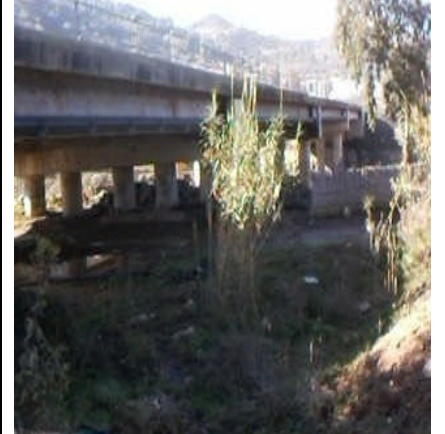


Figure III.2.14 : Analyse thématique des états de différents ouvrages

III.3 Interprétation des résultats

Après l'analyse thématique on constate que 56,66% des ouvrages dans notre parc d'expertise sont bons, 26,66% sont mauvais et 16,66% sont moyens.

-Exemples d'ouvrages en bon, moyen et mauvais état :

		Ouvrage situé sur le PK48+150 Qui est classé en OUVRAGE EN BON ETAT
		Ouvrage situé sur le PK36+720 Qui est classé en OUVRAGE EN MOYEN ETAT
		Ouvrage situé sur le PK76+150 Qui est classé en OUVRAGE EN MAUVAIS ETAT

Conclusion

Le système d'information géographique MapInfo est un outil d'aide à la décision du fait qu'il nous permet de créer une base de données pour localiser chaque ouvrage sur notre carte d'état major, et surtout de lire les détails de chaque information attribuée à cet ouvrage. De ce fait il nous incite à faire un travail bien plus minutieux connu sous le nom de L'ANALYSE THEMATIQUE qui permet la classification de nos ouvrages selon trois critères bon, moyen, mauvais déjà fixés par la DTP de la wilaya de TIZI-OUZOU.

Dans le prochain chapitre nous allons essayer d'appliquer une méthode de classification des ouvrages basée sur l'inspection visuelle qui s'appelle Image de Qualité des Ouvrages d'Art « IQOA » sur les ouvrages de la RN12.

Chapitre IV

*Evaluation des ouvrages sur
la RN 12*

Introduction

La classification des ouvrages qui sera présentée dans ce chapitre est basée sur la méthode dite « Image de Qualité des Ouvrages d'Art » (I.Q.O.A). elle est destinée à fournir un indicateur de l'état moyen des ouvrages.

IV.1 Principe de la méthode

La procédure IQOA, 1995, présente des catalogues de désordres destinés à faciliter la cotation des ouvrages en application de la méthodologie (I.Q.O.A). Chaque catalogue traite des principales dégradations qui peuvent atteindre des éléments structuraux spécifiques, tels que le tablier et les piles. La cotation d'un ouvrage résulte d'une analyse de son état, faite soit à partir du dossier de l'ouvrage si, celui-ci, contient un rapport d'inspection détaillée périodique faite dans l'année, soit à l'issue d'une visite sommaire réalisée conformément au guide de visite IQOA éditée séparément. La qualité des ouvrages est donc vérifiée selon les 6 classes d'état indiquées dans le paragraphe suivant.

IV.2 Classification de l'état des ponts

L'état des ponts est caractérisé par le choix d'une classe d'état parmi cinq, complétée éventuellement d'une mention "S" au titre de la sécurité des usagers.

IV.2.1 Classe d'état

Tableau IV.1 : Classification des ouvrages selon la méthode IQOA

La classe 1	-Ouvrages en bon état apparent, relevant de l'entretien courant.
La classe 2	-Ouvrages dont la structure porteuse présente des défauts mineurs et qui nécessitent un entretien spécialisé sans caractère d'urgence. -Ouvrages dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts qui nécessitent un entretien spécialisé sans caractère d'urgence.
La classe 2E	-Ouvrages dont la structure porteuse présente des défauts mineurs et qui nécessitent un entretien spécialisé. -Ouvrages dont la structure est en bon état apparent mais dont les équipements ou les éléments de protection présentent des défauts qui nécessitent un entretien spécialisé. Contrairement à la classe 2, dans ce cas le caractère urgent est à signaler afin de prévenir le développement rapide des désordres dans la structure et son classement ultérieur dans la classe 3. L'indice "E" de la classe 2E a été choisi pour évoquer le caractère "évolutif" possible à brève échéance de l'état de la structure porteuse.
La classe 3	-Ouvrages dont la structure porteuse est altérée qui nécessite des travaux de réparation sans caractère d'urgence.
La classe 3U	-Ouvrages dont la structure porteuse est gravement altérée et qui nécessite des travaux de réparation en urgence liés à l'insuffisance de la capacité portante de l'ouvrage ou à la rapidité d'évolution des désordres pouvant y conduisant à brève échéance. •Remarque : il y a lieu d'indiquer que seuls les défauts de structure sont justiciables d'un classement en 3ou 3U.

IV.2.2 Risque pour l'utilisateur : Mention "S"

Lorsque les défauts ou déficiences constatés sur l'ouvrage peuvent mettre en cause la sécurité des usagers et nécessitent de ce fait d'être traités de manière urgente, la mention "S" est attribuée à l'ouvrage en complément de l'une quelconque des cinq classes d'état définies précédemment. Cette cotation doit refléter un défaut d'une partie d'ouvrage existante ou disparue, et non pas une non-conformité à des règles de sécurité jugées insuffisantes.

IV.2.3 Note d'évaluation globale

En conclusion, la note fixée à l'ouvrage est constituée de deux parties distinctes :

-la **classe d'état** choisie parmi 1, 2, 2E, 3, 3U et qui caractérise son état mécanique ou fonctionnel, par ordre croissant de gravité.

-la **mention éventuelle "S"** relative à l'urgence à entreprendre des travaux au regard de la sécurité des usagers, qu'ils concernent ou non la structure.

En principe, à chaque étape de regroupement des notes, la note globale à retenir est la plus défavorable des notations élémentaires, sans que ce principe doit être élevé au rang d'obligation.

La mention "S" affectée à un quelconque élément de l'ouvrage doit se retrouver dans la note d'évaluation globale.

IV.3 Démarche d'évaluation de l'état des ponts

La démarche d'appréciation de la classe dans laquelle doit être rangé un pont est conduite selon le processus résumé dans l'organigramme de la figure suivante. Les éléments de décision font appel à un ensemble de notions et de termes portant sur les différentes parties des ponts à considérer et sur les natures d'intervention, dont les définitions sont données par la suite.

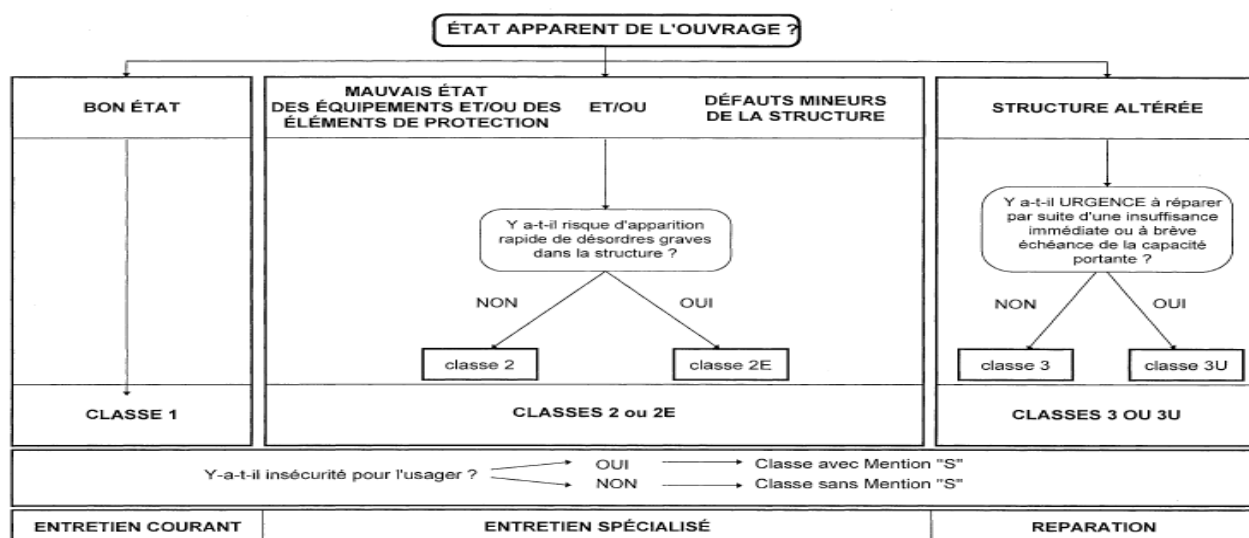


Figure IV.1 : Organigramme de la méthodologie de classification des ponts

IV.4 Définition des parties constitutives d'un pont :

