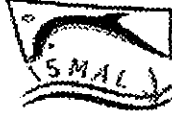
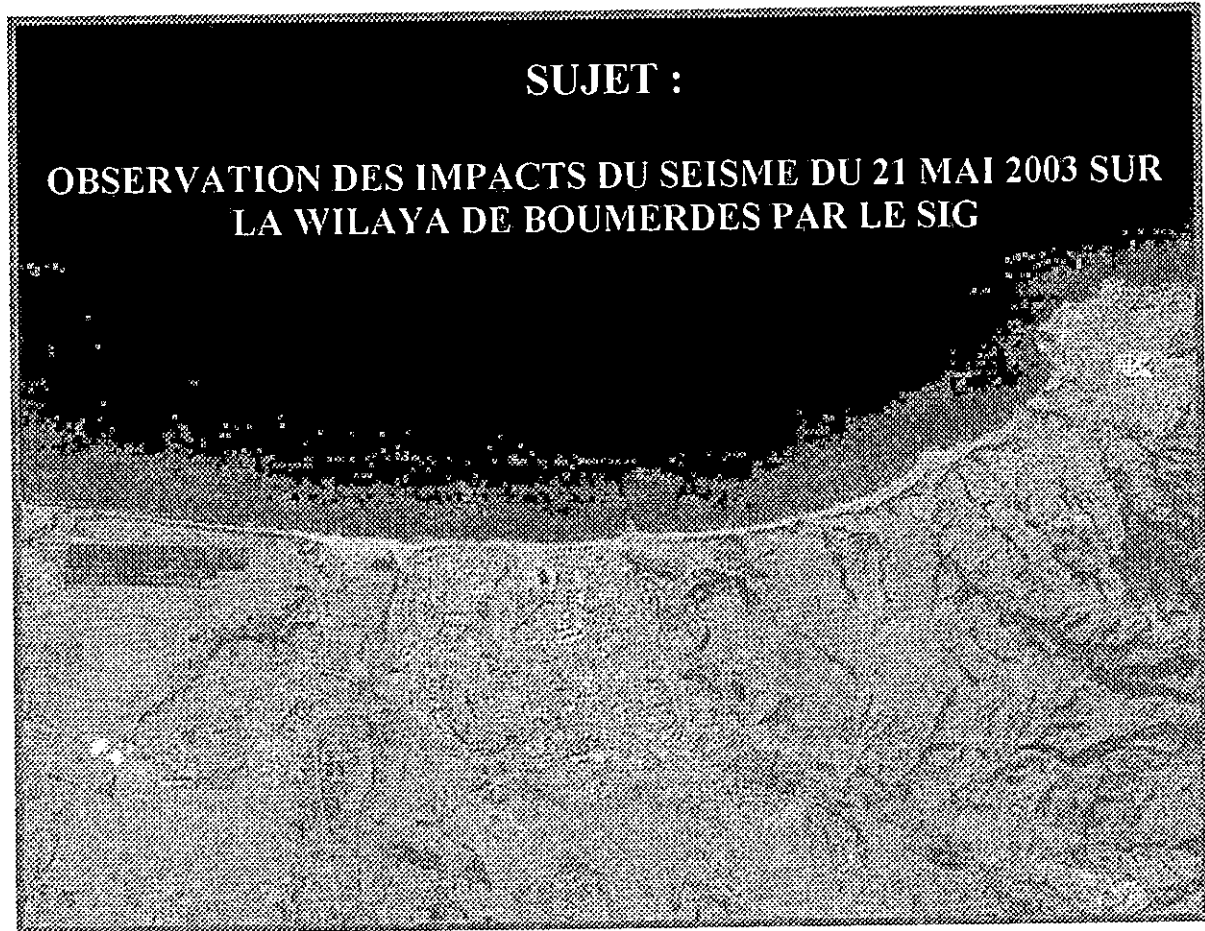


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire du Projet de fin d'études Pour l'obtention du diplôme
D'ingénieur d'état en sciences de la mer
Option : Aménagement du littoral



Thème proposé par : M. M.S. GUERFI

Etudié par : B. MAHAMMEDI et B. KETFI

Encadré par : M. M.S. GUERFI

Soutenu le 15 septembre 2005 devant le jury composé de :

M. M. LARID : Président
M. M.S. GUERFI : Promoteur
M. M. HELLEL : Examineur
M. M. BOULEHDID : Examineur

PROMOTION : 2004/2005.

Septembre 2005

LISTES

Liste des acronymes et des abréviations :

- AEP : Alimentation en Eau Potable.
AFPS : Association Française de génie ParaSismique.
ANAT Agence Nationale de l'Aménagement du territoire
C. G. S. : Centre nationale de recherches appliquées en Génie paraSismique.
C.T.C. : Contrôle Technique des Constructions.
CERG : Centre d'Etude des Risques Géologiques
CGS : Centre National de Recherche en Génie paraSismique.
CNERU Centre National d'Etudes et de Recherche en Unrbanisme
CNIG : Conseil Nationale de l'Information Géographique. France.
CRAAG : Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique.
CSEM : Centre Sismologique Euro Méditerranéen. <http://www.emsc-csem.org>
DAS Direction de l'Action Social.
DPAT Direction de la Planification de et l'Aménagement du territoire
DTA : Direction du Tourisme et de l'Artisanat
DUC : DIRECTION DE L'URBANISME ET DE LA CONSTRUCTION
ESRI : Environmental Systems Research Institute, Inc. USA.
ETH : Eidgenössische Technische Hochschule Zürich : Swiss Federal Institute of Technology Zurich
I.N.C.T. Institut Nationale de Cartographie et de Télédétection.
L.E.M. : Laboratoire d'Etudes Maritimes.
NEIC : National Earthquake Information Center.
P.D.A.U. Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.
RÉNASS : RÉseau NAtional de Surveillance Sismique. France.
SAT : Surface Agricole Totale.
SAU : Surface Agricole Utile.
U.T.M. : Universal Transverse Mercator.
WGS : World Geodetic System.

LISTES

Liste des figures :

- Fig. 01 : Diagramme ombrothermique.
- Fig. 02 : Failles active et directions de convergence.
- Fig. 03 : Schéma d'un SIG (J-M Gilliot, 2000.).
- Fig. 04 : Présentation des formats vecteur et raster dans un interface ARCGIS 9.0
- Fig. 05 : Bases de données statistiques
- Fig. 06 : Contenu de la base de données statistiques.
- Fig. 07 : Contenu des répertoires de la base de données statistiques.
- Fig. 08 : Représentation des données statistiques sous forme spatiale.
- Fig. 09 : Structure de la geodatabase.
- Fig. 10 : Contenu de la base de donnée sur la commune
- Fig. 11 : Requêtes possibles dans un SIG.
- Fig. 12 : Exemple de Requêtes.
- Fig. 13 : Modélisation du soulèvement de la côte. Meghraoui et al., 2004.
- Fig. 14 : Visualisation des effets de site.
- Fig. 15 : Visualisation des pertes humaines
- Fig. 16 : Visualisation des impacts sur le réseau routier.
- Fig. 17 : Visualisation des impacts sur le secteur de l'habitat.
- Fig. 18 : Visualisation des décharges
- Fig. 19 : Visualisation des dégâts sur les hôtels.
- Fig. 20 : Visualisation des effets sur l'agriculture
- Fig. 21 : Choix de terrains pour l'implantation des chalets.

Liste des photos :

- Photo 01 : Soulèvement de la côte à Zemmouri (SAADI, 2005)
- Photo 02 : Soulèvement de la côte à Boumerdès (SAADI, 2005)
- Photo 03 : A. Liquéfaction aux abords de l'Oued Isser. B. Autre forme de liquéfaction dans la plage de Boudouaou. Source : M. HELLEL, 2003.
- Photo 04 : Liquéfaction et affaissement de terrain à Leghata. Source : M. HELLEL, 2003.
- Photo 9 : Fissure longitudinales sur la dalle de roulement dans le port de Delys. DTP, 2003
- Photo n° 05 : Fissures longitudinale sur la RN 24. DTP, 2003.
- Photo n° 06 : RN 24D, dégradation généralisée. DTP, 2003.
- Photo n° 07 : RN 24D, coupure transversale. DTP, 2003.
- Photo n° 08 : RN 24, Pont sur l'oued Sebaou, déplacement latéral du tablier. DTP, 2003.
- Photo n° 10 : Exemple d'effondrement dans la commune de Boumerdès. Guy Besacier.
<http://azurseisme.free.fr>
- Photo n° 11 : 396 Chalets Isser. DUC, 2004.
- Photo n° 12 : Démolition d'immeuble. DTP, 2004.
- Photo n° 13 : Site : VACHY. Commune : Bordj Ménail. DUC, 2004.
- Photo n° 14 : Site : Zemmouri centre (Tornier). Commune : Zemmouri. DUC, 2004.
- Photo n° 15 : Site : Figuier 2. Commune : Boumerdès. DUC, 2004.
- Photo n° 16 : Site : Route Réghaia. Commune : Boudouaou El Bahri. DUC,
- Photo n° 17 : Dégâts sur les silos d'ERIAD Corso. DTP, 2004.

LISTES

La liste des cartes :

- Carte n°1 : situation géographique de la wilaya
- Carte n°2 : relief de la wilaya de Boumerdès
- Carte n°3 : Hydrologie de la wilaya de Boumerdès
- Carte n°4 : géologie générale
- Carte n°5 : Population et urbanisation de la wilaya de Boumerdès
- Carte n°6 : Infrastructure de base de la wilaya de Boumerdès
- Carte n°7 : Equipements publics de la wilaya de Boumerdès
- Carte n°8 : Répartition générale des terres dans la wilaya de Boumerdès
- Carte n°9 : Industries et commerces dans la wilaya en fin 2002
- Carte n°10 : Les zones d'expansion touristique de la wilaya
- Carte n°11 : Historique de la sismicité de la wilaya
- Carte n°12 : Zonage sismique du Nord Algérien
- Carte n°13 : Cadre tectonique régional
- Carte n°14 : Intensités ressenties dans la région de Boumerdès
- Carte n°15 : Effets de site observés dans la wilaya.
- Carte n°16 : Pertes humaines dans la wilaya.
- Carte n°17 : Dégâts occasionnées sur les infrastructures de base.
- Carte n°18 : Dégâts occasionnées sur les habitats individuelles et collectifs
- Carte n°19 : Dégâts occasionnées sur les équipements publics.
- Carte n°20 : Distribution des chalets viabilisés dans la wilaya.
- Carte n°21 : Localisation des décharges de gravats.
- Carte n°22 : Localisation et classement CTC des hôtels dans la wilaya.
- Carte n°23 : Superficies des exploitations agricole déviées par commune.
- Carte n°24 : Situation de la Cité du 11 décembre 1960 avant le séisme simulé.
- Carte n°25 : Visualisation des dégâts après le séisme simulé.
- Carte n°26 : Occupation générale des sols de la commune de Boumerdès.

Liste des tableaux :

- Tableau n° 01 : Principales productions animales de la wilaya.
- Tableau N° 2 : Les estimations des centres mondiaux de surveillance sismologique
- Tableau n° 03 : Dégâts occasionnés par le séisme sur les routes nationales et les chemins de wilaya (D.T.P., 2003).
- Tableau n° 04 : Dégradations constatés sur les ouvrages d'art dans la wilaya.
- Tableau n° 05 : Dégâts subits par les établissements d'hébergement.
- Tableau n° 06 : Dégâts subits par les projets en cours de réalisation (DTA Boumerdès, 2003).

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE.....	3
1. Présentation générale de la zone d'étude : Situation avant séisme.....	3
1.1. Géographie de la zone d'études.....	3
1.2. Le climat.....	4
1.3. Le relief.....	4
1.4. Hydrologie.....	5
1.5. Géologie régionale.....	6
1.6. Socio-économie.....	7
1.6.1. Population et urbanisme.....	7
1.6.2. Infrastructures de base.....	8
1.6.3. Les équipements publics.....	9
1.6.4. Agriculture.....	10
1.6.5. Industries et commerces.....	11
1.6.6. Tourisme.....	12
1.6.6.1. Potentiel touristique.....	12
1.6.6.2. Potentiel culturel.....	13
1.7. Conclusion du chapitre.....	14
CHAPITRE II : LE SEISME DU 21 MAI 2003.....	15
1. Sismicité de la zone d'étude.....	15
1.1. Historique.....	15
1.2. Cadre sismique et tectonique.....	16
1.3. Faille de Zemmouri.....	18
2. Caractéristique du séisme du 21 mai 2003.....	18
3. Les répliques.....	19
4. Conclusion du chapitre.....	19
CHAPITRE III : METHODOLOGIE.....	20
1. Généralités sur les SIG.....	20
1.1. Définitions.....	20
1.2. Classification des SIG.....	21
2. Méthodologie de travail.....	22
2.1. La collecte des données.....	22
2.2. Le choix du logiciel.....	23
2.3. Le géoréférencement.....	23
2.3. Structuration du SIG.....	23
2.4. La vectorisation des courbes de niveaux et création du MNT.....	27
3. Conclusion du chapitre.....	27
CHAPITRE IV : IMPACTS DU SEISME ET LEUR VISUALISATION SUR SIG.....	28
1. Impacts morphologiques.....	28
1.1. Soulèvement de la côte.....	28
1.2. La liquéfaction.....	29
1.3. Chutes de blocks.....	30
1.4. Les glissements de terrain.....	30
1.5. Effondrement du sol.....	30
1.6. Visualisation de ces impacts.....	30
2. Impacts humains.....	31

SOMMAIRE

2.1. Pertes constatées.....	31
2.2. Visualisation sur SIG.....	31
3. Impacts sur les infrastructures de Base.....	32
3.1. Dégâts constatés.....	32
3.2. Visualisation sur SIG.....	35
4. Impact sur l'urbanisme de la wilaya.....	36
4.1. Habitats collectifs et individuels.....	36
4.1.1. Dégâts recensés.....	36
4.1.2. Visualisation sur SIG.....	36
4.2. Les équipements publics.....	37
4.2.1. Dégâts constatés.....	37
4.2.2. Visualisation sur SIG.....	37
4.3. Les sites viabilisés.....	38
5. Impacts sur l'environnement.....	39
5.1. Constats.....	39
5.2. Visualisation sur SIG.....	40
6. Impacts sur le secteur du tourisme.....	41
6.1. Impact Sur les établissements d'hébergement.....	41
6.2. Visualisation sur SIG.....	42
7. Impacts sur l'agriculture, l'industrie et le commerce de la wilaya.....	43
7.1. L'agriculture.....	43
7.1.1. Constats.....	43
7.1.2. Visualisation sur SIG.....	44
7.2. Impacts sur l'industrie et le commerce.....	45
8. Conclusion du chapitre.....	45
CHAPITRE V : UTILITE DU SIG SUR LA COMMUNE DE BOUMERDES.....	46
2. Le SIG de la commune de Boumerdès.....	46
Conclusion du Chapitre.....	48
CONCLUSION GENERALE.....	49
GLOSSAIRE	
BIBLIOGRAPHIE	
Liste des acronymes et des abréviations	
ANNEXE I : ECHELLE DES INTENSITES DE MERCALLI	
ANNEXE II : TABLEAU DES REPLIQUES	
ANNEXE III : Structure des bases de données	
ANNEXE IV : Classification des dégâts Selon le C.T.C	

INTRODUCTION

Un risque majeur, tel que défini dans l'article N° 02 de la loi n° 04 – 20 du 25 décembre 2004, relative à la prévention et à la gestion des risques majeurs dans le cadre du développement durable, est « *toute menace probable pour l'Homme et son environnement pouvant survenir du fait d'aléas naturels exceptionnels et/ou du fait d'activités humaines.* ». Ces risques majeurs sont devenus une préoccupation importante, aussi bien pour les autorités locales, nationales et internationales, que pour les populations touchées et/ou vulnérables face à eux. Il y a une conscience que bon nombre de ces catastrophes, et notamment les séismes, ne peuvent être prédites et/ou évitées. On ne peut qu'essayer de réduire leurs effets.

Pour être efficace, la réduction du risque s'appuie sur des données fiables sur les catastrophes elles-mêmes, sur les éléments exposés au risque (populations, infrastructures, bâtiments, etc.) et sur leur vulnérabilité. L'étude du risque, son évaluation et l'estimation de ses impacts sont des tâches complexes, qui nécessitent des grandes quantités de données spatiales et statistiques. Des techniques nouvelles comme la télédétection permettent d'obtenir beaucoup de ces données. Pour l'observation, l'analyse, l'étude et la modélisation du risque et de ses impacts, l'utilisation d'un outil d'aide à la décision est désormais indispensable.

L'intégration de ces données avec d'autres dans un Système d'Information Géographique (SIG) adéquat, qui comprendrait un ensemble de données d'ordres social, économique, environnemental et urbain, permettrait une étude très précise et très rapide des impacts de ce séisme. En somme, c'est un moyen moderne d'observation, d'analyse et d'étude des impacts de ce séisme en particulier et des risques majeurs en général.

A ce jour, peu d'outils ont été mis en place pour étudier et gérer de tels risques en Algérie. De plus ceux qui sont en cours de réalisation s'appuient sur des photographies aériennes dont l'exploitabilité est réduite et ne sont conçus que pour les communes côtières. Le tremblement de terre de Zemmouri en 2003 a démontré que la communauté gestionnaire et décisionnaire était pauvre en ces technologies et n'avait pas de ressources suffisantes d'organisation et de procédures pour classer complètement les dégâts sur les régions urbaines largement endommagées.