Pour les besoins de la démarche d'évaluation proposée, il convient de distinguer trois parties constitutives dans un pont, qui sont *la structure, les éléments de protection et les équipements*.

IV.4.1 Structure

Ensemble des parties constitutives d'un pont qui reçoivent les charges et les transmettent au sol de fonction. Pour le pont le plus courant, la structure porteuse comprend un tablier, qui repose sur des appuis (culées, piles) et leurs fondations par l'intermédiaire d'appareils d'appui. Dans le terme "Fondation", il faut inclure également le sol environnant qui participe à la tenue de celle-ci. Pour un pont cadre ou un portique, la structure comprend le cadre ou le portique lui-même et les murs en aile ou en retour suspendu ou non. Les appareils d'appui sont des organes faisant partie intégrante de la structure. Ils ne devraient pas être considérés comme des équipements.

IV.4.2 Eléments de protection

Dispositifs annexes à l'ouvrage, destinés à le protéger contre les agressions physiques d'agents extérieurs tels que :

- Les affouillements par un cours d'eau des fondations,
- Les chocs sur les appuis de corps flottants ou bateaux,
- La corrosion des parties métalliques,
- La dégradation physico-chimique du béton, etc....

Ce sont notamment :

- La chape d'étanchéité
- Le revêtement de protection anti-corrosion des surfaces métalliques (de la structure porteuse et de ses équipements),
- Les radiers et ouvrages parafoilles, les enrochements, les perrés,
- Les rideaux de palplanches, batardeaux, ducs d'Albe,
- Les portiques de dissuasion des véhicules hors gabarit.

IV.4.3 Equipements

Dispositifs ajoutés à la structure porteuse et destinés à :

- Permettre l'utilisation de l'ouvrage par l'utilisateur dans des conditions de confort et de sécurité satisfaisantes,
- Faciliter sa surveillance et son entretien,
- Améliorer son esthétique.

Les équipements d'ouvrage les plus fréquemment rencontrés sont les suivants :

Equipement	Fonction		
	Confort et sécurité de l'utilisateur	Aspect esthétique	surveillance
Couche de roulement	X		
Trottoirs (rapportés), bordures, îlots de séparation des voies	X		
Parapets, garde-corps	X	X	
Glissières, barrières de sécurité	X		
Couverture du vide central entre deux ouvrages	X		
Corniches		X	
Dispositifs d'évaluation des eaux (caniveaux, avaloirs, gargouilles, descentes d'eau, barbacanes, corniche-caniveau, cunettes...)	X		
Joints de chaussée	X		
Dalles de transition	X		
Candélabres, potences et panneaux de signalisation, poste téléphonique, etc.	X		
Équipements de visite et d'entretien (trappes, portes, échelles, escaliers, nacelles, dispositifs de suivi, éclairage intérieur, etc).			X

IV.5 Définitions des interventions sur un pont

IV.5.1 Entretien courant

L'entretien courant comprend essentiellement :

- Le nettoyage des dispositifs d'écoulement des eaux : gargouilles, barbacanes, fossés, caniveaux, drains etc... ;
- Le nettoyage de la chaussée et l'enlèvement des dépôts qui se créent sur ses rives ;

- Le nettoyage des joints de chaussée, des joints de trottoirs et leurs équipements ;
- Le nettoyage des trottoirs, notamment ceux comportant des dallettes amovibles ;
- Le nettoyage des sommiers d'appui, de l'intérieur du tablier, des dispositifs de mines éventuels ;
- Le contrôle de l'état et le nettoyage des dispositifs de retenue (garde-corps, glissières, barrières) et des accès de visite (trappes, portes, échelles, nacelles) ;
- L'élimination de toute la végétation nuisible sur l'ensemble de l'ouvrage et à ses abords (perrés, talus) ;
- Le nettoyage des parements de tous graffitis et affiches ;
- L'enlèvement de corps flottants à l'amont des piles ;
- Le maintien en état de la signalisation relative à l'exploitation de l'ouvrage et située sur les voies adjacentes (limitation de gabarit ou de tonnage) ;
- Le contrôle de l'état de tous les équipements liés à l'usage de la voie portée ou de la brèche franchie, et supportés par l'ouvrage, tels que candélabres, bornes d'appel d'urgence, signalisation verticale, réseaux des concessionnaires ; en particulier le contrôle des dispositifs de fixation de ces équipements à l'ouvrage.

IV.5.2 Entretien spécialisé

L'entretien spécialisé porte sur l'essentiel des équipements et des éléments de protection, et également sur les défauts mineurs de la structure. Il diffère de l'entretien courant par les moyens particuliers qu'il nécessite et par les techniques spéciales qu'il met en œuvre. Les opérations d'entretien spécialisé les plus fréquentes sont les suivantes :

- **Opérations sur les défauts mineurs de la structure**
 - Protection des armatures très localement apparentes, ragréage ponctuel et peu profond des parements de béton très localement endommagés,
 - Protection et réfection des cachetages d'ancrages des armatures de précontrainte,
 - Remplacement isolé d'un rivet ou d'un boulon.
- **Opérations sur les équipements et les éléments de protection**
 - Réfection des dispositifs d'écoulements des eaux,
 - Mise en peinture des garde-corps et des éléments métalliques des équipements,
 - Réfection des bordures de trottoirs, des dallettes sous trottoirs, des désordres locaux sur corniches,
 - Réfection de la chape d'étanchéité, de la couche de roulement, des revêtements de trottoir,
 - Suppression des retenues d'eau, protection des parements contre l'humidité des ruissellements,
 - Réfection ou création de dispositifs d'entretien et de visite,
 - Remise en peinture de l'ossature métallique,
 - Entretien des protections cathodiques des parties métalliques de l'ouvrage ou des armatures du béton,
 - Réfection ou mise en place d'éléments de protection.

IV.5.3 Réparation

La portance ou le niveau de portance d'un ouvrage est sa capacité à supporter les charges nominales pour lesquelles il a été conçu et dimensionné. La réparation est l'opération menée sur la structure afin de garantir ou redonner à un ouvrage sa portance d'origine. Les opérations de réparation les plus fréquemment mises en œuvre sont :

- **Pour la maçonnerie**
 - o Le rejointoiement,
 - o La reconstitution de pierres altérées,
 - o L'injection,
 - o La reconstruction partielle,
 - o La pose de tirants d'enserréments des tympans ou des murs en retour,
 - o La réalisation d'une contre-voute.
- **Pour le béton**
 - o L'injection de fissures du béton,
 - o La reconstitution de béton dégradé sur une profondeur importante ou une surface étendue,
 - o L'adjonction d'armatures,
 - o L'application d'une précontrainte additionnelle.
- **Pour le métal**
 - o La réfection d'assemblages boulonnés ou rivés,
 - o La reconstitution ou le remplacement de pièces d'un ouvrage métallique,
- **Pour les fondations**
 - o La reprise de fondation en sous œuvre,
 - o Le confortement de fondations par rideaux de palplanches métalliques, par injection du sol, et par bétonnage de cavités.
- **Pour les appuis**
 - o Le changement des appareils d'appui.