Le présent mémoire traite d'un cas précis, celui du séisme dit de Zemmouri dans la wilaya de Boumerdès le 21 mai 2003. La magnitude (6,8 sur l'échelle ouverte de Richter) a choqué l'Algérie par l'ampleur de ses pertes tant humaines que financières. Historiquement, plusieurs grands séismes se sont produits dans la région d'Alger dans le passé, notamment le grand tremblement de terre de 1716, séisme qui a détruit la ville d'Alger et causa plus de 20 000 morts à ce temps (CRAAG, 2003).

Le présent mémoire tente de mettre en évidence l'utilité du SIG dans la l'observation des effets des séismes en prenant pour exemple celui de Zemmouri. Pour ce, deux approches sont faites : une à l'échelle de la wilaya ; une à celle de la commune de Boumerdès. La première est un recensement des dégâts constatés dans la wilaya de Boumerdès et leur intégration dans un SIG préalablement conçu. La deuxième est une contribution à la mise en place d'un SIG plus détaillé sur la commune de Boumerdès comme prototype pour toute la wilaya. Il est dirigé principalement vers l'urbanisme car c'est le secteur le plus touché par ce séisme.

En somme, ce mémoire se propose de mettre en place une base de données SIG dont les objectifs sont :

- de constituer une base de données statistiques à référence spatiale, pour différents secteurs (Population, urbanisation, tourisme, agriculture, etc.) ;
- de vectoriser, à l'échelle de la wilaya, le milieu physique (géomorphologie, géologie, hydrologie, infrastructures de bases, etc.) dans plusieurs banques de données afin de mieux mettre en évidence les dégâts et d'orienter les réflexions des acteurs (*élus, entrepreneurs, bureaux d'étude, associations, etc.*) face à un type défini d'impact ;
- d'intégrer l'ensemble des impacts constatés dans une base de donnée à référence spatiale ;
- de vectoriser et constituer une base de données fiable, à l'échelle de la commune de Boumerdès, sur le cadre bâti et l'occupation générale des sols afin de mieux apprécier, analyser et gérer, au futur, de tels impacts sur l'urbanisme de la commune ;

Au terme de ceci, on pourra effectuer des requêtes ciblées afin de prendre en charge les effets des séismes et d'améliorer le suivi. On aura optimiser la mise en valeur de l'espace littoral, afin d'atténuer les conflits et les risques et éviter une gestion préjudiciable à l'environnement.

Avant d'arriver à ceci, il faudra d'abord présenter la wilaya et ses potentialités naturelles, économiques et touristique, ce qui sera le thème du premier chapitre. Il faudra aussi donner un aperçu sur le cadre tectonique et sismique de la région et caractériser le séisme du 21 mai 2003. C'est l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre expose la méthodologie de travail et de la mise en place des SIG. Le quatrième présente les dégâts constatés dans différents secteurs et explique leur visualisation sur SIG. Quant au dernier chapitre, il tentera de mettre en évidence l'intérêt d'un SIG à l'échelle de la commune dans l'estimation et la gestion des effets des séismes.

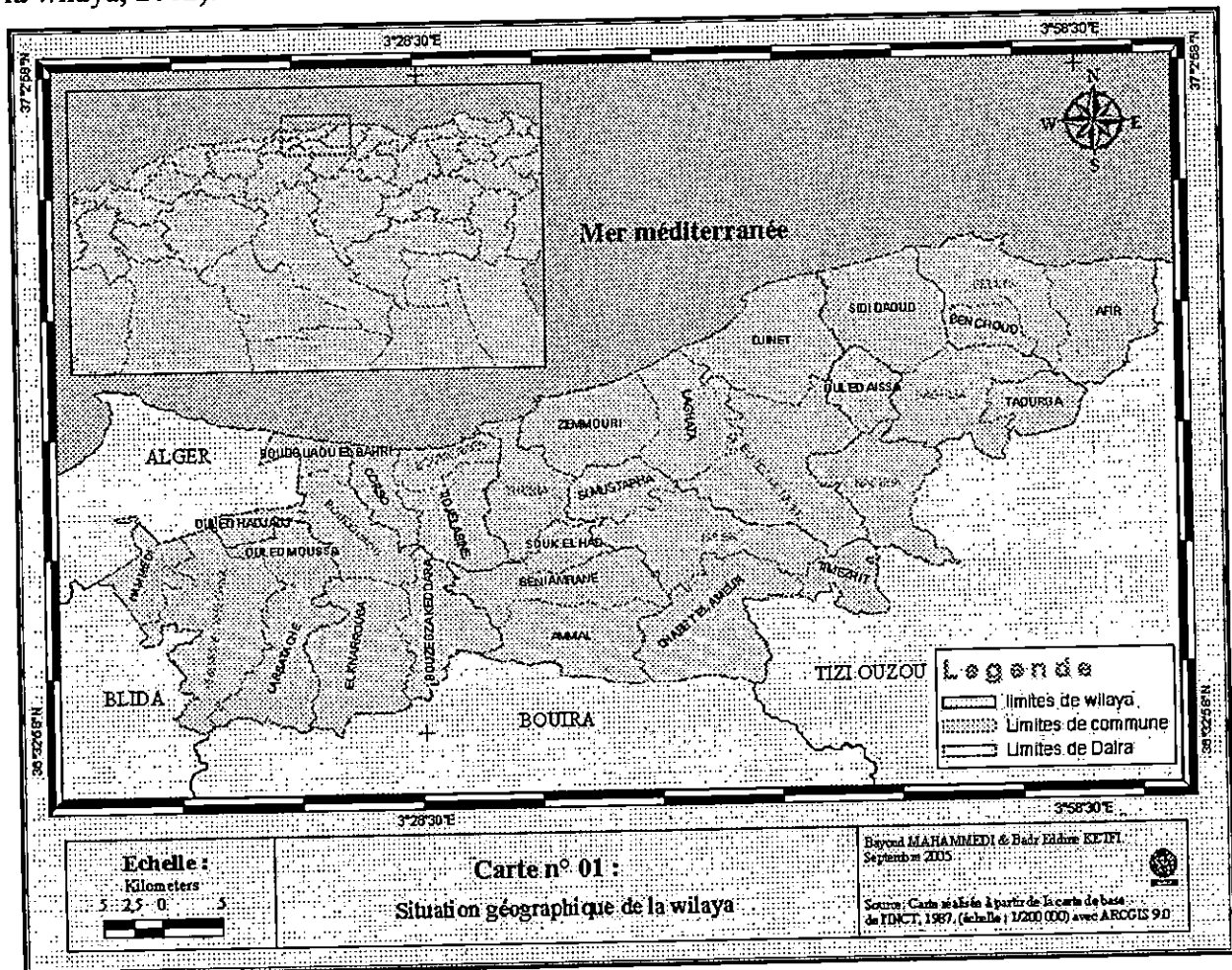
1. Présentation générale de la zone d'étude : Situation avant séisme.

Dans ce chapitre, un aperçu global sur la wilaya de Boumerdès (dite dans ce document la wilaya) et sur ses richesses est donné. Les aspects géographique, climatique, hydrologique et géologiques y sont traités ainsi que les aspects socio-économique et touristique.

Les chiffres présentés dans ce chapitre proviennent essentiellement de la monographie de la wilaya de Boumerdès de 2002, bien que celle de 2003 et 2004 existe et soient répertoriées. Le choix de cette année est effectué dans le dessin de mettre en évidence l'état de la wilaya juste avant ce séisme.

1.1. Géographie de la zone d'études :

Wilaya côtière du centre du pays, Boumerdès a été créée sur la base de la loi n° 84/09 du 04 février 1984 portant constitution de 17 wilayas supplémentaires aux 31 wilayas existantes (monographie de la wilaya, 2002). Elle a été constituée par 11 daïras regroupant 38 communes qui faisaient partie des wilayas de Tizi Ouzou, Alger, Blida et Bouira et s'étendait sur une superficie de 1 558,39 km² (monographie de la wilaya). Mais la loi n° 14/1997 du 31 mai 1997, portant création du gouvernorat d'Alger, lui a ôté 06 de ses communes et les a annexées au gouvernorat (monographie de la wilaya). Depuis, elle s'étend sur une superficie de 1456,68 km² comprise entre les longitudes 3,226° et 4,041° Est et les latitudes 36,552° et 36,992° Nord (Carte n° 01). Elle possède un profil littoral de 100 km qui va du cap de Boudouaou El Bahri, à l'Ouest, jusqu'à la limite Est de la commune d' Afir (monographie de la wilaya, 2002).



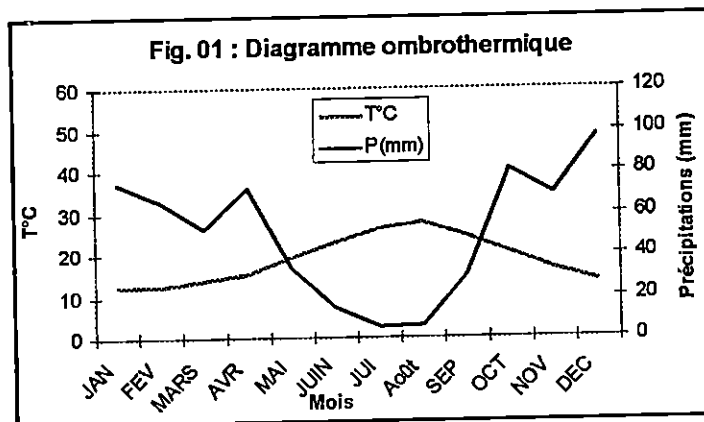
La wilaya est délimitée à l'Ouest par celle d'Alger ; au Sud-ouest, par Blida ; au Sud, par Bouira ; à l'Est, par la wilaya de Tizi Ouzou et au Nord, par la mer méditerranée (carte n° 01).

Administrativement, la wilaya est découpée en neuf (09) Daïras et trente deux (32) communes (carte n° 01). Le chef lieu de wilaya est à 35 km de l'aéroport international Houari Boumediene et de 45 km du chef lieu de la capitale, Alger (monographie de la wilaya, 2002).

1.2. Le climat :

La wilaya a un climat méditerranéen subhumide (Fig. 01). Sur le littoral, l'hiver est froid et humide et l'été est chaud et sec. Le climat est plus tempéré à l'intérieur (environ 70% du territoire). La pluviométrie est irrégulière (5 et 120 mm/an) et déséquilibrée entre six (06) mois pluvieux (octobre – avril) et six (06) mois secs (mai – septembre) (monographie de la wilaya, 2004).

Les températures annuelles moyenne varient entre 10°C et 27°C. Les températures minimales annuelles peuvent être plus ou moins basses selon l'altitude (jusqu'à -9°C). Des gelées peuvent survenir de novembre à avril (monographie de la wilaya, 2004).



Source : réalisée à partir des données de l'ONM avec Microsoft Excel 2003.

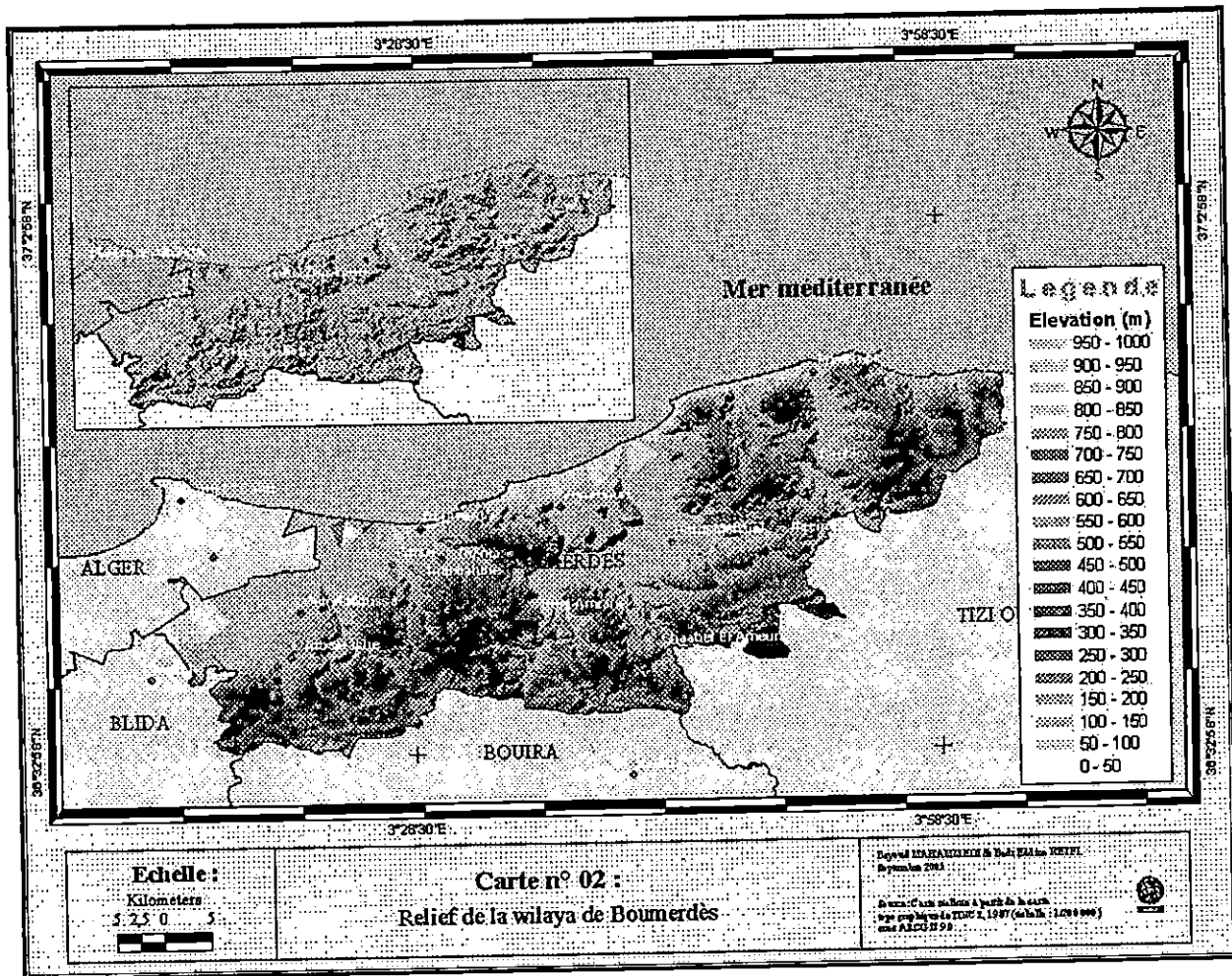
1.3. Le relief :

La variété de ses ensembles géomorphologiques et son relief escarpé font partie des richesses de la wilaya (carte n° 02). Au Nord, le littoral méditerranéen s'étend de Boudouaou à Cap Djinet ; au sud, les derniers contreforts de l'Atlas Blidéen et le plateau de Bouira. A l'Ouest, la plaine de la Mitidja et, à l'Est, le massif de Haute Kabylie. Vallées, plaines, collines, coteaux et basses montagnes s'y côtoient. L'altitude y dépasse rarement les mille (1000) mètres (point culminant à 1031 m au Koudiat Lalla Moussaad, dans la commune de Ammal). La partie Nord de la wilaya est beaucoup moins accidentée que sa partie sud au relief montagneux. Les pentes ne sont fortes que dans cette dernière partie (PAC, 2003).

Les ensembles morphologiques et structuraux résultent d'une évolution tectonique complexe (N. SAADI, 2005). Les principaux sont (carte n° 02) :

- Le plateau de Ain Taya-Boudouaou El Bahri : Son altitude moyenne est de 30 m jusqu'à 60 m à Heuraoua. Il a une longueur de 7 km et 2 km de largeur et domine au Sud la plaine de la Mitidja ;
- La plaine de la Mitidja orientale : Sa topographie est peu chahutée et son altitude est de 20 m. Sa limite au Nord avec le plateau d'Ain Taya est marquée par un escarpement de faille de direction E-W. La plaine de la Mitidja est limitée à l'Est par la chaîne kabyle ;

- Les Massifs de Thenia : La ville de Thenia est située dans une dépression bordée par les massifs de Djebel Bou Arous, qui la domine au Nord à une altitude de 444 m, et Djebel Habedda au Sud, avec une altitude moyenne de 300 m ;
- Les Terrasses littorales marines : Elles sont présentes tout le long du rivage entre Ain Taya et Dellys. Leurs altitudes moyennes varient de 30 à 100 m entre Ain Taya et Zemmouri El-Bahri et de 40 à 105 m entre Zemmouri et Cap Djinet (Boudiaf, 1996). Ces terrasses sont recoupées par de nombreux oueds dont les plus importants sont les oueds de Boudouaou, Corso, Boumerdès, El Meurdja et d'Isser.