IV.6 Application de la méthode IQOA sur des ouvrages de la RN 12

Sur ce contexte on est allé sur le terrain pour diagnostiquer trois ponts et une trémie de la wilaya de TIZI-OUZOU situés respectivement à BOUKHALFA et le centre ville de TIZI-OUZOU à savoir :

- Le 1^{er} Ouvrage : est situé sur le PK 44+300, qui est un pont cadre Voir (Figure IV.1), en béton armé de superstructure en dalle pleine et d'infrastructure en voile en BA, l'obstacle franchi est la rocade sud en passage supérieur.



Figure IV.2

- Le 2^{ème} Ouvrage : est situé sur le PK 44+700, réalisé en 1980 par la SAPTA, qui est un pont mixte Voir (Figure IV.2), de fondation en pieux forés, de superstructure en poutre métallique et dalle en BA, et d'infrastructure en BA, il franchit la RN12 de passage inférieur.



Figure IV.3

- Le 3^{ème} Ouvrage : est situé sur le PK 46+600 qui est un pont rail Voir (Figure IV.3) qui franchit la RN12.



Figure IV.4

- LE 4^{ème} Ouvrage : est situé sur le PK 46+850, qui est la trémie Centrale (trémie Gare Routière) Voir (Figure IV.4) réalisée en 2002 par ENGOA avec des fondations superficielles de superstructure en dalle en BA et d'infrastructure de mur de soutènement en BA.



Figure IV.5

IV.7 Exemple de classification des 4 ouvrages de la RN 12

Pont Cadre PK44+300									
Types d'élément		Désordres	Critères des classements	Classes					Mention « S »
				1	2	2E	3	3U	
Equipements	Chaussée	L'érosion du béton bitumineux de la chaussée causée par le non respect du dévers pour évacuer les eaux pluviales ou le mauvais compactage de la chape du bitume. (Figure D1-P1)	-Cause une désorientation du véhicule lors de son passage. -La chaussée est exposée à une dégradation généralisée très rapide lors d'infiltration des eaux.		X				X
	Bordures trottoirs	Aucun défaut sous pont (Figure D2-P1)	En bon état	X					
	Dispositif de retenue	inexistants	Insécurité pour les piétons			X			X
	Corniches	Inexistantes (Figure D3-P1)	Manque d'esthétique pas d'effets sur la sécurité des usagés		X				
	Dispositifs d'évacuation des eaux	Inexistants	Cause une dégradation sur la chaussée			X			
	Talus	Bon état apparent sauf problème de végétation. (figure D7-P1)	Dégradation et éclatement du talus par la végétation		X				
	Accès	L'escalier est endommagé (figure D8-P1)	Escalier peu causer des dégâts matériels et humains si une inondation se produit			X			X
	Joints de chaussés et de trottoirs	Inexistants	Sans effets puisque c'est un pont cadre	X					
Eléments de protection	La chape d'étanchéité	Etanchéité mauvaise du moment que nous constatons des infiltrations au dessous de la dalle. (figure D4-P1)	Dégradation de la dalle en béton armé et probabilité de corrosion des armatures, et déformation de la chape du bitume		X				
	Le revêtement de protection anticorrosion des surfaces métalliques (de la structure porteuse et de ses équipements)	Pas de surface métallique		X					
	Les portiques de dissuasion des véhicules hors gabarit	Inexistants	Risque de collision des véhicules hors gabarit avec la dalle ce qui pourrai l'endommager		X				
Structure	Etat de la superstructure et l'infrastructure	Moyen, percement (troue causé par les infiltrations) localisé sur les joints de la dalle en béton Visibilité de tache due a	Peut causer avec le temps la saturation en eaux de la dalle et voile en béton armé et la corrosion totale des armatures de ces derniers.			X			

		l'infiltration des eaux sur les voiles en béton armé (Figure D5-P1) (Figure D6-P1)							
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

TABLEAUX DES FIGURES DES DEGRADATIONS :

 Figure D1-P1	 Figure D2-P1	 Figure D3-P1
 Figure D4-P1	 Figure D5-P1	 Figure D6-P1



Figure D7-P1



Figure D8-P1

Pont Mixte PK44+700									
Types d'élément		Désordres	Critères des classements	Classes					Mention « S »
				1	2	2E	3	3U	
Equipements	Chaussée	Dénivellation de la chaussée à proximité des joints de chaussée (Figure D1-P2)	Cause une stagnation des eaux et un mauvais drainage des matériaux granulaires sur cette zone ce qui va influencer a long terme sur les joints de chaussée.		X				X
	Bordures trottoirs	- trottoirs endommagés vu le mauvais nettoyage et mauvaise mise en état après un quelconque entretien. (Figure D2-P2) -Dalette de passage des fourreaux endommagées ce qui favorise l'accumulation de la terre et des gravats. -quelques bordures démolies (Figure D3-P2)	- Danger sur les piétons et les usagers surtout la nuit. - Poussée de la végétation sur les trottoirs ce qui endommage le béton donc la dalle du pont et la chape d'étanchéité.			X			X
	Dispositif de retenue	Garde corps en moyen état un peu corrodé et sans réhabilitation de peinture. (Figure D4-P2) Manque de glissières de sécurité.	-Risque d'endommagement rapide des gardes corps. - risque de chute des véhicules en cas de sortie de la route.			X			
	Corniches	Existantes mais non entretenues (Figure D5-P2)	Manque d'esthétique, pas d'effets sur la sécurité des usagers.		X				
	Dispositifs d'évacuation des eaux	Gargouilles existantes mais non fonctionnelles car elles sont bouchées par la couche de roulement.	Cause une dégradation sur l'ensemble de la superstructure (dalle ; joint de chaussée ; trottoir...)			X			
	Talus	Bon état apparent sauf problème de végétation. (figure D12-P2)	Dégradation et éclatement du talus par la végétation		X				
	Joints de chaussés et de trottoirs	Les joints de chaussées existants non entretenus (plein de fines argileuse) et non continus sur les trottoirs (Figure D6-P2) , scellés avec du béton. (Figure D7-P2)	Dégradation rapide des joints de chaussée vue sa saturation en fine argileuse. Le mauvais fonctionnement du joint de chaussée vu que le béton n'est pas élastique autant que le béton bitumineux ce qui facilite l'endommagement de la couche de roulement.			X			

			Infiltration des eaux dans la partie du trottoir vers la poutre métallique et structure en béton.						
Eléments de protection	La chape d'étanchéité	Etanchéité mauvaise du moment que nous constatons des taches dues à l'infiltration des eaux sur toute la surface du tablier ainsi que sur le mur frontale de la culée. (Figure D8-P2)	Dégradation de la dalle en béton armé et probabilité de corrosion des armatures, et déformation de la chape du bitume.			X			X
	Le revêtement de protection anticorrosion des surfaces métalliques (de la structure porteuse et de ses équipements)	Les surfaces métalliques tels que les poutres et les gardes corps sont en bon état apparent mais sans entretien de revêtement anticorrosion. (Figure D9-P2)	Dégradation de la structure porteuse (poutre métallique).		X				
	Les portiques de dissuasion des véhicules hors gabarit	Inexistants	Risque de collision des véhicules hors gabarit avec la dalle ce qui pourrait l'endommager.		X				X
Structure	Etat de la superstructure et l'infrastructure	Moyen, vu le constat des infiltrations des eaux sur toute la dalle (tache blanche) (Figure D8-P2) et un début de corrosion des poutres métalliques (Figure D9-P2) Les pille et les culées sont en moyen état apparent vue les petites dégradations tels que les gravats sur le mur de front de la culée (Figure D10-P2) ...etc. Quant aux appareilles d'appuis ils sont anciens et en mauvais état apparent (corrosion) (Figure D11-P2)	Peut causer avec le temps la saturation en eaux de la dalle et la corrosion totale des armatures de cette dernière. La corrosion totale des poutres métalliques et la dégradation de l'ensemble de l'ouvrage.				X		