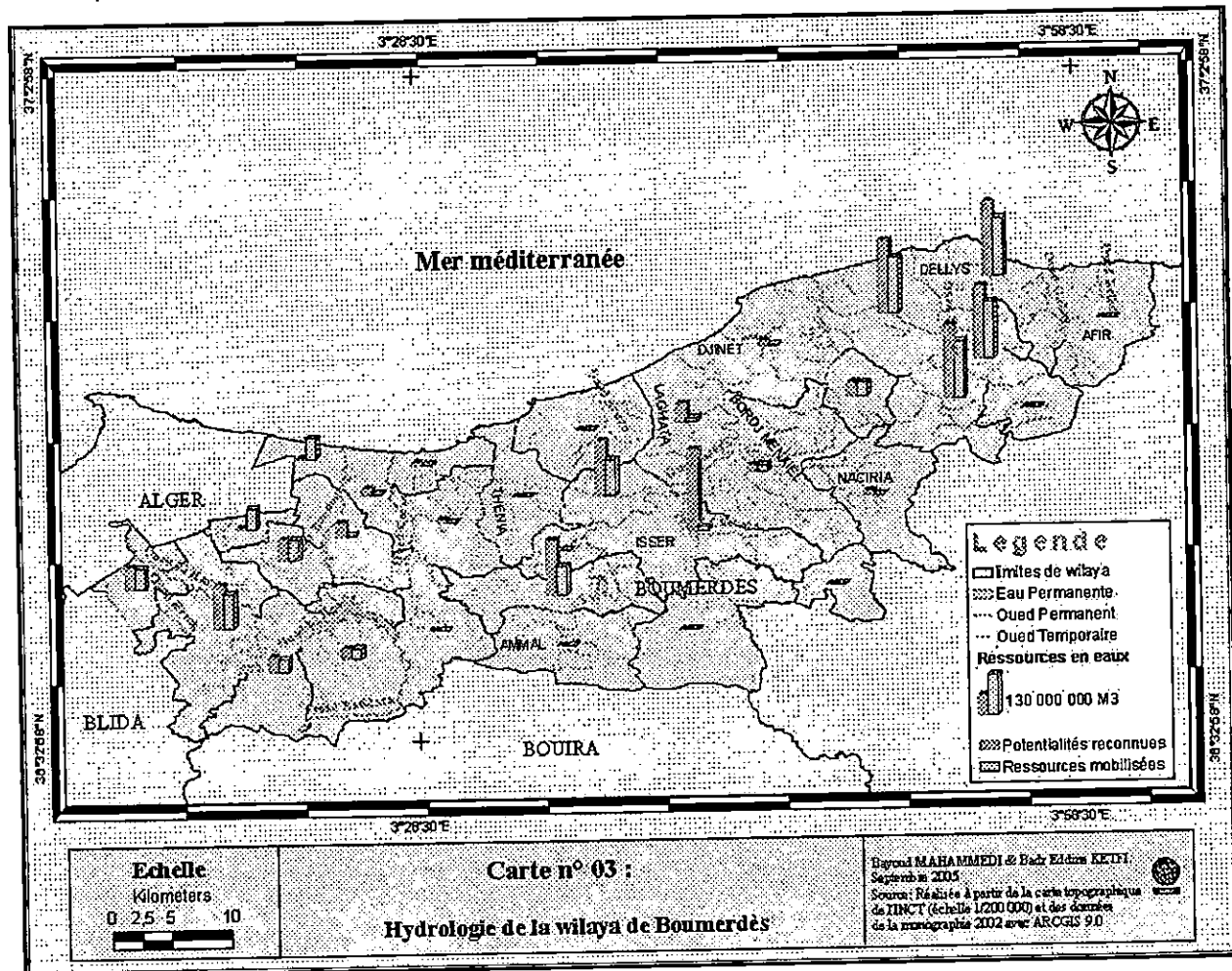


1.4. Hydrologie :

Les principaux oueds de la région prennent source dans l'Atlas Blidéen ou dans son piémont (carte n° 03). L'importance de leurs apports liquides et/ou solides diffère. L'Oued Isser et l'Oued Sebaou sont les principaux et se localisent dans le secteur Est de la baie de Zemmouri. Les apports liquides sont de 750 et 420 millions de m³ pour respectivement, les Oueds Sebaou et Isser. Les apports solides sont plus importants pour l'Oued Isser (4,8.10⁶ t./an) que pour l'Oued Sebaou (1,2.10⁶ t. /an) (PAC Alger ; 2003).

Les autres oueds sont d'importance secondaire en comparaison aux précédents ; ce sont notamment d'ouest en est : Oued Boudouaou, Oued Corso, Oued Boumerdès et Oued Arba. Ces oueds drainent toutes les eaux de l'arrière-pays immédiat (PAC Alger ; 2003).

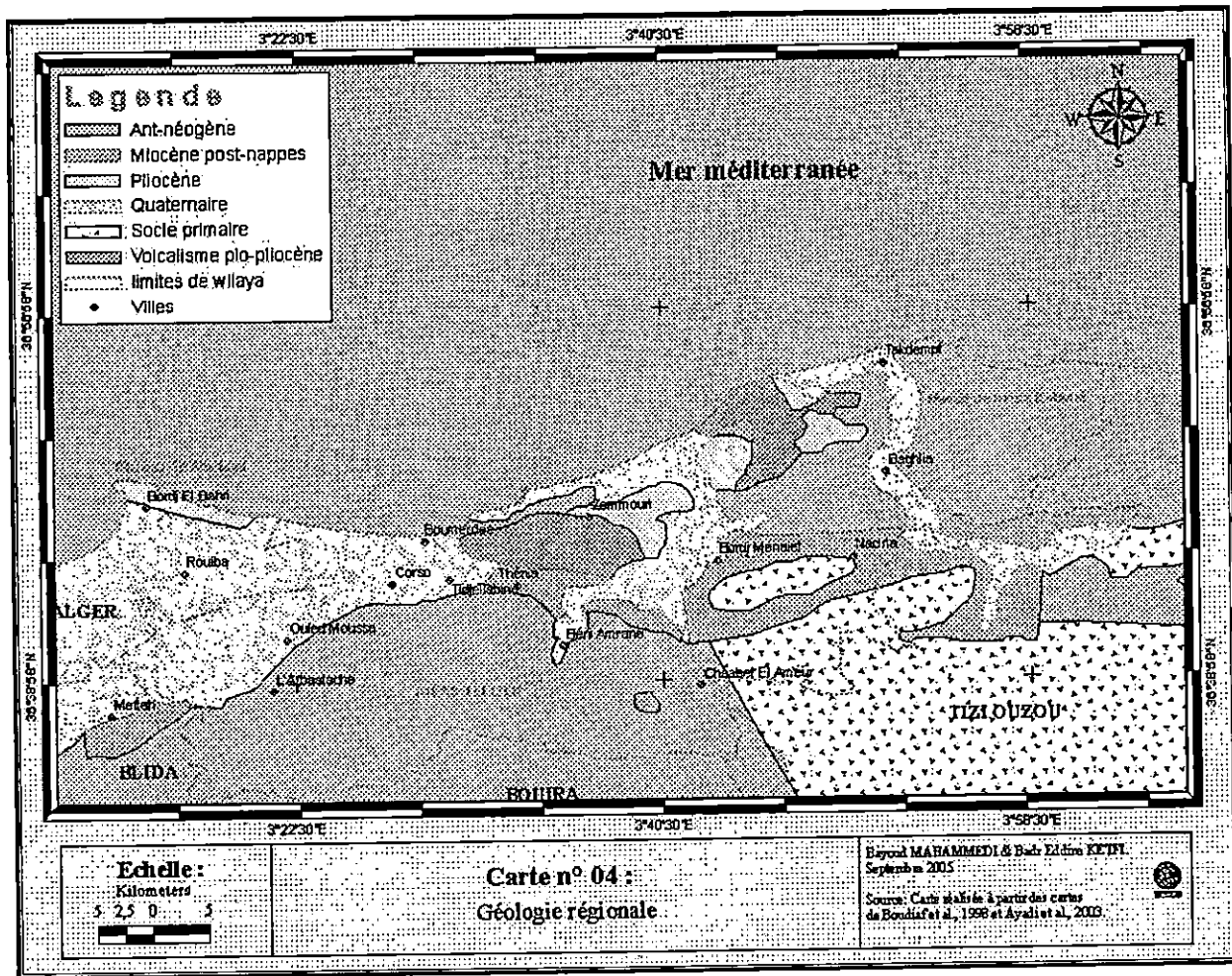
La wilaya possède six (06) barrages d'une capacité totale de 185 000 000 M³. Le plus important est celui de Keddara avec 144 000 000 M³. Trois (03) de ces barrages (Chender, Djenet et Sidi Daoud) sont à usage exclusivement agricole. Elle a une potentialité globale de 2 151 400 000 M³ en ressource en eau (monographie 2002).



1.5. Géologie régionale :

La wilaya est totalement comprise dans la partie septentrionale de l'Atlas Tellien (Carte n° 04) Cet ensemble se rattache au grand système Alpin Méditerranéen. Les roches facilement érodables prédominent (monographie de la wilaya, 2002).

Entre Zemmouri et la vallée de l'Isser, Schistes cristallophylliens, grès pliocènes et éocènes, argiles sableuses pliocènes sont très fréquents. Dans la région de Thénia, se rencontrent des roches éruptives et métamorphiques d'âge tertiaire (granit, micaschistes, gneiss). Dans la région sud du secteur, de Keddara-Bouzegza à Bordj Menaël, les substrats, d'âge secondaire ou tertiaire, sont plus variés : calcaires, marnes, grès, poudingues, schistes, micaschistes, etc (PAC Alger, 2003).



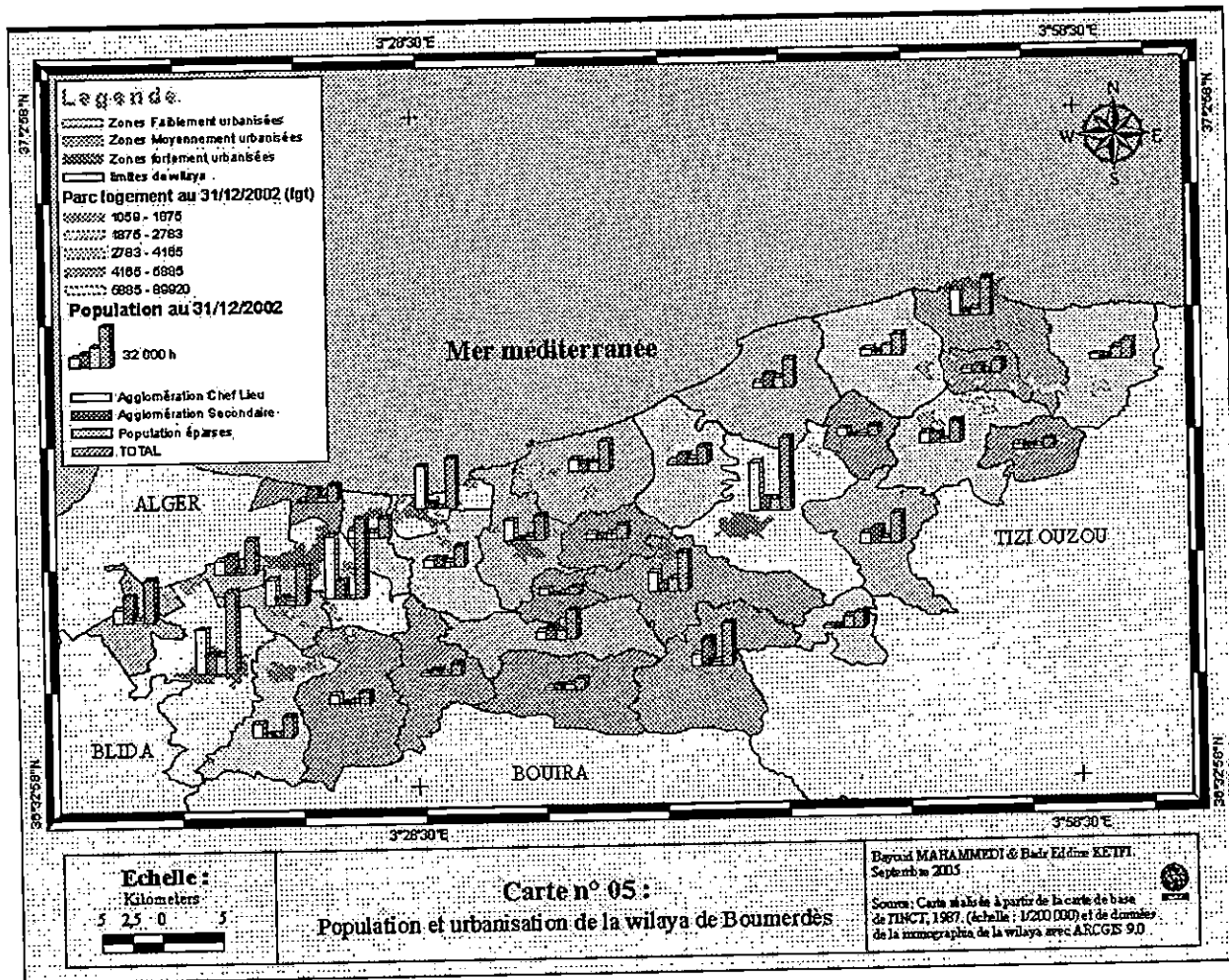
1.6. Socio-économie :

La wilaya est la résidence d'environ 2,5 % d'algériens. Son économie est basée essentiellement sur l'agriculture, le tourisme et un petit tissu industriel constitué de PME PMI avec quelques unités de dimension régionale et nationale (monographie de la wilaya, 2002).

1.6.1. Population et urbanisme :

La population résidente recensée en juillet 1998 s'élevait à 647 389 habitants, soit une densité de 444,42 h/km². Celle estimée au 31/12/2002 était de 710 024 habitants (Carte n° 06), soit un taux d'accroissement d'environ 9,6 % et une densité de 487 h/km². 355 859 habitants se concentrent au niveau des agglomérations chefs lieux de communes, 211 260, des agglomérations secondaire et 142 905 sont éparpillés (monographie de la wilaya, 2002).

Le parc logement de la wilaya s'élevait en fin 2002 à 112 643 logements dont 5 981 précaires (carte n° 05). Le reste est réparti entre des habitations mixtes, individuelles et collectives (monographie de la wilaya, 2002).

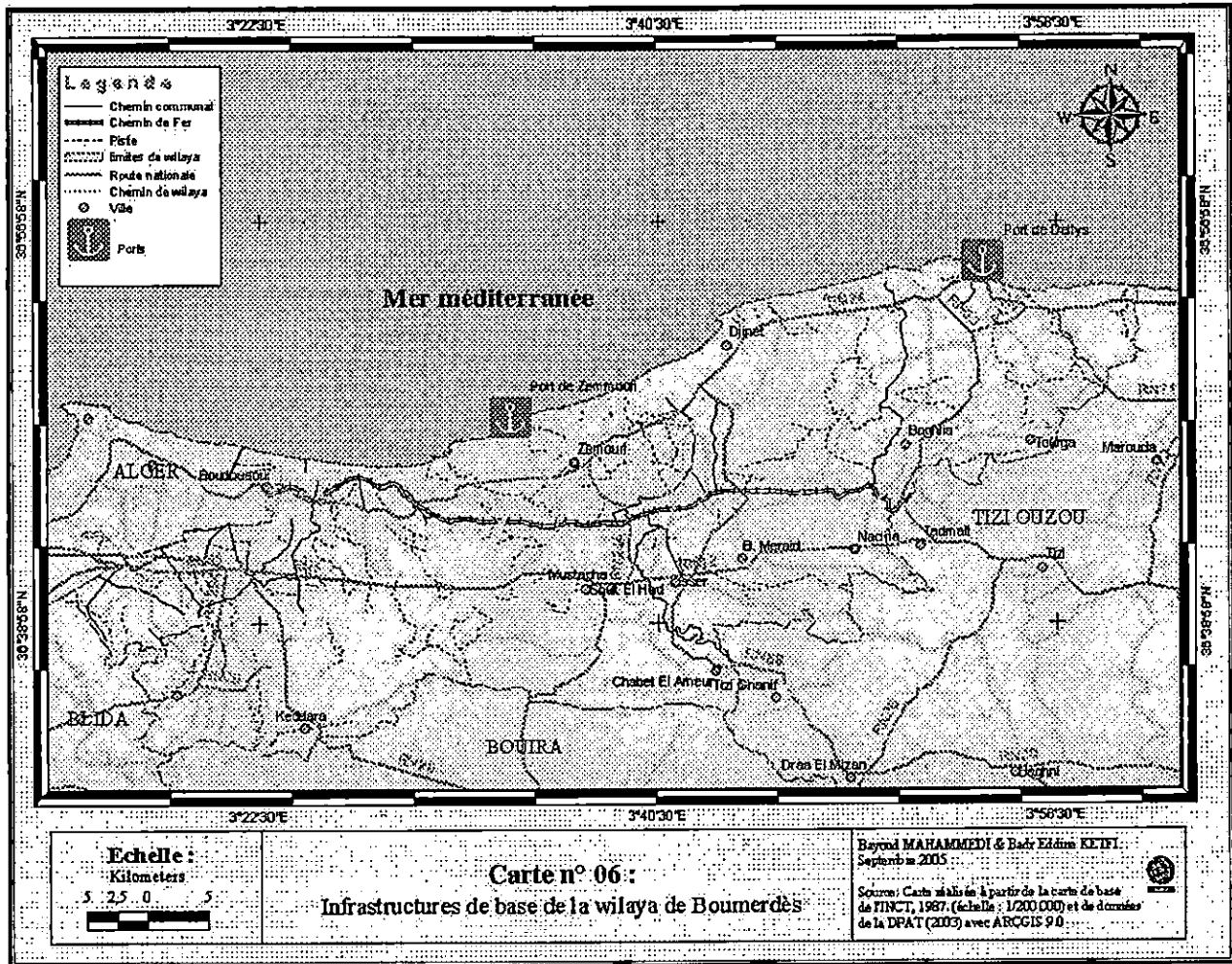


1.6.2. Infrastructures de base :

La wilaya dispose d'un réseau routier constitué de douze (12) routes nationales (carte n° 08) d'une longueur totale de 291 km, 350 km qui constituent les trente (30) chemins de wilaya, 990 km de chemins communaux et de 463 km de pistes.