TABLEAU DES FIGURES DES DEGRADATIONS :



Figure D1-P2



Figure D2-P2



Figure D3-P2



Figure D4-P2



Figure D5-P2



Figure D6-P2

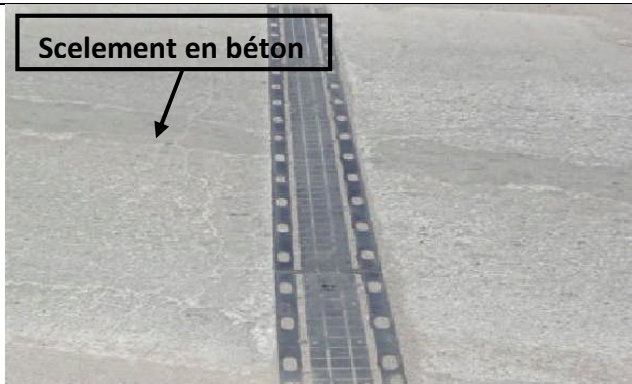


Figure D7-P2



Figure D8-P2



Figure D9-P2



Figure D10-P2



Figure D11-P2



Figure D12-P2

Pont Rail PK 46+600									
Types d'élément		Désordres	Critères des classements	Classes					Mention « S »
				1	2	2E	3	3U	
Equipements	Chaussée	Orniérage et faïencage de la chaussée sous le pont rail (Figure D1-P3)	-Cause une désorientation du véhicule lors de son passage. -La chaussée est exposée à une dégradation généralisée très rapide lors de d'infiltration des eaux.		X				X
	Bordures trottoirs	Aucun défaut apparent (Figure D2-P3)	En bon état.	X					
	Dispositif de retenue	En bon état (Figure D3-P3)	Sécurité des usagers.	X					
	Corniches	inexistantes	Manque d'esthétique pas d'effets sur la sécurité des usagers.	X					
	Dispositifs d'évacuation des eaux	N'apparaissent pas sur le pont, mais visibles sous le pont. (Figure D4-P3) Avaloir non entretenue (Figure D5-P3)	Dégradation de la superstructure avec le temps.			X			
	Joints de chaussées et de trottoirs	Inexistants							
	Talus	Bon état apparent Les barbacanes bouchées par les terres du talus. (Figure D6-P3)	Mauvais drainage des eaux derrière le mur ce qui pourrait causer un effondrement du mur			X			X
Eléments de protection	La chape d'étanchéité	Mauvaise étanchéité vu les taches d'infiltration des eaux sur la dalle. Défaut d'étanchéité au droit d'une réservation d'une gargouille (Figure D7-P3)	Dégradation du béton		X				
	Le revêtement de protection anticorrosion des surfaces métalliques (de la structure porteuse et de ses équipements)	Revêtement de protection existant (Figure D3-P3)	Bonne protection des dispositifs de retenue	X					
	Les portiques de dissuasion des véhicules hors gabarit	inexistantes (Figure D8-P3)	Risque de collision et de frottement des véhicules hors gabarit avec la dalle du pont		X				X
Structure	Etat de la superstructure et l'infrastructure	En bon état apparent de la structure sauf un léger retrait du béton sur le portique en béton armé. (Figure D9-P3)	Aucun danger sur la structure ni même sur l'usager.		X				

TABLEAU DES FIGURES DES DEGRADATIONS :