Elle est traversée par 68 km d'autoroute. 38 km font partie de la RN5, 27,5 km de la RN12 et 2,5 km de la RN16. Le réseau ferroviaire, quant à lui, est d'une consistance de 67,5 km et traverse la wilaya d'Est en Ouest (monographie de la wilaya, 2002).

Elle dispose aussi de deux (02) ports. Celui de Zemmouri est un port de pêche, de Dellys, un port polyvalent.



1.6.3. Les équipements publics :

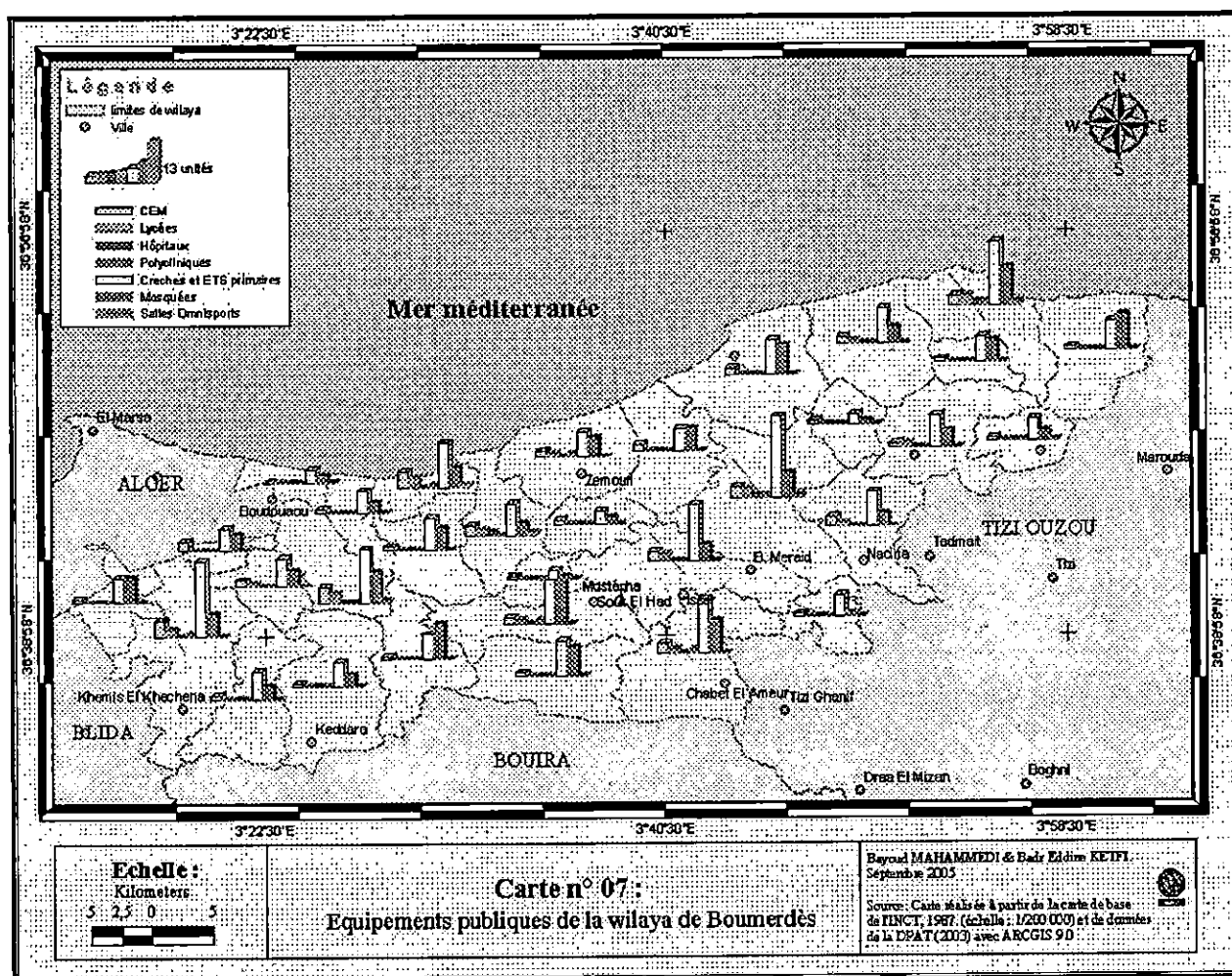
Les équipements publics font partie intégrante du tissu urbain. Ils sont considérés comme patrimoine de la wilaya. Mais il convient de les considérer par secteur (carte n° 07).

Le secteur de l'éducation a trois types de structure : les établissements du 1^{er} et 2^{ème} cycle (primaires) ; les établissements secondaires (CEM) et les établissements de 3^{ème} cycle (lycées). Il y avait au 31/12/2002, dans toute la wilaya, 340 écoles primaires pour une population scolarisée de 98 246 enfants sur 106 511 scolarisables (92,24 %) ; 64 CEM pour 22 862 scolarisés sur 61 415 scolarisable (37,22 %) ; et 25 Lycées dont 04 technicums pour 46 880 scolarisés sur 58 523 scolarisable (85,23 %) (Monographie, 2002).

Le secteur de la santé a plusieurs types de structures, les plus importants sont les hôpitaux et les polycliniques. Il y a trois (03) hôpitaux, d'une capacité total de 549 lits, et huit (08) polycliniques (Monographie, 2002).

Le secteur du culte (religion) disposait de 197 mosquées et de 61 salles coraniques, celui de la jeunesse et des sports de 5 salles omnisports (Monographie, 2002).

Observation des impacts du séisme du 21 mai 2003 sur la wilaya de Boumerdès par le SIG



1.6.4. Agriculture :

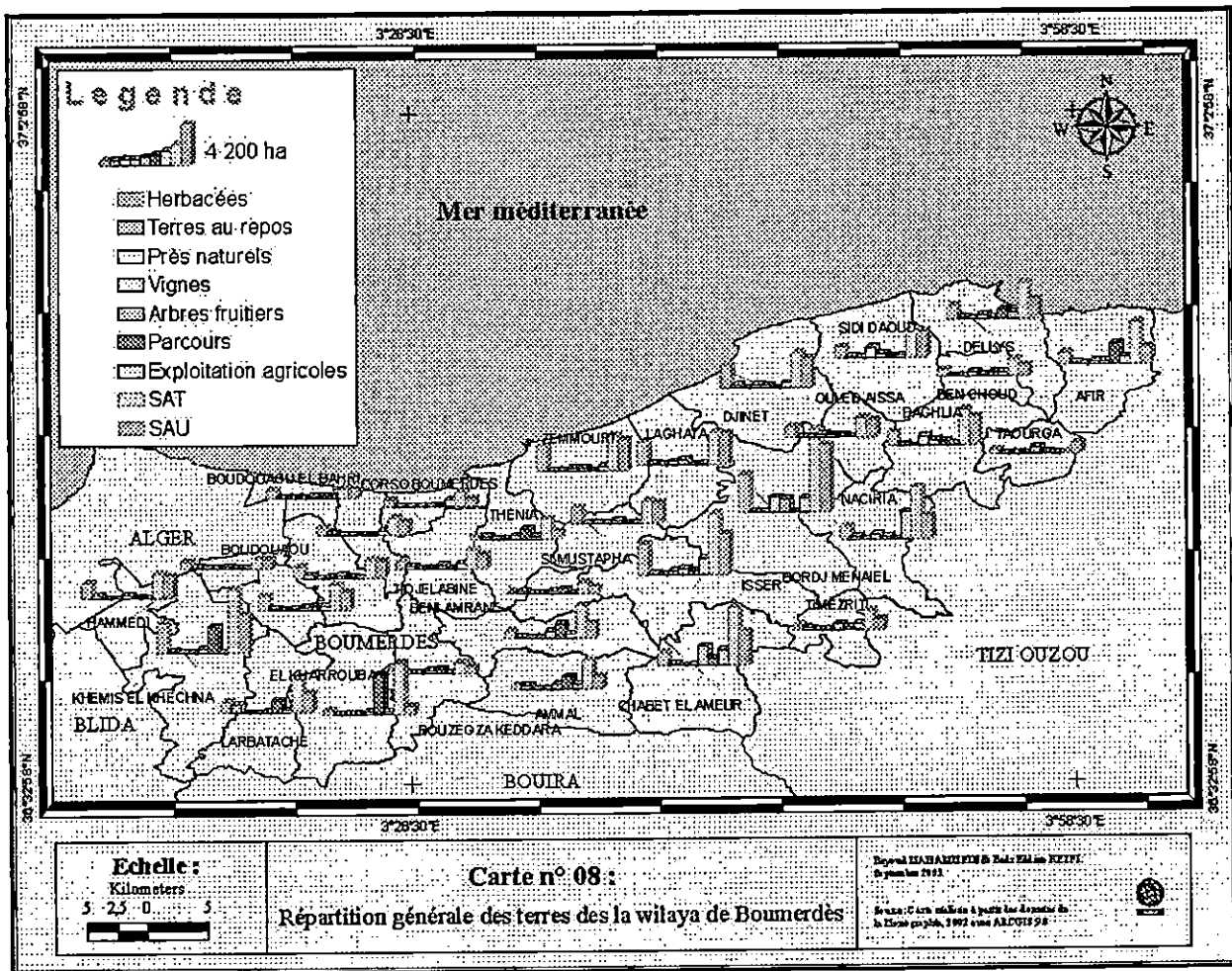
La wilaya est à vocation agropastorale. La surface agricole utile (SAU) s'élève à 65 775 ha dont seulement 8 794 ha sont irrigués. Les pacages et parcours représentent une superficie de 18 716 ha, les terres improductives 15 151 ha et les forêts 16 891 ha répartis à travers 56 forêts recensées (carte n° 07). La surface agricole totale (SAT) représente 98 854 ha (monographie de la wilaya, 2002).

Céréales, légumes secs, fourrages, agrumes, vignes, olivier, figuiers sont cultivés dans la wilaya en plus des cultures maréchales. La production atteint les 4 512 405 quintaux, toutes cultures confondues. De plus, 5 435 éleveurs se partageaient, en 2002, 16 304 ha de la SAU et ont produit les quantités ci-après détaillées :

Tableau n° 01 : Principales productions animales de la wilaya.

Produit	Quantités	Produit	Quantités
Lait	26 442 Hl	Viande ovine	11771 Qx
Miel	450 Qx	Viande caprine	233 Qx
Laine	500 Qx	Viande de poulet	91 819 Qx
Œufs	73 072 000 U	Viande de dinde	1 105 Qx
Viande Bovine	36 094 Qx		

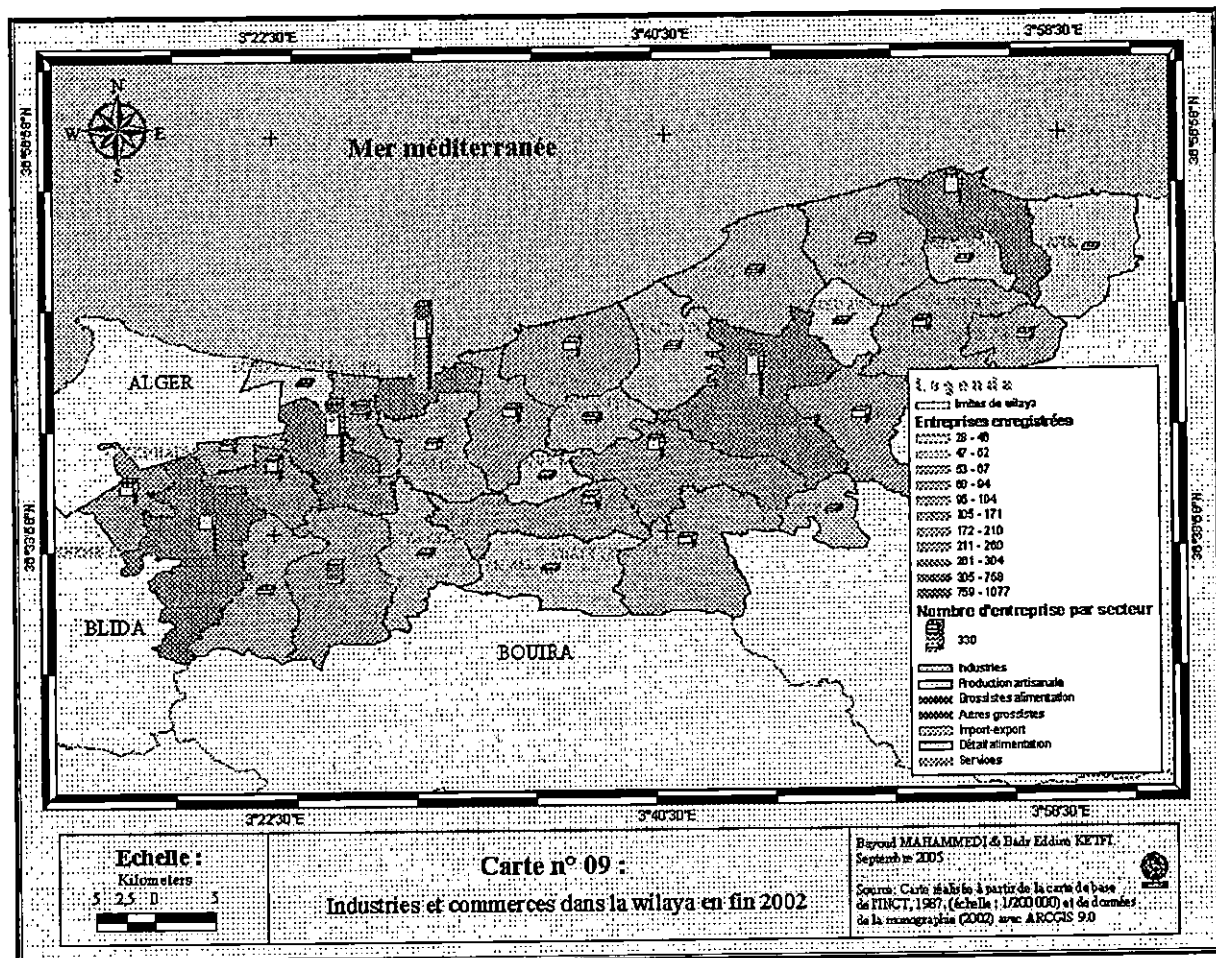
Source : monographie de la wilaya, 2002.



1.6.5. Industries et commerces :

L'activité industrielle de la wilaya est orientée vers les PME/PMI, on en dénombre 49 unités. Les communes les plus industrialisées sont celle de Boudouaou, Boumerdès, Bordj Ménail et Khémis El Khechna (carte n° 09). La wilaya compte également des unités de dimension régionale et nationale telles que la SOCOHYD à Isser, BCR à Bordj Ménail, ENAVA à Thénia, ERIAD à Corso et ORLAC à Boudouaou (Monographie 2002).

Le commerce, quant à lui, était représenté en fin 2002 par quelque 7 448 commerçants dans différents secteurs d'activités. Les communes de Boumerdès, Khémis El Khechna et Boudouaou ont le plus d'activités commerciales (Monographie 2002).



1.6.6. Tourisme :

La wilaya de Boumerdès tient son nom de Sid Ali Ben Ahmed El Boumerdassi, patron de la ville, théologien et homme de science. A l'instar des zones côtières algériennes, Boumerdès est d'une richesse double : son histoire culturelle qui remonte jusqu'au phéniciens dont les vestiges sont aujourd'hui visibles notamment à Dellys (Casbah classée patrimoine national) ; son potentiel touristique lui donne toute son intérêt et qui reste à promouvoir et à développer (DTA de Boumerdès, 2002).

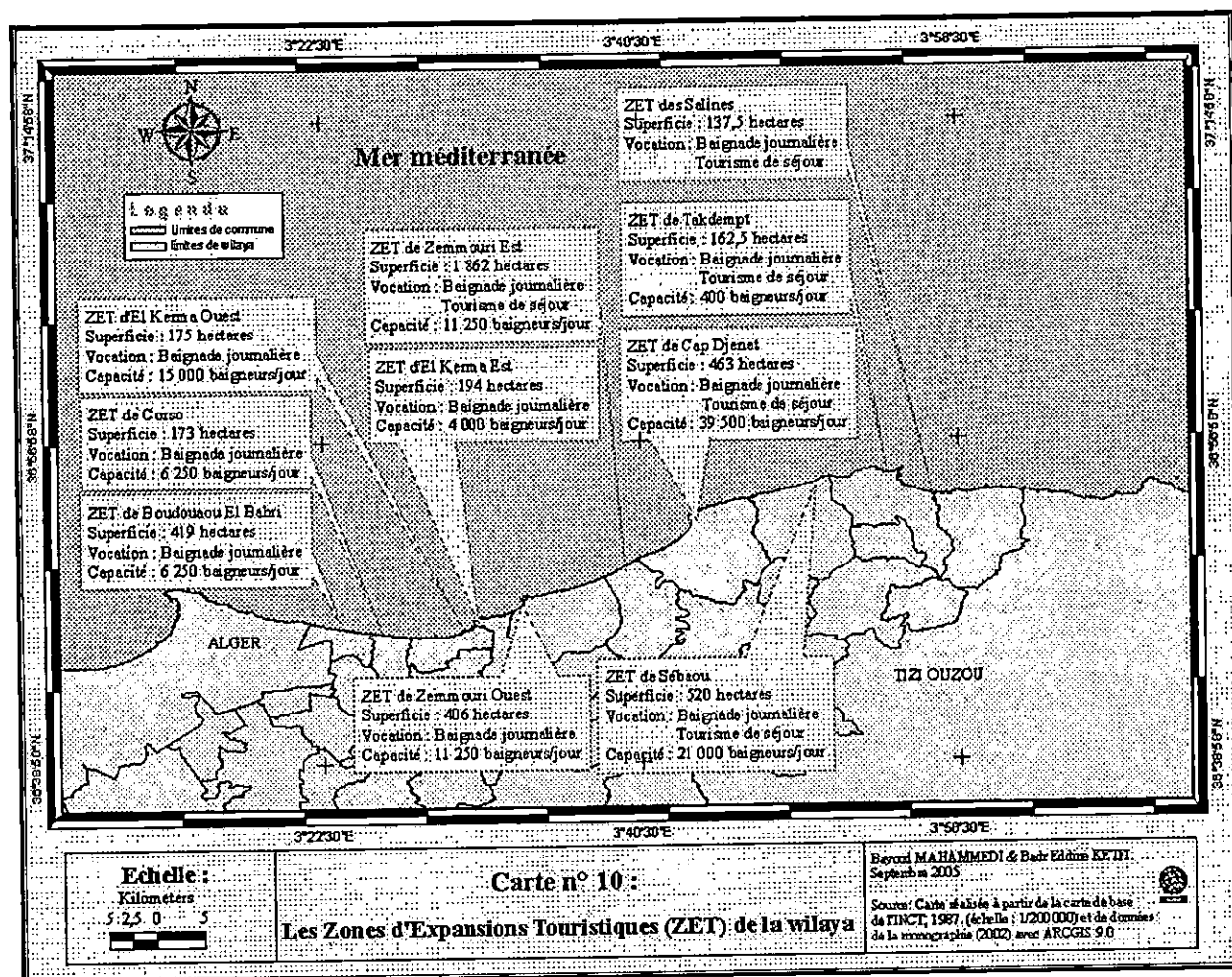
1.6.6.1. Potentiel touristique :

La wilaya comprend 36 plage : 18 autorisées à la baignade et surveillées ; 18 non autorisées. Elle abritait également douze (12) établissements d'une capacité globale de 2699 lits (DTA de Boumerdès, 2002). Ces infrastructures d'hébergement se répartissent comme suit :

- 04 hôtels à Boudouaou ;
- 03 hôtels à Boumerdès ;
- 01 relais routier à Tidjelabine ;
- 01 hôtel et 03 établissements d'accueil à Zemmouri :
 - 01 village de vacance ;
 - 01 camping caravanning ;
 - 01 complexe touristique.

En plus de ces établissements, dix (10) campings qui appartiennent aux privés et sociétés publics et activent durant la saison estivale d'une capacité globale de 4392 lits. Huit (08) de ces campings se trouvent à Zemmouri, un à Corso et un à Thénia. Par ailleurs, dix huit (18) projets touristiques étaient en cours de réalisation dans cinq (05) différentes communes lors du séisme (DTA de Boumerdès, 2002).

La wilaya compte également dix (10) Zones d'Expansion Touristique (ZET) d'une superficie globale de 4 512 ha (carte n° 10).



1.6.6.2. Potentiel culturel :

La commune de Dellys abrite un patrimoine culturel, historique, naturel et touristique énorme. Plusieurs vestiges et monuments témoignent des différentes civilisations, on y trouve (DTA de Boumerdès, 2002) :

- Un gisement préhistorique de l'époque Acheuléenne à 3 km à l'Ouest de Dellys ;
- De la mosaïque et de la maçonnerie romaine au niveau du lycée technique (basse ville) ;
- Un château d'eau romain à Bab Essour ;
- Des remparts (murs et bastions avec créneaux en pierre bâtie).

D'autre part, on trouve une fontaine à Cap Djenet, une tour à Bordj Ménail et de la maçonnerie romaine à Si Mustapha, Thénia et Zemmouri (DTA de Boumerdès, 2002).

Quant aux édifices religieux, les suivants sont à citer :

- Le mausolée de Sidi Medjeni qui se trouve au bord de la mer ;
- Le mausolée de Sidi Brahim au Nord-est de la ville de Dellys sur une pointe rocheuse dominant la mer ;
- La mosquée de Zemmouri dans la forêt de Sidi Ahmed Ben Abbes (Zemmouri)

1.7. Conclusion du chapitre :

La wilaya de Boumerdès abrite 2,5 % de la population algérienne. Elle a des potentialités naturelles appréciables et elle se développe de plus en plus vite. Les équipements publics, les infrastructures de bases et le tissu commercial et industriel sont intégrés au tissu urbain et sont par conséquent, sujets au séisme.

La wilaya est à vocation agro-pastorale et touristique. Même si l'agriculture est peu touchée par les séismes, le tourisme en est fortement secoué. Les potentialités touristiques et naturelles doivent être mises à l'évidence et protégées, au même titre que le tissu urbain.

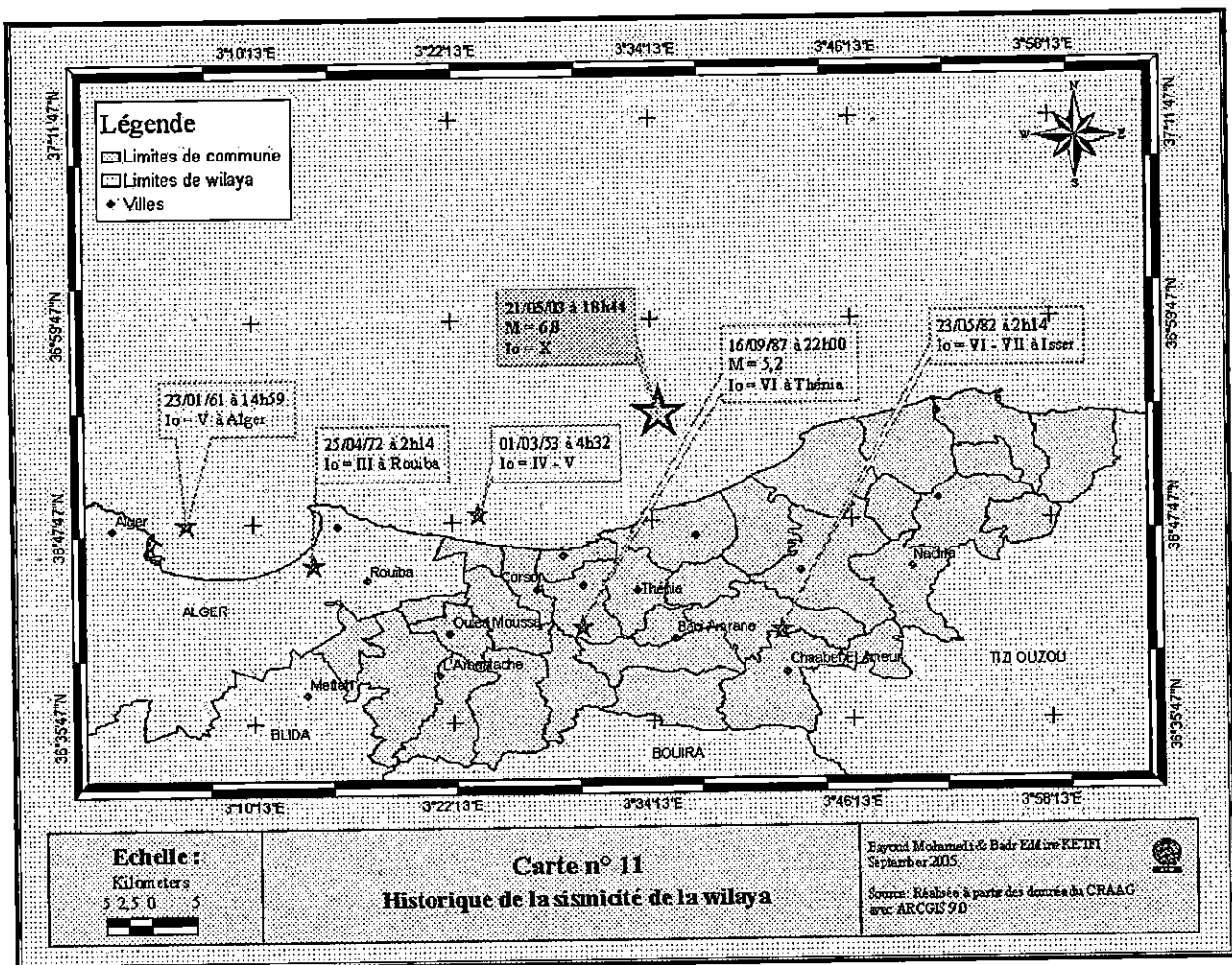
CHAPITRE II : LE SEISME DU 21 MAI 2003.

Ce chapitre expose, de manière globale, le cadre tectonique dans lequel le séisme du 21 mai s'est produit et ses caractéristiques. Un aperçu de la sismicité de la région est donné, il est suivi d'une présentation générale des failles jusqu'ici connues dans la région de l'Est Algérois en mettant en évidence la faille présumée responsable de ce séisme et en donnant ses caractéristiques.

1. Sismicité de la zone d'étude :

1.1. Historique :

Globalement, selon le CRAAG (1994), l'activité sismique dans la région de Boumerdès était surtout due à la faille de Thénia (carte n° 11) et, à des degrés moindres, à l'anticlinal récent du Sahel d'Alger. D'après le catalogue de sismicité historique (Bennouar, 1994 ; CRAAG, 1994), avant le 21 mai 2003, l'activité sismique de la wilaya était faible à modérée. Les événements marquants qui se sont produits dans la région sont (carte n° 11) :



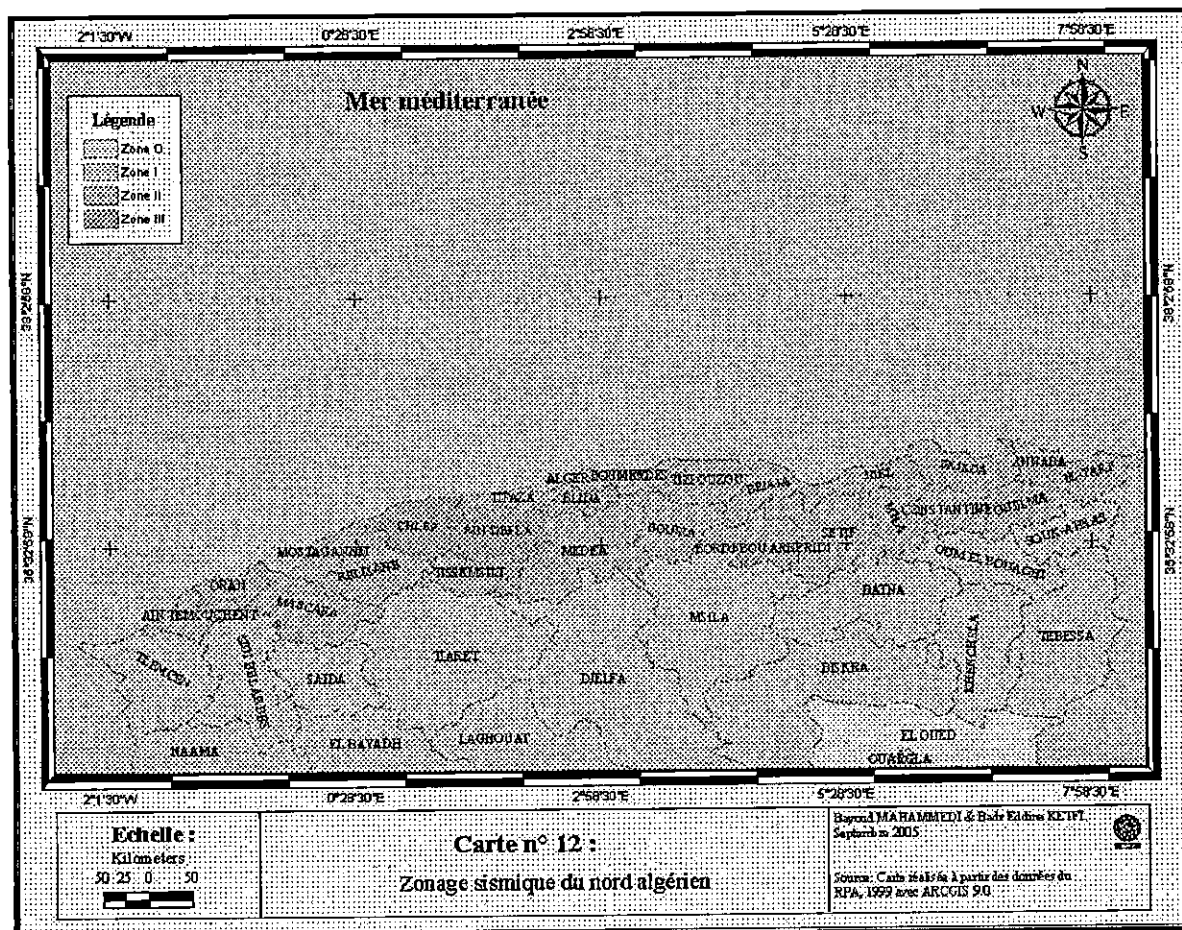
— Le séisme de Boudouaou – Thénia : 10 mars 1953 à 04h32 GMT, foyer à 7 – 10 km de profondeur, épicerne macro : 36,80° N ; 03,40° E, Io = IV – V à Thénia et Boudouaou, rayon de perception 25 km ;

Observation des impacts du séisme du 21 mai 2003 sur la wilaya de Boumerdès par le SIG

- Le séisme de la baie d'Alger : 23 janvier 1961 à 14h59mn12s GMT ; foyer à 5 – 6 km de profondeur, épicentre macro à $36,80^{\circ}$ N ; $3,10^{\circ}$ E, $I_0 = V$ à Alger, rayon de perception à 30 km ;
- Le séisme de Dar El Baidja : le 25 avril 1972 à 02h14 GMT, foyer à 3 km de profondeur, épicentre à $36,75^{\circ}$ N ; $3,23^{\circ}$ E, $I_0 = III$ à Rouïba, Ain Taya et Bordj El Bahri, rayon de perception : 3 à 4 km
- Le séisme de Thénia – Isser du 23 mai 1982 à 02h14 GMT : foyer à 6 – 7 km de profondeur, épicentre macro à $36,69^{\circ}$ N ; $03,70^{\circ}$ E, $I_0 = VI - VII$ à Isser ;
- Le séisme de Thénia du 16 septembre 1987 à 22h00mn46s GMT : $M = 5,2$; épicentre macro à $36,69^{\circ}$ N ; $03,50^{\circ}$ E, $I_0 = VI$ à Thénia, Si Mustapha et Bordj Ménail.
- Le séisme de Zemmouri du 21 mai 2003 à 18h44 GMT, $M = 6,2$ épicentre macro à $36,91^{\circ}$ N ; $3,58^{\circ}$ E foyer à 10 km de profondeur, $I_0 = X$.

L'échelle des intensités observées de MERCALLI est présentée dans l'annexe I.

1.2. Cadre sismique et tectonique :

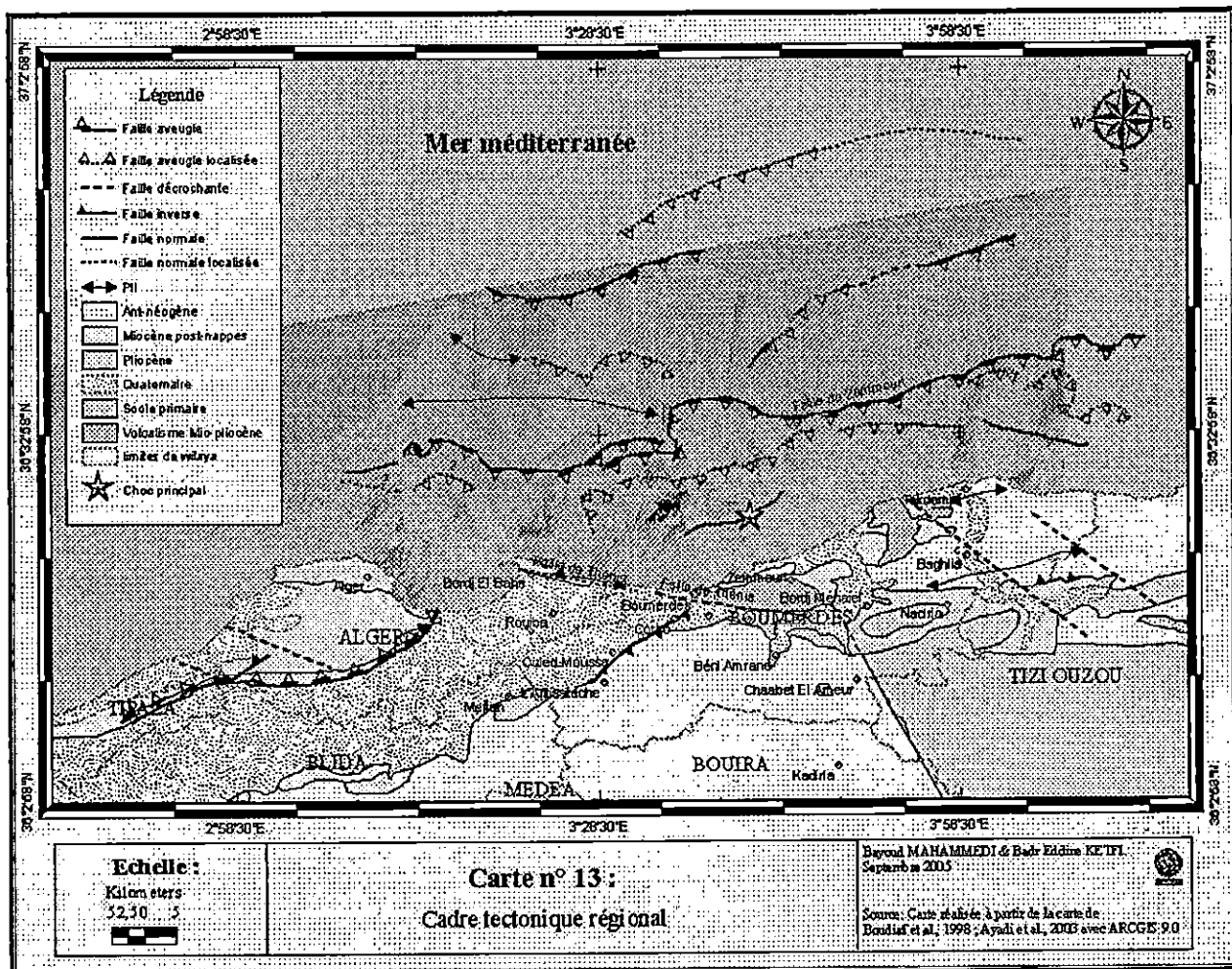


Le règlement parasismique algérien (RPA 99) divise le Nord de l'Algérie en 3 grandes zones sismiques (carte n° 12) :

- La zone I : de faible sismicité
- La zone II : de moyenne sismicité
- La zone III : de forte sismicité

Observation des impacts du séisme du 21 mai 2003 sur la wilaya de Boumerdès par le SIG

La wilaya de Boumerdès se situait dans la deuxième zone, elle est de moyenne sismicité. La zone O est une zone qui a une sismicité négligeable.