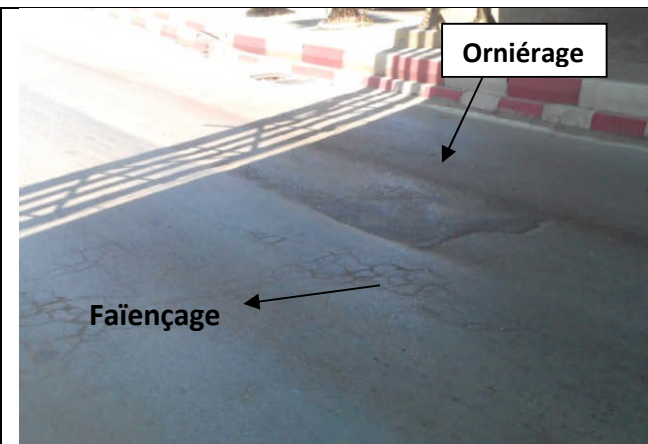


Figure D1-P3



Figure D2-P3

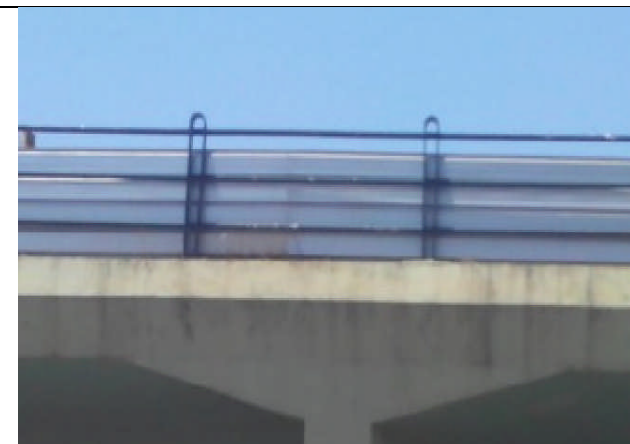


Figure D3-P3



Figure D4-P3

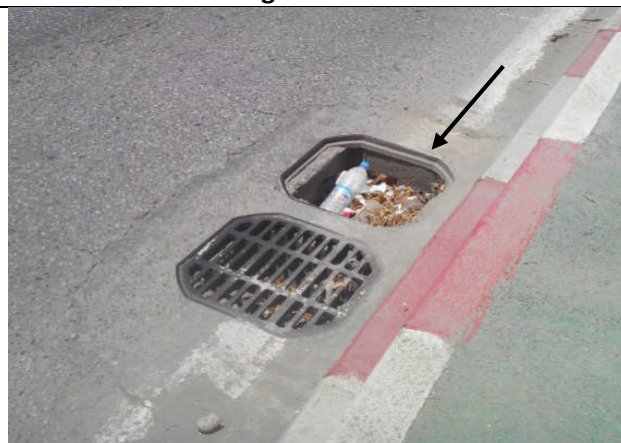


Figure D5-P3



Figure D6-P3



Figure D7-P3



Figure D8-P3

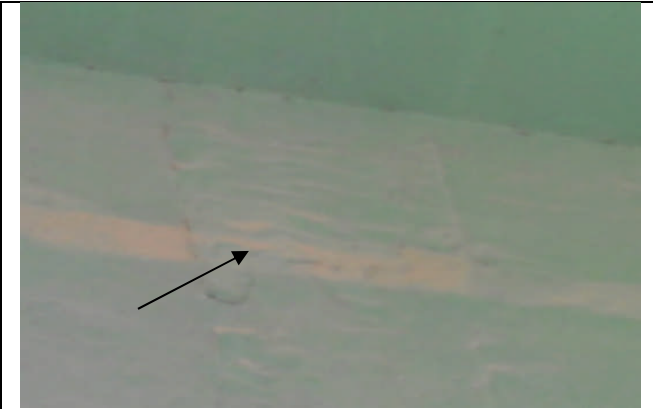


Figure D9-P3

Trémie Centrale PK46+850										
Types d'élément		Désordres	Critères des classements	Classes					Mention « S »	
				1	2	2E	3	3U		
Equipements	Chaussée	aucun défaut apparu (Figure D1-P4)	En bon état	X						
	Bordures trottoirs	Aucun défaut apparent (Figure D2-P4)	En bon état	X						
	Dispositif de retenue	En bon état (Figure D3-P4)	Sécurité des usagers	X						
	Corniches	Un léger éclatement de béton sur corniche du a un passage de véhicule hors gabarit ou a un défaut de réalisation (Figure D4-P4)	Manque d'esthétique pas d'effet sur la sécurité des usagers		X					
	Dispositifs d'évacuation des eaux	Bon état Non boucher	Pas de dégradations	X						
	Joints de chaussées et de trottoirs	Inexistants	Sans effets puisque c'est une trémie	X						
Eléments de protection	La chape d'étanchéité	Aucune information		X						
	Le revêtement de protection anticorrosion des surfaces métalliques (de la structure porteuse et de ses équipements)	Revêtement de protection existant (Figure D3-P4)	Bonne protection des dispositifs de retenue	X						
	Les portiques de dissuasion des véhicules hors gabarit	Existantes (Figure D5-P4)	Les informations sur le gabarit sont mentionnées donc pas de risque de collision	X						
Structure	Etat de la superstructure et l'infrastructure	Très bon état apparent la dalle en béton armé et les murs de soutènement sont en parfait état (Figure D6-P4)	Aucun danger sur la structure ni même sur l'utilisateur.	X						

TABLEAU DES FIGURES DES DEGRADATIONS :

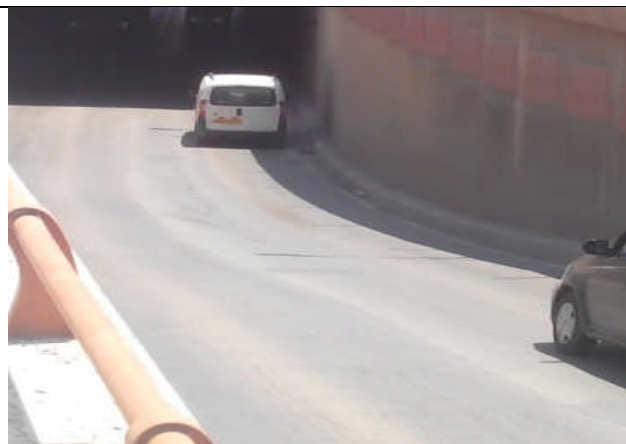


Figure D1-P4

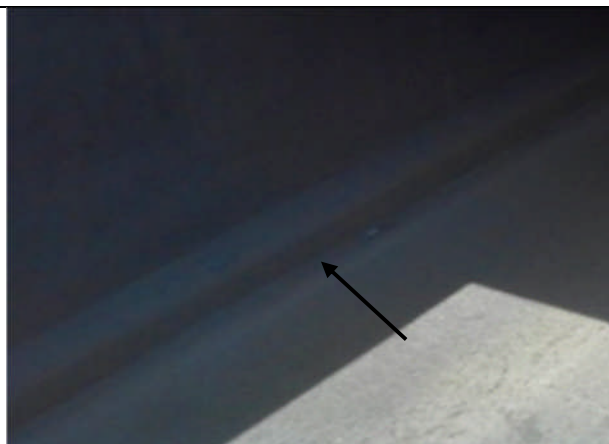


Figure D2-P4



Figure D3-P4



Figure D4-P4



Figure D5-P4

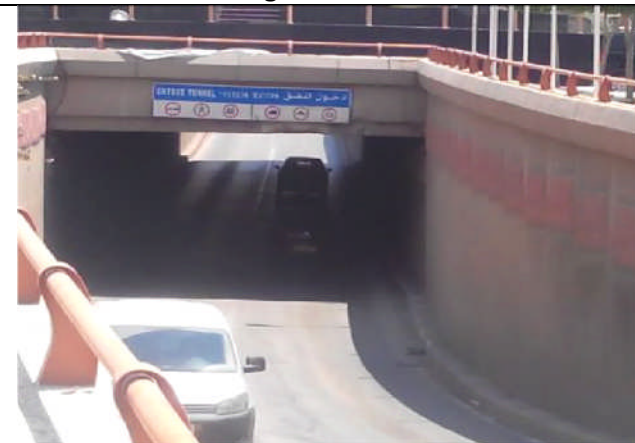


Figure D6-P4

VI.8 TABLEAU DE CLASSIFICATION DEFINITIVE :

Les ouvrages sont classés selon la classe la plus défavorable de chaque type d'éléments :

Ouvrages	Classe obtenue pour			Classe finale de l'ouvrage
	Equipements	Eléments de protection	Structures	
Pont PK 44+100	2ES	2E	2	2ES
Pont PK44+700	2ES	3	2ES	3
Pont PK46+600	2E	2	2S	2E
Pont PK 46+850	1	2	1	2

Conclusion

Malgré les difficultés liées à la méthode Image de Qualité des Ouvrages d'Art ainsi que le manque de moyens, nous avons pu réaliser notre expertise vue que cette méthode est basée sur une inspection visuelle des dégradations. Cette inspection a fait appel à la pathologie des ouvrages d'art.

On est arrivé grâce à cela, à classer nos quatres ouvrages selon le principe de la méthode IQOA. Le résultat est comme suit :

- Pont cadre PK44+300 : classe 2ES
- Pont mixte PK44+700 : classe 3
- Pont rail PK46+600 : classe 2E
- Trémie centrale PK46+850 : classe 2

Conclusion générale

Conclusion générale

Maîtriser l'information a toujours été une préoccupation majeure, à tous les niveaux et notamment celui des pouvoirs publics. Cet enjeu est essentiel, surtout en ce qui concerne la gestion du réseau routier avec ses différents et nombreux éléments. L'objectif majeur de notre travail a été justement d'essayer de mettre en place un outil de maîtrise de l'information et d'expertise en d'autres termes un « outil d'aide à la décision ».

Ainsi, au terme de ce travail, nous pouvons dire que compte tenu de la complexité de la gestion du réseau routier, le recours aux Systèmes d'Informations Géographiques constitue un gain considérable en terme de temps ; *« La possibilité de visualiser rapidement sous forme cartographique la position d'une infrastructure et d'accéder à ses caractéristiques à partir du bureau permet un gain de temps dans le travail au quotidien des utilisateurs ».*

Ajouter à cela l'un des principaux atouts des SIG est de fournir une gestion unique de l'ensemble des données relatives au réseau. Cela permet de disposer à travers d'un seul outil de tous les paramètres ayant une importance dans l'atteinte d'un niveau de sécurité satisfaisant.

Cependant, l'outil mis en place dans le cadre de ce travail ne constitue que le début d'un énorme projet en collaboration avec la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou. Certains manques et insuffisances sont à signaler notamment en termes de :

- pathologie des ouvrages.
- Localisation des ouvrages
- Intégration d'information en image (photographie)
- Mise à jour des cartes d'état major
- Etc...

Malgré ces insuffisances, nous avons montré que les SIG constituent donc de puissants outils d'intégration et d'analyse des données relatives aux réseaux routiers et à leur environnement car ils permettent une approche plus complète et mieux maîtrisée.

Références bibliographiques

A.PLUMIER. « Pathologie Et Réparations Structurelles Des Constructions Partie III » ArGenCo, édition (2006).

J-A.CALGARO, R. LACROIX. « Pathologie et évaluation des ponts existants ». Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, C4 502, France, (1997).

F. OUALI. « Étude statique et pathologique des ouvrages d'art », mémoire de projet de fin d'étude, Université de Blida, Institut de Génie Civil, (2002/2003).

Défauts apparents des ouvrages d'art en béton, Ministère De L'équipement Français Service d'études Techniques Des Routes Et Autoroutes Laboratoire Central Des Ponts Et Chaussées (1975).

B. BENBELLIL. « Réparation des ponts en béton armé ».Mémoire Master. École nationale polytechnique : départements Génie civil. (2013).

S. M. JOHNSON. « Dégradation, entretien et réparation des ouvrages du Génie Civil », (Traduction française de M. LONDEZ), Paris, 1969.

CEREMA. « Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art ».Annexe A-4, (septembre 2016).

H. HAMMOUM, R. BOUZIDA. Pratique des systèmes d'information géographique SIG « les pages bleues internationales ».ISBN 978-9947-850-67-1, Alger (2010).

CARTE TIZI-OUZOU-31-OUEST. Ministère de la défense nationale, Institut national de cartographie, 123, Rue de tripoli Hussein Day, Algérie (1987).

CARTE BORJ-MENAILE. Ministère de la défense nationale, Institut national de cartographie, 123, Rue de tripoli Hussein Day, Algérie (1987).

D. BOUHADOUN, F. BELKACEM. « Evaluation d'un patrimoine de réservoirs par la détermination de l'indice de vulnérabilité dans un système d'information géographique ». Mémoire Ingénieure. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : département Génie civil. (2009).

C. BOUKLI HACENE, A. RABAH FISSA. Polycopie intitulé « système d'information géographique, cours et travaux pratique ».Université Aboubahr Belhaid. Tlemcen.

IMAGE DE LA QUALITE DES OUVRAGES D'ART (IQOA) « Catalogue des principaux désordres – Aide à leur classification » 'Pont à poutres sous chaussée en béton armé', Service d'Études techniques des Routes et Autoroutes – SETRA, (1996).

J- A.CALGARO, R.LACROIX. «Techniques des ingénieurs, Projet de renforcement ou de réparation d'un pont», C4 503.

LCPC, SETRA «Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art- Ponts et viaducs en maçonnerie, fascicule 30-31».

« **GESTION DES OUVRAGES D'ART** » Presses de l'école nationale des ponts et chaussée France, (1994).

S. M. JOHNSON. « Dégradation, entretien et réparation des ouvrages du Génie Civil », (Traduction française de M. LONDEZ), Paris, (1969).

CTTP, direction de l'exploitation et de l'entretien routiers « Guide de la surveillance des ouvrage d'art », décembre 1996.

Y. HAMLAOUI. « Maintenance, entretien et réparation des ponts ».thèse Magister. Université Mohamed khider : Département Génie civil et hydraulique. Biskra, (2012).

COTITA CENTRE-EST- CLUB ENTRETIEN ROUTIER. « Gestion du patrimoine des ouvrages d'Art », (6 Novembre 2012).

J-A. CALGARO, R. LACROIX. « Maintenance et réparation des ponts», Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, (1997).

FAME, GUIDE STRESSE. « Réparation et rénovation des structures métalliques », Version 2, Novembre (2014).

COLLOQUE NATIONAL. « Pathologie des Constructions: Du Diagnostic à la Réparation » Université Mentouri Constantine, Département de Génie Civil 25 et 26 Novembre 2008.

MINISTERE DU TRANSPORT, Fascicule 2, « instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art », 19 octobre 1979.

LCPC, Guide technique, « Investigations et évaluations dynamiques des ponts », 2009.

D.BREYSSE, O.ABRAHAM. « Méthodologie d'évaluation non destructive de l'état d'altération des Ouvrages En Béton », ISBN 2-85978-405-5, Presses de l'École Nationales des Ponts et Chaussées Paris, (2005).

CETE Méditerranée, « Expertiser et contrôler un ouvrage d'art », service communication - Laboratoire-Aix/19 éd. 2005.

Annexes

Annexe 1 : Exemples des essais utilisés au cours des inspections

Méthode	Principe de l'opération	Applications	User expertise	Avantages	Limitations
émission acoustique (Clifton et al.1982)	La surveillance continue des structures au cours du service, détecter l'imminence échec; contrôler la performance de la structure	Lors de croissance des fissures ou des déformations plastiques, la libération rapide de l'énergie de déformation produit des ondes acoustiques (du son) qui peut être détectées par des capteurs en contact avec ou attaché à la surface de l'objet testé	Une connaissance approfondie nécessaire pour la réalisation d'essai et l'interprétation des résultats	Surveillance structurelle en fonction des charges appliquées; capables de localiser la possibilité de défaillance ; l'équipement est portable et facile à utiliser, Efficace pour les essais de charge	-Essais coûteux, -Peut être utilisé que lorsque la structure est chargé et en cas ou on a un Croissance des dégradations ; -L'interprétation de résultats requis un expert; -Actuellement largement limitée aux laboratoires; -Expériences limitées, -Nécessite des autres travaux.

L'impact acoustique (Clifton et al.1982)	Utilisé pour détecter décollement, délaminations, les vides et les microfissures	Surface de l'objet est frappé avec un outil. Les caractéristiques de fréquence et d'amortissement du bruit résultant donnant une indication de la présence de défauts, l'équipement peut varier d'un simple marteau ver une remorque équipée par un matériel électronique sophistiqué	Faible niveau d'expertise requis pour utiliser le système auditif, mais le système électronique nécessite une formation	L'équipement portable, facile à se produire avec le système auditif; dispositif électronique nécessite plus de matériel	La géométrie et la masse de l'objet teste influant sur les résultats ; normes de référence nécessaire pour les tests électroniques
carottage (ASTM C42)	Détermination directe de la résistance du béton ; L'évaluation du type, condition et la qualité du béton, des agrégats, du ciment et d'autres composants	Réalisation de carottage ; les essais peuvent être effectués sur les carottes pour déterminer la résistance à la compression et à la traction, les propriétés de torsion, le module d'élasticité etc.	Un soin particulier pour éviter l'endommagement des carottes pondent l'opération du carottage ; niveau modéré de l'expertise nécessaire pour tester et évaluer les résultats	La méthode la plus acceptée pour déterminer la force la fiabilité, et la qualité des bétons coulés sur place. Elle est bonne pour examiner les fissures des armatures intégrées et pour l'échantillon pour tests chimiques	Carottage des structures, dommages et réparations peuvent être nécessites des Essais destructifs

Gamma Radiography (Malhotra1976)	Lieu d'estimation, la taille et l'état des barres d'armature; voir dans le béton, la densité	Basé sur le principe que le taux d'absorption des rayons gamma est affecté par la densité et l'épaisseur de l'éprouvette; les rayons gamma sont émis par la source, pénètrent l'échantillon, sortent sur la face et sont enregistrés dans le dossier	L'utilisation de rayons gamma la production d'isotopes est étroitement contrôlée par le CNRC, les équipements doivent être exploités par des inspecteurs agréés	Défauts internes peuvent être détectés; applicables à la variété des matériaux; enregistrement permanent sur le film; appareils à rayons gamma facilement portables	L'équipement est cher; source de rayons gamma est la santé et la sécurité; nécessite un accès aux deux côtés de l'éprouvette
scléromètre (ASTM C805)	Compare la qualité du béton de différentes zones de l'échantillon, les estimations de la résistance du béton en fonction des courbes d'étalonnage avec une précision limitée	Printemps de masse conduit surface de frappe de béton et de la distance de rebond est donnée dans les valeurs de R; dureté de surface est mesurée et la force est estimée à partir des courbes d'étalonnage fournies par le fabricant de marteau	simple à utiliser, peut être facilement exploité par le personnel de terrain	L'équipement est léger, simple à utiliser et peu coûteux, grande quantité de données peut être rapidement obtenue; bon pour la détermination de l'uniformité du béton et du stress force potentiellement faible	Résultats affectés par l'état de la surface de béton; ne donne pas de prévision précise de la force; estimations de la force doit être utilisée avec grand soin; étalonnage fréquent des équipements est nécessaire.