Le tremblement de terre s'est produit à la limite entre la plaque eurasiennne et la plaque africaine (carte n° 13). Le long de cette limite de plaque, la plaque africaine est en mouvement vers le Nord-ouest contre la plaque eurasiennne avec une vélocité d'approximativement 6 mm par année. Les mouvements de la plaque relatifs créent un environnement de compression tectonique (Déverchère et al, 2005).

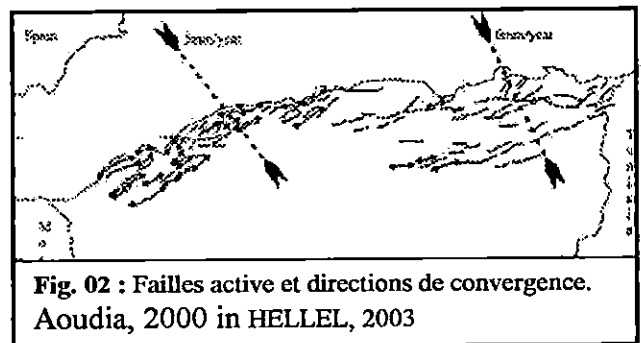


Fig. 02 : Failles active et directions de convergence. Aoudia, 2000 in HELLEL, 2003

Le réseau de faille qui parcourt la marge africaine se trouve aussi bien en mer que sur le continent. MACHANE D., et al. (2004) constatent que la plus grande partie de la sismicité est concentrée le long ou au voisinage de ces accidents. Ils ajoutent que la sismicité historique de la région a été générée par des failles au jeu inverse (MACHANE, 2004).

D'autre part, Boudiaf (1996) et le CRAAG (1994) estiment que la faille de Thénia est aussi très active (carte n° 13). Cette faille se situe à l'Est du bassin de la Mitidja. De direction N120, elle se prolonge vers l'Ouest en direction de Cap Matifou et forme un escarpement

rectiligne de 60 m d'altitude Cette faille se continue vers le Sud-Est jusqu'à disparaître sous les alluvions de l'oued Isser, et se prolonge en mer vers l'Ouest (Boudiaf, 1996). Sa longueur maximale est estimée à 55 km.

1.3. La faille de Zemmouri :

A l'origine présumée de ce séisme, déterminée par *Delouis et al*, (2004), cette faille était jusque-là inconnue (carte 12). Elle se situe le long de la marge algérienne dans une direction NE – SW, celle-ci s'étend entre Dellys et Corso sur une distance de 30 – 50 km.

Révélee par les répliques enregistrées, cette faille s'allonge sur une direction conjuguée par rapport à l'accident de Thénia précédemment cité. Le mécanisme de type inverse au foyer traduit dans la région de Boumerdès un régime compressif compatible avec un mouvement en faille à jeu inverse pur (CRAAG, 2003).

2. Caractéristique du séisme du 21 mai 2003 :

D'une intensité observée de X sur l'échelle de Mercalli, le choc principal s'est produit à 7 km au nord de la localité de Zemmouri (36,91° N ; 5,58° E) à 18h44mn36s. Sa magnitude, estimée par le CRAAG, était de 6,8. Les estimations préliminaires dans les différents centres mondiaux de surveillance sismologiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau N° 2 : les estimations des centres mondiaux de surveillance sismologique

	ETH	NEIC	CSEM	ReNaSS	CGS	CRAAG
Latitude (Nord)	37.04	36.893	36.99	36.94	36.51	36.91
Longitude (Est)	3.74	3.78	3.68	3.75	3.53	3.58
Profondeur	10	9	10	10		
Magnitude	6.78	6.7	6.6	6.7	7.0	6.8
Moment sismique N.M	1,8 10 ¹⁹	1,3 10 ¹⁹				

Source : AFPS, 2003

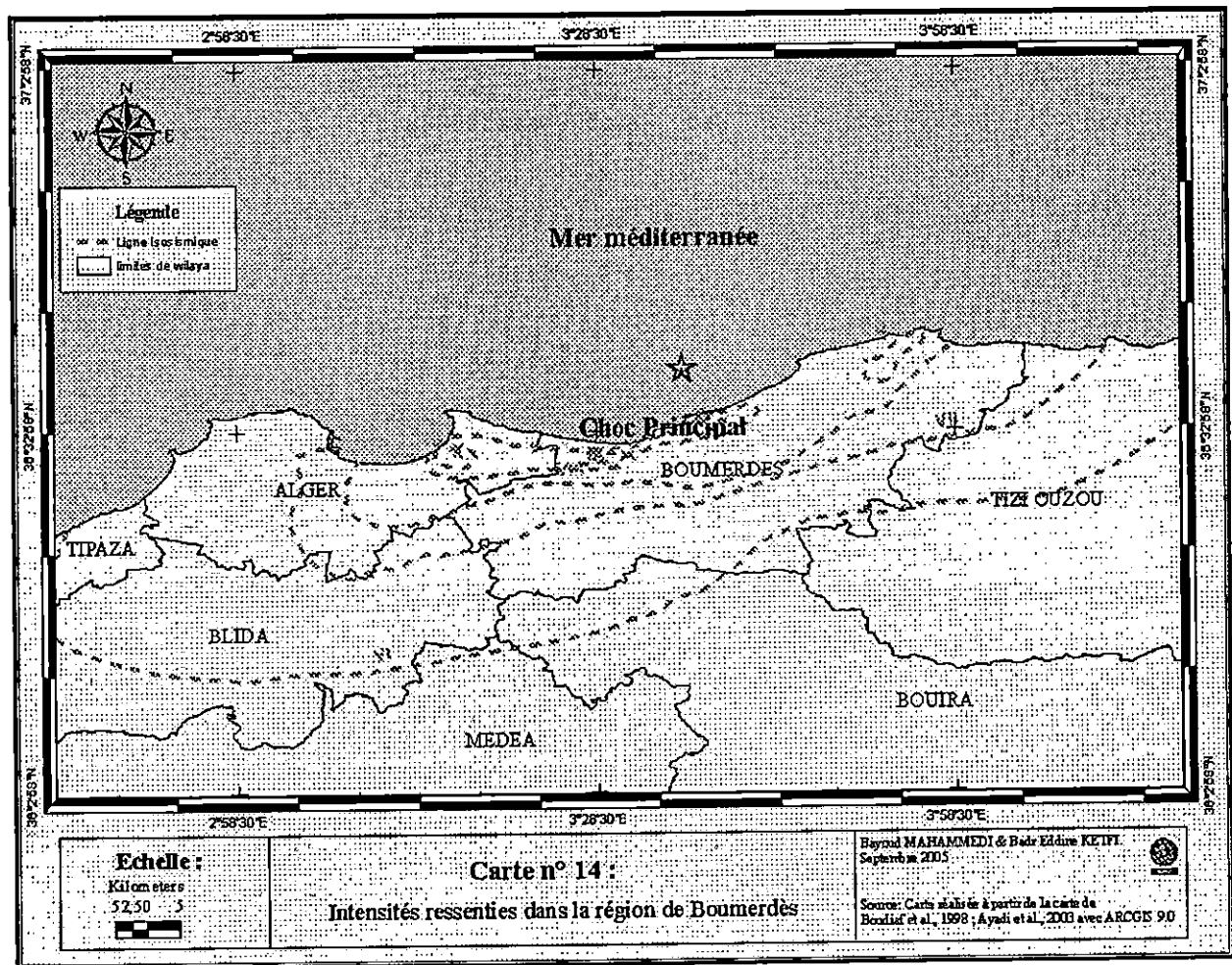
Le foyer se situe à environ 10 km de profondeur. L'épicentre se trouve en mer à environ 7 Km de la côte entre les villes de Boumerdès et Zemmouri (C.G.S., 2003). La durée de la partie forte du séisme égale à environ 10 secondes. Les accélérations maximales enregistrées par la plus proche station qui se trouvent à 20 Km de l'épicentre (Keddara) sont :

Est – Ouest : 0.58 g (g : accélération de la gravité = 9,81 m/s²)

Verticale : 0.35 g

Nord – Sud : 0.22 g

Superficiel, ce séisme a touché une large zone de Dellys à Alger (carte n° 14). Le maximum de dégâts fut dans la zone épiscopale : perte de vies humaines, effets de surface (liquéfaction, ruptures de berges d'oueds, glissements de terrains...), des effondrements et des basculement d'immeubles de plusieurs étages (CRAAG, 2003).



3. Les répliques :

Du 21 mai au 10 juillet 2003, plus d'un millier de répliques ont été enregistrées. Ces répliques permettent de la libération de l'énergie emmagasinée par la faille et sont donc normales. Les plus importantes sont reprises dans l'annexe II (CRAAG, 2003).

4. Conclusion du chapitre :

La wilaya beigne dans un milieu tectonique actif. Le réseau de faille parcourt aussi bien la terre que la mer. Bien que certaines failles soient connues, beaucoup d'autres reste à découvrir et à répertorier pour une meilleure connaissance du cadre tectonique car le séisme de Zemmouri risque bien de se reproduire.

CHAPITRE III : METHODOLOGIE

Le présent mémoire a pour objectif de mettre en place une base de données SIG qui permettrait l'observation des effets du séisme du 21 mai sur la wilaya de Boumerdès. Une base de données SIG qui aurait un prototype plus détaillé sur la commune de Boumerdès.

Avant de détailler la méthodologie de travail, il convient tout d'abord, de donner quelques petits rappels généraux sur les SIG.

1. Généralités sur les SIG :

1.1. Définitions :

Le terme de « SIG » est lui-même soumis à fluctuation : Geographic Information System aux USA, Geographical Information System en Europe, Système d'Information à Référence Spatiale au Canada, Georelational Information System en terminologie technologique et Système d'Information Géographique en France. Une constante est, ceci dit, présente dans tous ces systèmes : Le SIG traite d'informations localisées et apporte une dimension géométrique aux SI classiques. C'est donc un système de gestion et d'aide à la décision (C. Collet et Ch. Hussey).

On peut comprendre le SIG comme (M. Didier, 1990.) :

- Un outil informatique effectuant des tâches diverses, sur des données à référence spatiale.
- Un ensemble informatique constitué de hardware, software et de méthodes destiné à assurer la saisie, l'exploitation, l'analyse, et la représentation de données géoréférencées pour résoudre un problème de planification et de management.
- Un « Ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à fournir et extraire commodément des synthèses utiles à la décision »
- Un « ensemble organisé globalement comprenant des éléments (données, équipements, procédures, ressources humaines) qui se coordonnent, à partir d'une référence spatiale commune, pour concourir à un résultat. »

Les utilisations courantes des SIG sont : la confection de carte, l'inventaire et gestion des ressources, la sélection d'un site, les plans d'urgence et les simulations d'effets environnementaux (I. Panet et S. Ravalet, 25/01/2001). Ces SIG ont tous cinq (05) fonctionnalités « Les 5 A » :

Archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique.

Acquisition : intégration et échange de données. (Import-Export)

Abstraction : modélisation du réel selon une certaine vision du monde.

Analyse : calculs liés à la géométrie des objets, croisement de données thématiques... avec :

- Requêtes sémantiques (sur les attributs des objets)
- Requêtes géométriques ou spatiales
- Cartes thématiques (appréhension visuelle du terrain et du problème traité)

Affichage : représentation et mise en forme, notamment sous forme cartographique

En somme (Fig. 03), un SIG est un « système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement ». (J-M Gilliot, 2000).

1.2. Classification des SIG

On général, les SIG se divisent en trois catégories (CNIG, 2000) :

SIG de type observatoire : permet l'intégration des données sur un thème précis et un territoire défini, et leur mise à jour. Il permet la seule gestion (stockage et mise à jour) de données variables en forme et en structure (ajout d'informations de thèmes différents tout en gardant un même référentiel et les mêmes nomenclatures).

Exemple : SIG sur les effets de la tempête de décembre 1999 en France.

SIG de type gestion : Il permet la réunion, l'analyse et la cartographie d'éléments afin d'en faciliter la gestion et l'exploitation dans le cadre de procédures préétablies (requêtes simples et habituelles). Il est utilisé pour répondre à une question précise.

Exemple : SIG pour la planification des réparations du réseau routier.

SIG de type étude : permet les requêtes complexes sur des informations de nature diverses sur une zone d'étude afin de réaliser des analyses, de mettre en évidence des phénomènes ou comparer des solutions.

Exemple : SIG pour trouver le meilleur positionnement des barrages et l'aménagement de casiers de décharge... dans le cadre de la prévention contre les crues.

Il existe, par ailleurs (I. Panet et S. Ravalet, 25/01/2001), d'autres typologies, comme par exemple, celle par type de territoire qui est relatif à l'échelle et qui classe les SIG en SIG Mondial, National, Régional, départemental, Communal ... Une autre, par domaine d'application les classe en SIG pour l'urbanisme, la santé (le Health Mapper de l'O.M.S). Patrimoine, Agriculture, Environnement ... Une troisième par marché les classe en SIG pour la Recherche, l'économie des entreprises, les collectivités locales, Ministères, des applications personnelles (associations) ...

Le SIG réalisé au cours de ce mémoire est un SIG d'observation. Il a pour thème le séisme du 21 mai et pour territoire la wilaya de Boumerdès. Sa méthode de mise en place est expliquée dans ce qui suit.

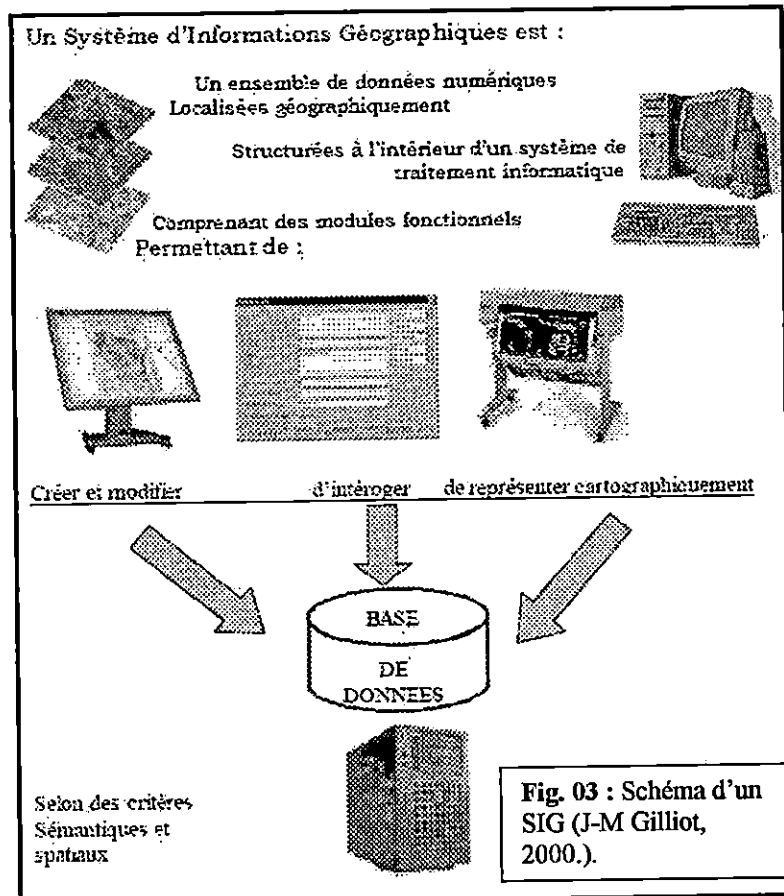


Fig. 03 : Schéma d'un SIG (J-M Gilliot, 2000.).

2. Méthodologie de travail :

En somme, trois étapes ont été suivies pour réaliser ce SIG : la collecte de données, leur intégration et leur visualisation.

2.1. La collecte des données :

Cette première étape de travail est la plus importante. Ces données peuvent être des statistiques de différents indicateurs dans différents secteurs détaillées par commune pour les années 2002, 2003 et 2004. Elles sont principalement obtenues des archives de la wilaya et de l'O.N.S.

Elles peuvent être des données statistiques ayant une incidence directe du séisme tel que le nombre de bâtiment détruit par commune, par exemple. Ces dernières rassemblent les dégâts matériels et humains du séisme et sont obtenues des différentes directions de la wilaya (D.T.P., D.P.A.T.,...), du CTC, CGS, des services communaux, des ministères concernés et des bureaux d'études étatiques (A.N.A.T. et C.N.E.R.U.) ou privés (BOUDJEMIA).

Elles peuvent aussi être cartographiques et numériques. Ces données sont tirées des cartes de l'I.N.C.T. ou d'autres. Ce type de données a deux formats (Fig. 04) :

Le format raster : utilise une description matricielle de l'espace géographique. La matrice est une image, chaque élément de l'image ou pixel a une valeur donnée.. Ces images sont généralement issues de scanners ou d'images aériennes ou satellitaires (J-M Gilliot, 2000).

Le format vectoriel : les objets sont représentés par des primitives graphiques (point, ligne, polyligne, polygones etc ...).

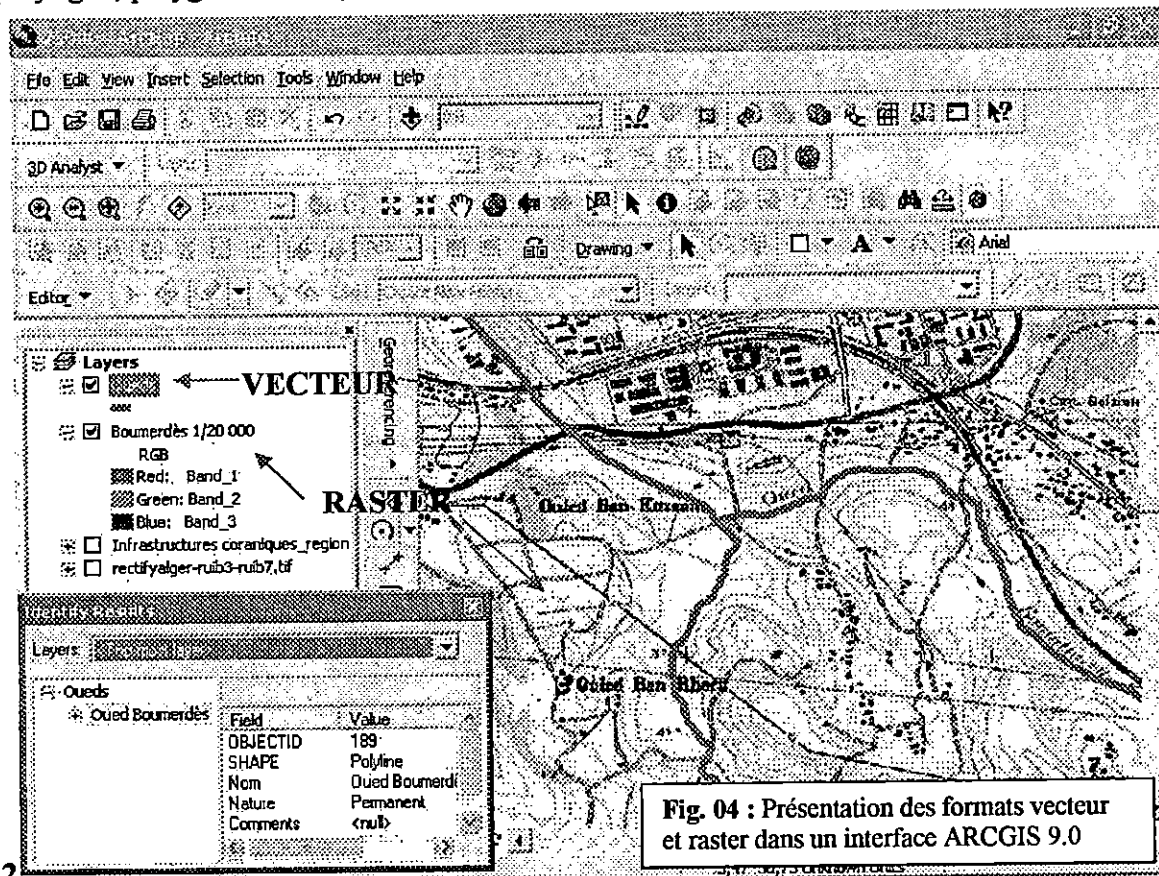


Fig. 04 : Présentation des formats vecteur et raster dans un interface ARCGIS 9.0

2.2. Le choix du logiciel :

Le logiciel choisi pour ce SIG est ARCGIS 9.0 fabriqué par la société ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc. USA). Le choix d'ARCGIS réside dans le fait que ses concurrents directs (MAPINFO, GEOCONCEPT...) le considèrent comme la Rolls Royce des SIG sur le marché mondial. C'est un noyau performant qui permet le stockage et le traitement de données en utilisant des opérations qui ne se trouvent pas dans d'autres logiciels SIG. Ses inconvénients : trop lourd, il a besoin d'au moins 512 Mo de RAM, prends 817 Mo d'espace disque et ne marche que sur Windows XP.

2.3. Le géoréférencement :

Il consiste à déclarer les couches cartographiques dans un système de référence (projection, DATUM, fuseau). Le géoréférencement des différentes couches cartographiées est celui des cartes topographiques de l'I.N.C.T. dans le système UTM ; datum : WGS 1984 ; fuseau : 31 Nord. Ce choix est pour respecter le standard international. Ses caractéristiques techniques sont les suivants :

Projection : Transverse Mercator

Paramètres :

False_Easting: 500 000,000000

False_Northing: 0,000000

Central_Meridian: 3,000000

Scale_Factor: 0,999600

Latitude_Of_Origin: 0,000000

Linear Unit: Meter (1,000000)

Geographic Coordinate System:

Name: GCS_WGS_1984

Angular Unit: Degree (0,017453292519943299)

Prime Meridian: Greenwich (0,000000000000000000)

Datum: D_WGS_1984

Spheroid: WGS_1984

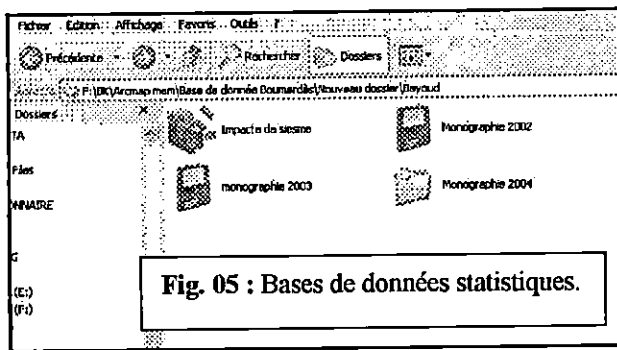
Les cartes acquises ont été géoréférencées à l'aide de points de référence sélectionnés à partir des cartes topographiques de l'I.N.C.T. Pour chaque image raster, au minimum trois (03) points ont été choisis.

2.4. Structuration du SIG :

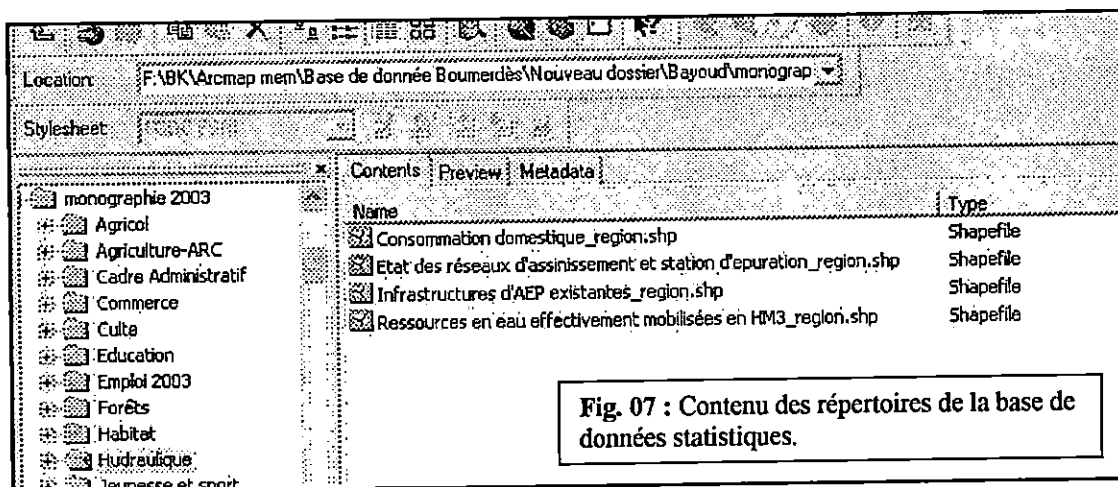
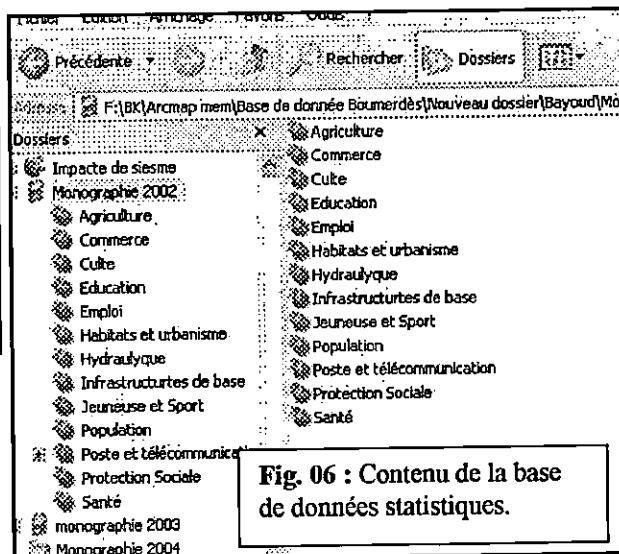
En résumé, trois bases de données ont été réalisées. Une base de données statistiques qui inclue toute les données de la monographie 2003, 2003 et une partie de la monographie 2004. Une base de données à l'échelle de la wilaya qui comprends les données cartographiques de base réalisées à partir des cartes de l'INCT (1987) à l'échelle de 1/200 000 et 1/50 000. Une dernière à l'échelle de la commune de Boumerdès qui est plus détaillée et fait ressortir chaque bâti de la commune.

Dans la première, on trouve les statistiques des trois monographies (Fig. 05 et 06) ainsi que celles des impacts du séisme sur la wilaya, comme par exemple, le nombre de chalets par commune. Ces données ont été intégrées et sont devenues des données à référence spatiale.

Observation des impacts du séisme du 21 mai 2003 sur la wilaya de Boumerdès par le SIG

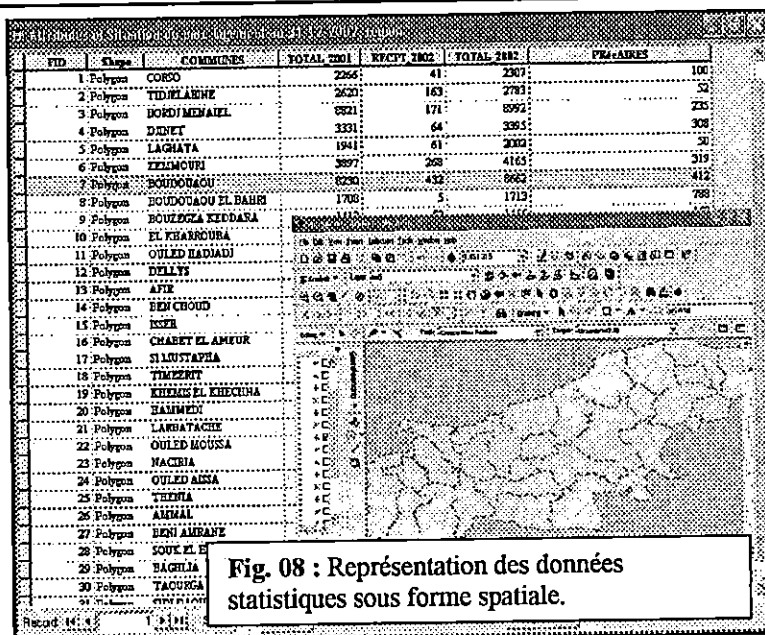


Chaque répertoire comprend un secteur et contient un ou plusieurs fichiers. Ces fichiers sont au format esri shape (.shp). C'est le format standard d'ARCGIS (Fig. 07). Les indicateurs de différents secteurs sont détaillés par commune et sont stockés de manière à les associer graphiquement à leurs communes respectives (Fig. 06).

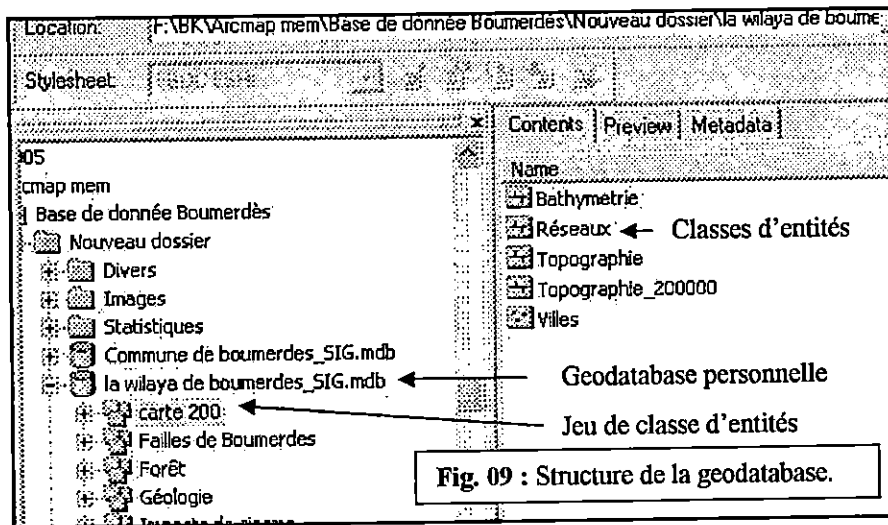


Ces données serviront, entre autres, dans la comparaison entre l'état de la wilaya avant et après séismes. Ils sont utiles également dans la gestion des impacts pour déterminer, par exemple, les communes qui ont le plus de ressources hydrauliques afin d'alimenter des zones sinistrés.

Il faut signaler que la carte de base (limites administratives communales) sur laquelle repose toutes ces données statistiques a été acquise du L.E.M. sous un format vectoriel.



La deuxième base de données est celle réalisée à partir des cartes de l'I.N.C.T. et d'autres cartes recueillies au cours du mémoire (Fig. 09). Une geodatabase a été créée et divisée en jeux de classes d'entités qui comprennent des classes d'entités. La définition des termes de geodatabase, classe d'entités... et d'autres se trouve dans le glossaire. Il faut signaler que ces couches sont associées à leurs bases de données respectives et que chaque entité est définie par au moins un champ. Ces couches sont énumérées dans l'annexe. Cette geodatabase est confectionnée en vue de visualiser les effets du séisme à une échelle moyenne (1/200 000 – 1/500 000).



La dernière base de données porte sur la commune de Boumerdès. Elle se veut une plate forme à un SIG plus complet qui permettrait la visualisation rapide des effets d'un très probable séisme sur la commune et la gestion optimale de ses effets. Bien que cette commune n'ait que 11 km² de superficie, cette base de donnée a été la plus difficile à réaliser. Sa mise en place s'est à elle seule déroulée sur trois phases : la vectorisation, l'inventaire sur terrain et la saisie et l'organisation des données.

L'assise de cette base de données, faute d'images satellites, est le P.D.A.U. de la commune approuvé en juin 2005. Il a été réalisé par le bureau d'étude Boudjemia pour le compte de la commune de Boumerdès. Il contient un certain nombre de cartes que l'on a vectorisé (Fig. 10). La mère de ces cartes est le plan de l'état des lieux de la commune (1/5000). A cette échelle, chaque bâti est bien visible, chaque ruelle, bien définie. Seulement, l'information contenue dans ce plan est très sommaire.

Pour observer de manière précise les effets d'un tel séisme sur une région, il faut non seulement cartographier chaque bâti, chaque mètre carré de cette région, mais aussi avoir le maximum d'informations sur ce mètre carré. Ce constat a mené au travail de terrain qui avait pour objectifs la vérification de la véracité du plan et l'inventaire du bâti de la commune. Cet inventaire se base sur des constats visuels et des témoignages d'autochtones. Pour sa réalisation un plan vectorisé a été tiré, chaque bâti a été codifié et des fiches de recensement ont été imprimées. Les informations recueillies sont :

- Nature et nom du bâti s'il en a un ;
- Adresse ;
- Etat ;
- Nombre d'étages et d'appartement pour les habitats collectifs ;

- Natures et nombres de commerces pour les structures commerciales ou mixtes ;
- Propriété ;
- Commentaires divers.

Le choix de ces informations est dicté par le fait qu'elles soient le maximum réalisable dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude. Pour faire une base de données plus conséquente, l'implication de tous les secteurs est requise ainsi que leur engagement. C'est un travail de longue haleine.

La troisième phase de ce travail consiste à saisir les informations collectées. Chaque bâti lui a été associé sa base de données. Quant aux autres cartes vectorisées, ils représentent un total de 22 couches ou classes d'entités et sont définies par au moins un champ. La liste détaillée de cette Geodatabase et des autres sont présentés dans l'annexe III.