Annexe 2 : Fiche d'Inventaire d'un Ouvrage d'Art

Date de l'inventaire: 23/11/2014			Inspection conduite par :		Conditions climatiques :	
Date du Procès verbal : 29/11/2014			Durée d'inspection: de 06/10/2014 à Cliquez ici pour entrer une date.		T° :	
Identifiant	Code wilaya	N° de la Route	PK	N° de l'Ouvrage	Visite effectuée par :	M ^{lle} /M ^r
	15	RN 12	48+150	10	Profil : Ing ☒ Tech ☒	M ^{lle} /M ^r
INFORMATIONS ADMINISTRATIVES						
Identification				Localisation		
Maitre de l'ouvrage : DTP-TO Subdivision : STP -TO Commune : T-O Maison Cantonnière : Groupe d'ouvrage : Pont /Passerelle ☐ Tunnel/Trémie ☒ Viaduc ☐ Mur soutènement ☐ Famille d'ouvrage : Béton armé ☒ Précontrainte ☐ Métallique ☐ Mixte ☐ Maçonnerie ☐ Arc ☐ Suspendus ☐ à Haubans ☐ Autres ☐ Type Structure de l'ouvrage Pont voute ☐ Pont poutre âme pleine ☐ Pont dalle ☐ Pont caisson ☐ Pont cadre ☒ Ponceau ☐ Dalot ☐ Poutrelles enrobés ☐ Pont en arc ☐ Pont à câbles ☐ Viaduc ☐ Poutres triangulées ☐ O.Submersible ☐ O. Semi submersible ☐ Dénomination de l'ouvrage : TREMIE DJURDJURA. Type de fonctionnement de la structure : Isostatique ☒ Hyperstatique ☐ Particularités (Présence d'éléments extérieurs d'utilité publics (annexés aux structures de l'ouvrage) *Conduite d'eau (eau potable, eaux usées) ☒ *Conduite Câbles (téléphonique, gaz, électricité) ☒				Numérotation de l'ouvrage : 10 Position : PK48+150/PR Coordonnées (X,Y) : Longitude L'latitude Situation de l'ouvrage Rase campagne ☐ Urbain ☒ Périurbain ☐ Marin ☐ Voie Portée : Type Numéro RN ☒ 12 CW ☐ CC ☐ Origine de la voie portée (PK début) : PK 39+000 Extrémité de la voie portée (PK Fin) : PK 59+000 Orientation voie portée : DRAA BEN KHEDDA vers AZAZGA Obstacle Franchie : Oued ☐ Voie Ferroviaire ☐ Parking ☐ Route (RN, CW, CC) ☒ Autres (ex : Pont immeuble) ☐ Oui. Hauteur gabarit 4.20(m) largeur chaussée 7.00(m) Sujétions particulières : Zone sismique Zone 0 ☐ Zone IIa ☒ Zone III ☐ Zone I ☐ Zone IIb ☐ Accessibilité de l'ouvrage : (commentaire sur d'accès vers l'ouvrage et aux différentes parties de cet ouvrage) Accéssible		

Photos de l'ouvrage	
Elévation Amont	
Elévation val	
Vie de l'ouvrage	
Conception/Exécution	Historique de l'ouvrage
Statut : OA. Patrimoine ☐ OA. Récent ☒ Date (époque) de construction : 08/02/2004 Epoque coloniale ☐ Inconnue ☐ Date (époque) de mise en service : 21/11/2004 Inconnue ☐ Entreprise de réalisation : ENGOA Inconnue ☐ Bureau d'étude concepteur SAETI Inconnue ☐ Règlement de charges calcul utilisé : Connu ☐ Inconnu ☒ Prise en compte de charges exceptionnelles : Oui ☐ Non ☐ Type de convoi : Règlement de référence : <u>Techniques de construction</u> Maconnerie ☐ BA ☒ BP par prétension ☐ BP par post tension ☐ Par encorbellement ☐ Par poussée ☐	<u>Dossiers d'archives :</u> Plans : Existe ☒ Inexistant ☐ Notes de calcul : Existe ☒ Inexistant ☐ Levés topographiques : Existe ☒ Inexistant ☐ Etudes de sol : Existe ☒ Inexistant ☐ Rapports d'expertise : Existe ☐ Inexistant ☒ Rapports d'inspection : Existe ☒ Inexistant ☐ Rapport d'auscultation : Existe ☐ Inexistant ☒ PV de visite : Existe ☒ Inexistant ☐ Epreuve de chargement : Existe ☐ Inexistant ☒ Autres documents :. <u>Travaux d'entretien et de réparation réalisés</u> <i>Types :Date : Nature:</i> Entretien courant ☒ Entretien spécialisé ☐ Réparations ☐ Réfection ☐ Autres :. ☐ <u>Mesures de surveillance spécifiques entreprises :</u> NEANT <u>Mesures de sécurité particulières entreprises:</u> NEANT

--	--

INFORMATIONS TECHNIQUES	
Données de circulation	Données de Capacité portante
TJMA : Véh / j % Poids Lourds : % Possibilité de déviation à proximité Oui ☐ Non ☐ A combien de Km0.500 Nom d'un itinéraire de déviation : BOULEVARD lamali Longueur de l'itinéraire de déviation3Km	Chargement de conception Connu ☐ Inconnu ☐ Problème de limitation de charge Oui ☐ Non ☒ Date de la décision : Cliquez ici pour entrer une date. Poids aux charges légales limites (PTAC) limité ☐ Illimité ☒
Signalisation permanente de l'ouvrage	Hydraulique de l'Ouvrage
Signalisation de prescription : Oui ☒ Non ☐ Signalisation de danger : Panneau relatif à un passage étroit : Existe ☒ Aucun affichage ☐ Panneau de limitation de vitesse : Existe ☒ Aucun affichage ☐ Panneau de limitation de hauteur du gabarit : Existe ☒ Aucun affichage ☐ Panneau de limitation de tonnage : Existe ☐ Aucun affichage ☒	Oued sujet à écoulement Sec ☐ Normal ☐ Important ☐ <u>Travées concernées par l'écoulement</u> Toutes ☐ ou Travée N° / / / Oued sujet à inondation/Hauteur des eaux Oui ☐ Non ☐ (m) Tracé du lit d'Oued Stable ☐ Instable ☐ Méandre ☐ Rectiligne ☐ Implantation du lit d'Oued Correcte ☐ Dangereuse ☐
INFORMATIONS DESCRIPTIVES	
Géométrie	
Capacité du Profil en Travers : Nombre de voie de circulation : Route à 1 voie ☐ Route à 1x2 voies ☒ Route à 2x2 voies ☐ Route à 2x3 voies ☐ Implantation tracé Correcte ☒ Dangereuse ☐ Particularité géométriques : Biais : gd Droit : gd Rayon : (m) Pente (%) Devers : //(%)	Dimensions : Longueur totale de l'ouvrage :208(m) Longueur du tablier : 40.00 (m) Largeur totale (Sens aller) : 3.50 (m) Largeur chaussée (Sens aller) : 3.50 (m) Largeur circulaire de la chaussée : (m) Largeur TPC : //(m) Largeur totale : (Sens retour) 7.00 (m) Largeur chaussée (Sens Retour) : : 3.50.(m) Largeur circulaire de la chaussée : 3.50.(m) Hauteur libre du gabarit (Tirant d'air) :4.20(m) Longueur de la brèche : (m)

INFORMATIONS DESCRIPTIVES											
Equipements											
<u>Joints de chaussée :</u> Oui ☐ Non ☒ Invisibles ☐ Transversaux ☐ Obliques ☐ Nombre Longueur (m) Largeur Ouverture du Souffle (m) Type joint de chaussée :		<u>Appareils d'appuis :</u> Visible ☐ non visible ☐ <u>Nature</u> Fixe ☐ Mobile ☐ Absent ☐ Nombre de ligne d'appuis : <u>Type</u> : Elastomère ☐ Métallique ☐ Section rétrécie de béton ☐ Invisible ☐ Autre ☐ <u>Moyens nécessaires pour leur inspection :</u> Léger ☒ Moyen ☐ Lourd ☐									
<u>Abords de la chaussée :</u> TPC : Avec ☐ Sans ☒ Largeur (m) Trot G : Avec ☒ Sans ☐ Largeur 0.50 (m) Trot D : Avec ☒ Sans ☐ Largeur 0.50 (m) Accot G : Avec ☐ Sans ☒ Largeur (m) Accot D : Avec ☐ Sans ☒ Largeur (m) Aucun Trottoir /Accotement ☐ Hauteur des bordures de trottoir : 0.20(m) Type trottoir: Dallettes en béton ☐ Revêtement en BB ☐ Revêtement en Béton ☒ Type joint trottoir		<u>Plots antisismiques</u> Existe ☐ N'existe pas ☒									
<u>Corniche :</u> Existe ☒ N'existe pas ☐ <u>Dispositifs de retenue (Oui /Non) :</u> Coté Gauche extérieur ☒ Coté droit extérieur ☒ Longueur : 208(m) Longueur : 208(m) TPC coté gauche ☐ TPC coté droit ☐ Longueur : (m) Longueur : (m) Hauteur des dispositifs de retenue : 1.10m) <u>Type :</u> Glissière de sécurité ☐ Garde Corps ☒ Parapet maçonnerie ☐ Parapet béton ☒ Barrière métallique ☐ Sans ☐		<u>Système de drainage et d'évacuation des eaux:</u> <u>Type :</u> Gargouilles ☐ Caniveaux ☒ Barbacanes ☐ Absence ☐ <u>Etat :</u> Correctemal ☒ façonné ☐ Obstrué ☐									
<u>Matériau :</u> <table style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Coté gauche</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Coté droit</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acier ☒</td> <td>Acier ☒</td> </tr> <tr> <td>Béton ☒</td> <td>Béton ☒</td> </tr> <tr> <td>Maçonnerie ☐</td> <td>Maçonnerie ☐</td> </tr> </tbody> </table>		<u>Coté gauche</u>	<u>Coté droit</u>	Acier ☒	Acier ☒	Béton ☒	Béton ☒	Maçonnerie ☐	Maçonnerie ☐	<u>Zone d'influence aux abords de l'ouvrage :</u> <u>Défauts du Remblai d'accès :</u> Dénivelée (tassement) ☐ Défaut de joint (fissure) ☐ <u>Talus contigu :</u> Protégé ☒ Non Protégé ☐ Stable ☒ Instable ☐ <u>Type de protection :</u> Gabions ☐ Palplanche ☐ Perrés maçonnés ☐ Pierres sèches ☐ Végétalisation ☐ Parois en BA ☒ Béton projeté ☐ Autres..... ☐	
<u>Coté gauche</u>	<u>Coté droit</u>										
Acier ☒	Acier ☒										
Béton ☒	Béton ☒										
Maçonnerie ☐	Maçonnerie ☐										

INFORMATIONS DESCRIPTIVES																																																																			
Systèmes structuraux																																																																			
<u>Tablier</u> Nombre de travées (Voute ou Arches) : 01 Portée max des travées (m) : 40/ / / Diamètre de voute (m) : / / / <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Nature Matériaux</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Type</u></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>BA</td> <td>☒ Travée continues</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BP</td> <td>☐ Travée indépendante</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maçonnerie</td> <td>☐ Voute</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Métallique</td> <td>☐ Portique</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mixte</td> <td>☐ Cadre</td> <td>☒</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Poutrelles enrobés</td> <td>☐ Cantilever</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> </table> Nombre de poutres : <u>Fondations</u> Type fondation des culées : Superficielles (sur semelle ou radier) ☒ Profondes (sur Pieux ou Puit) ☐ Type fondation des piles : Superficielles (sur semelle ou radier) ☐ Profondes (sur Pieux ou Puit) ☐ Fondations immergées Oui ☐ Non ☒ Lequels (Numéros Appuis) / / / / Affouillement : Visible ☐ Inexistant ☒ Amorce d'affouillement Au niveau de quel appui (Numéro) : / / / Système Protection en place vis à vis de l'affouillement : Existe ☐ inexistant ☒ Type de protection : Gabionnage ☐ Palplanche ☐ Enrochement ☐ Radier ☐ Autres types ☐ Indices d'affouillement Ecoulement rapide et brusque de l'eau ☐ Pente abrupte ☐		<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>			BA	☒ Travée continues	☐		BP	☐ Travée indépendante	☐		Maçonnerie	☐ Voute	☐		Métallique	☐ Portique	☐		Mixte	☐ Cadre	☒		Poutrelles enrobés	☐ Cantilever	☐		<u>PILES</u> Nombre de piles : Hauteur des piles : / / / / Piles avec chevêtre Oui ☐ Non ☐ <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Nature Matériaux</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Type</u></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>BA</td> <td>☐ Colonne</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maçonnerie</td> <td>☐ Voile</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Métallique</td> <td>☐ Marteau</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Autre</td> <td>☐ Palée</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> </table> Fût ☐ <u>CULEES</u> Type_Culée enterrée ☐ Pile culée ☐ Culée remblayée ☐ Hauteur : (m) Culée Mur latéral RG (Amont) <table style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Nature Matériaux</u></th> <th style="text-align: left;"><u>Type</u></th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>BA</td> <td>☐ Aile</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maçonnerie</td> <td>☐ Retour</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sans</td> <td>☐ Quart de cône</td> <td>☐</td> <td></td> </tr> </table> Culée Mur de Front Nature Matériaux Types BA ☐ Enterrée ☐ Maçonnerie ☐ Apparente ☐ Autre Creuse ☐ Mur Garde Grève Visible ☐ Invisible ☐ Nature matériau BA ☐ Maçonnerie Culées Mur latéral RD (Aval) Nature Matériaux Types BA ☐ Aile ☐ Maçonnerie ☐ Retour ☐ Sans ☐ Quart de cône ☐		<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>			BA	☐ Colonne	☐		Maçonnerie	☐ Voile	☐		Métallique	☐ Marteau	☐		Autre	☐ Palée	☐		<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>			BA	☐ Aile	☐		Maçonnerie	☐ Retour	☐		Sans	☐ Quart de cône	☐	
<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>																																																																		
BA	☒ Travée continues	☐																																																																	
BP	☐ Travée indépendante	☐																																																																	
Maçonnerie	☐ Voute	☐																																																																	
Métallique	☐ Portique	☐																																																																	
Mixte	☐ Cadre	☒																																																																	
Poutrelles enrobés	☐ Cantilever	☐																																																																	
<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>																																																																		
BA	☐ Colonne	☐																																																																	
Maçonnerie	☐ Voile	☐																																																																	
Métallique	☐ Marteau	☐																																																																	
Autre	☐ Palée	☐																																																																	
<u>Nature Matériaux</u>	<u>Type</u>																																																																		
BA	☐ Aile	☐																																																																	
Maçonnerie	☐ Retour	☐																																																																	
Sans	☐ Quart de cône	☐																																																																	