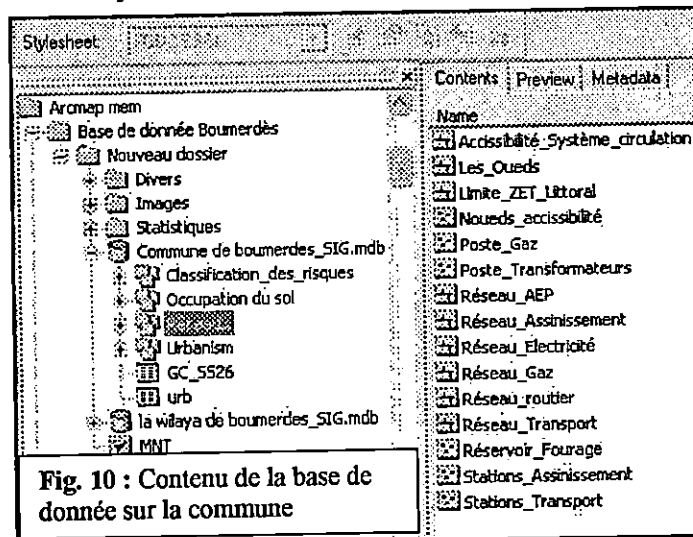


Fig. 10 : Contenu de la base de donnée sur la commune

Au terme de ceci (Fig. 11 et 12), on pourra effectuer des requêtes ciblées sémantique (par attribut) ou spatiale (par localisation) pour répondre à des questions précises.

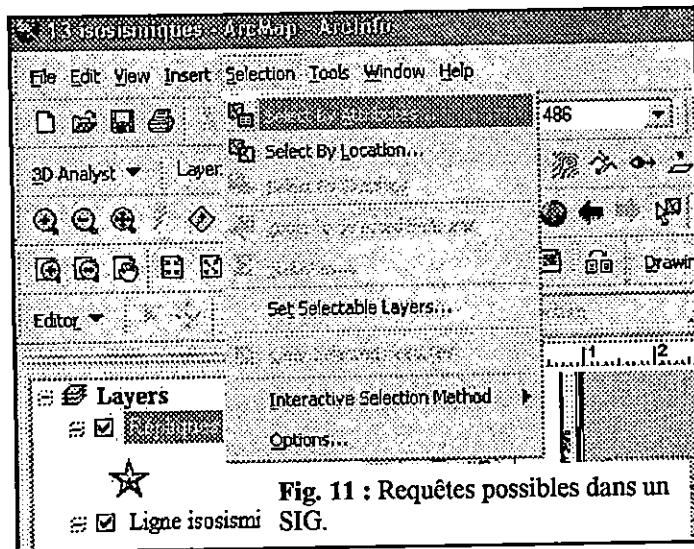


Fig. 11 : Requêtes possibles dans un SIG.

On pourra également superposer une ou plusieurs couches pour en extraire l'information voulue.

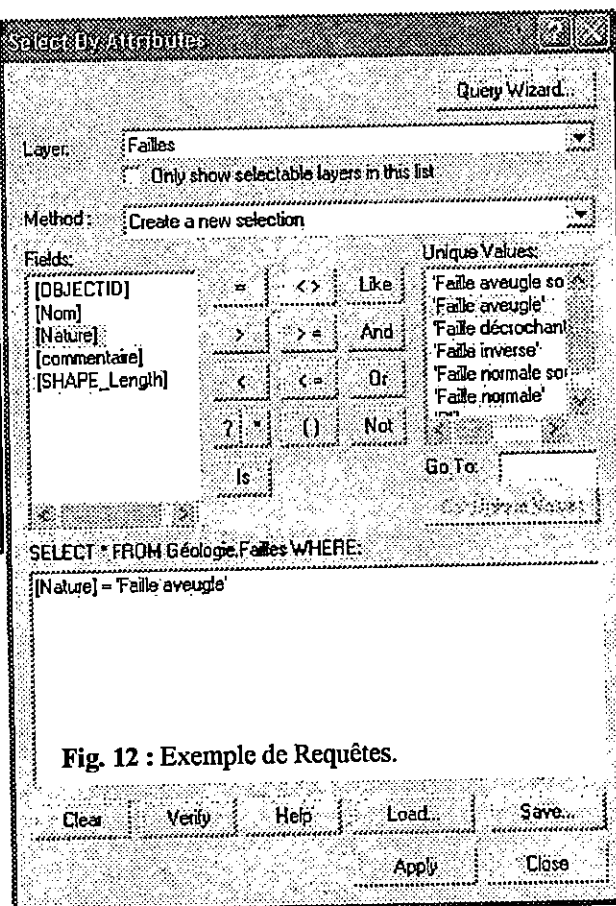


Fig. 12 : Exemple de Requêtes.

2..5. La vectorisation des courbes de niveaux et création du MNT :

Les courbes de niveaux ont été vectorisées sur la base des cartes topographiques de l'I.N.C.T. 200 000^{ème}, avec la saisie des altitudes de chaque courbe. Une interpolation avec la méthode TIN permet d'avoir le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Un autre MNT a été réalisé pour la commune de Boumerdès à partir de la carte de 50 000^{ème}.

3. Conclusion

Le principe dans un SIG, est de « dessiner » des entités et des les définir avec le maximum de précision possible en les associant à une table de données fiable pour avoir des résultats de qualité. Le logiciel est très fiable, il est fabriqué par ESRI, leader mondial des SIG. Son seul inconvénient : son poids.

Un séisme comme celui de Zemmouri a des impacts sur Beaucoup de secteurs et sur un grand territoire. Pour apprécier de manière acceptable les dégâts occasionnés, il est nécessaire de cartographier et d'avoir des informations précises sur chaque mètre carré, chaque bâtiment, chaque poteau d'électricité, chaque conduite d'assainissement, en somme chaque élément de la zone à observer.

Ce aurait été possible si une couche vectorisée de base qui contiendrait au moins les plans de rue, ou des restitutions avec une claire toponymie été accessible. Or en Algérie, elle coûte chère et est souvent de mauvaise qualité. Par conséquent, il a fallu vectoriser d'abord les couches élémentaires (topographie, hydrologie...) à l'échelle de la wilaya, puis définir chaque entité vectorisée. Il a ensuite fallu le faire avec le plan des rues de la commune de Boumerdès. La vectorisation à elle toute seule prend beaucoup de temps, collecter des données et les intégrer en prends beaucoup plus. Le recensement du bâti est la première étape d'un SIG qui permet de donner une estimation précise sur les effets d'un séisme sur la commune.

Cependant, il faut souligner le fait que, faute de temps, le recensement ne s'est fait que sur l'agglomération chef lieu de la commune de Boumerdès. L'agglomération secondaire d'El Kerma et celles éparses du Sahel et de Boukharroucha n'ont pas été recensées.

CHAPITRE IV : IMPACTS DU SEISME ET LEUR VISUALISATION SUR SIG

Dans ce chapitre, les impacts constatés du séisme seront exposés en mettant l'accent sur leur visualisation à l'aide d'un SIG.

1. Impacts morphologiques :

Les séismes peuvent induire des effets dits « secondaires » ou « locaux » qui peuvent causer des pertes humaines et/ou matérielles graves. Ces effets peuvent être technologiques, tel que les incendies qui se déclenchent suite à une rupture de canalisation de gaz. Ils peuvent être aussi géologique et/ou géotechnique, tel que la liquéfaction du sol, les glissements de terrain, les chutes de blocks, les tassements et les effondrements (M. HELLEL, 2003).

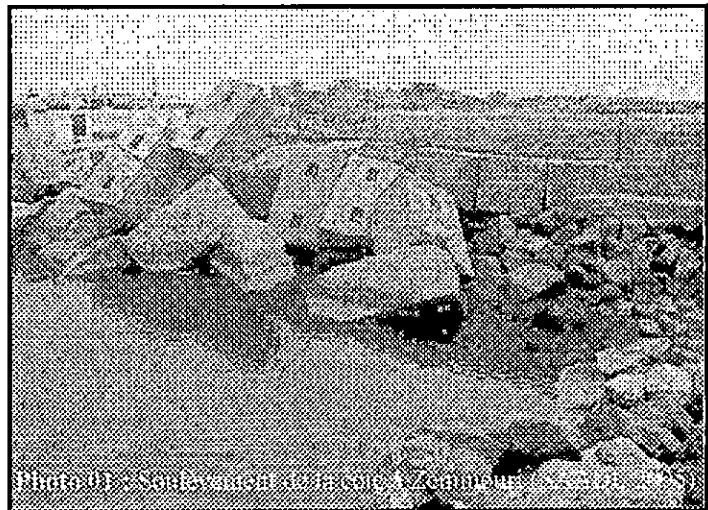
Suite au séisme du 21 mai 2003, des phénomènes de liquéfaction des sols, de chutes de blocks, de glissement de terrains et d'effondrement du sol ont été observés dans plusieurs régions de la wilaya de Boumerdès (carte n° 14). Mais le phénomène le plus spectaculaire observé est le soulèvement de la côte.

1.1. Soulèvement de la côte

Un soulèvement co-sismique de la côte a été estimé à 0.7 m entre Corso et Zemmouri (Bouhadad et al., 2004). Ce soulèvement est visible grâce à une bande blanchâtre correspondant à des algues émergées et oxydées (Photos 1 et 2).

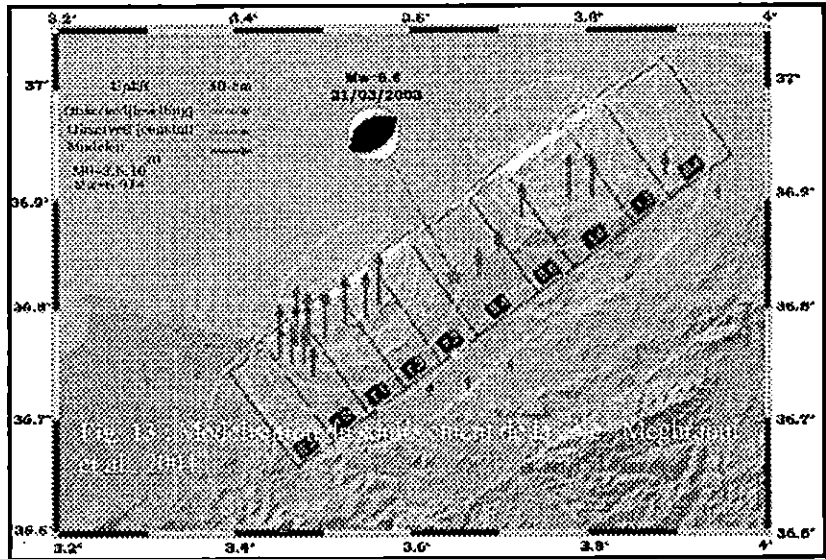
La côte s'est soulevée en moyenne de 55 cm, avec des maxima de 85 cm à l'Est de Boumerdes et de 75 cm sur le quai du port de Zemmouri El Bahri, d'après des témoignages de pêcheurs. Plus à l'Est et jusqu'à Dellys le soulèvement atteint 60 cm (Meghraoui et al., 2003).

Le plan de rupture obtenu à l'aide d'une modélisation de la dislocation co-sismique, basée sur des mesures géodésiques, émerge en mer. C'est un plan de faille complexe étant donné la distribution des déplacements verticaux qui montrent deux lobes de soulèvement maximum à l'Est et à l'Ouest de l'épicentre (Fig. 13) (Bounif et al., 2004).



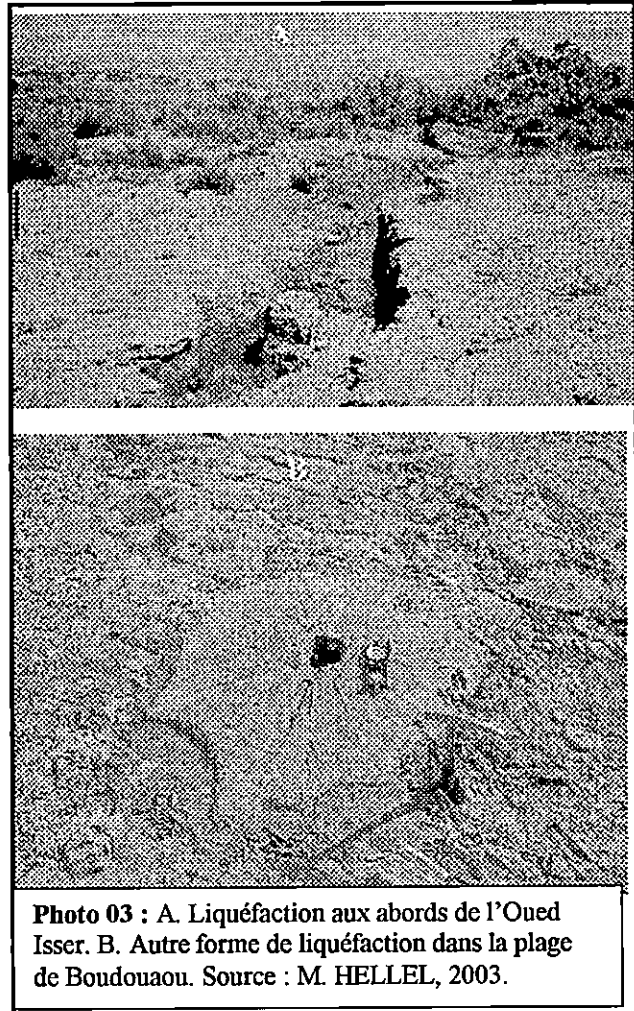
1.2. La liquéfaction :

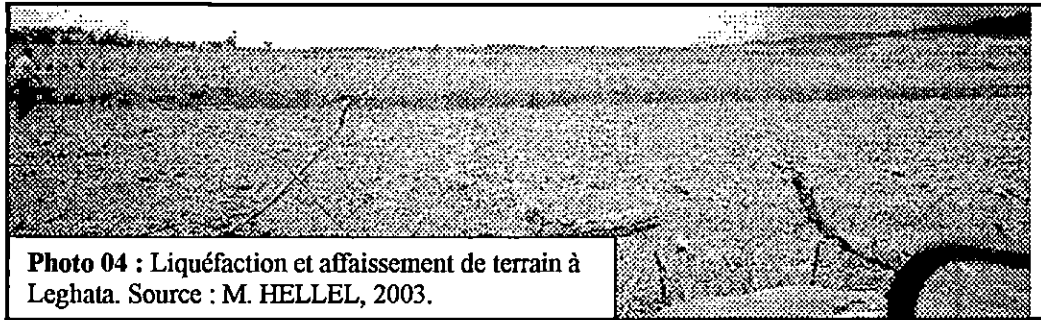
Phénomène géologique observé pour la première fois lors du séisme de Niigata (Japon), elle est depuis d'une importance considérée dans les projets d'urbanisme en zone sismique. Pour qu'elle ait lieu, trois conditions sont essentielles : présence de couches de sable fin lâche (0,5 – 1 mm) à des profondeurs généralement inférieures à 12 m, présence d'eau et une forte secousse sismique. (M. HELLEL, 2003).



Suite au choc principal du 21 mai 2003 (photo 03) plusieurs formes de liquéfaction ont été observées dans les vallées alluviales de l'Oued Sebaou, Isser, Corso, Boudouaou et le long de la plage entre Boudouaou El Bahri et Dellys (M. HELLEL, 2003).

Morphologiquement, la liquéfaction s'est manifestée en surface soit par des fissures atteignant plusieurs mètres de longueurs, soit sous forme de « cratères » de sable. Elle a été à l'origine de tassements et d'effondrement du sol, causant des dégâts notables aux chaussées à Leghata, Zemmouri et entre Si Mustapha et Zemmouri. A Leghata (photo n°04), la liquéfaction a engendré un affaissement de terrain dont la rupture en surface a atteint 90 cm de rejet. Des puits paysans et des forages hydrauliques ont été également détruit par la remontée de sable à Leghata et Oued Isser (M. HELLEL, 2003).





1.3. Chutes de blocks :

A Dellys, précisément à Tagdempt, en plus des chutes de pierres, certains blocks ont été déstabilisés et menacent sérieusement les habitants. De même, dans la région d' Afir, de grands blocks ont parcouru des centaines de mètres et d'autre, à la limite de la stabilité, menacent les maisons situées en contrebas (M. HELLEL, 2003).

1.4. Les glissements de terrain :

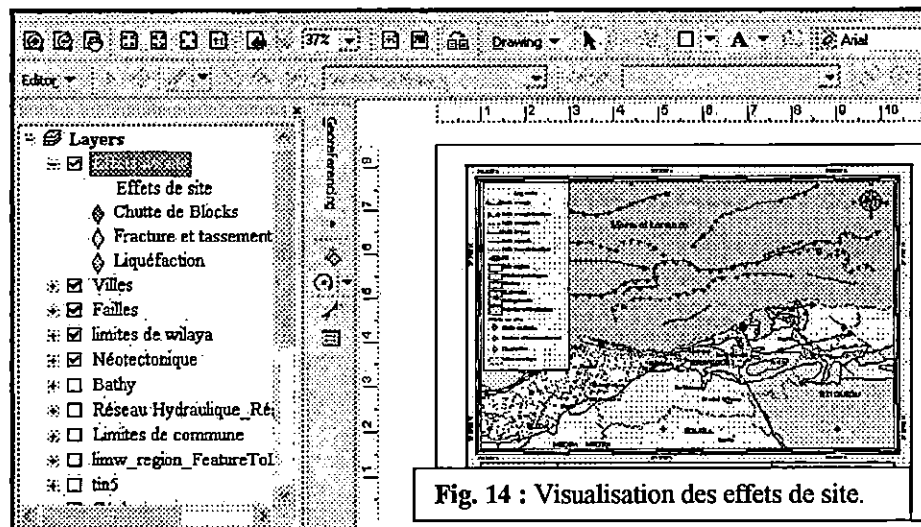
Ces glissements peuvent se produire en mer ou sur le continent à des distances parfois importantes de l'épicentre. Un certain nombre de glissements de terrain a été signalé suite au choc principal. Le plus important se situe sur l'autoroute au niveau de Thénia, le reste sont des escarpements superficiels le long des berges des oueds et des abords de routes (M. HELLEL, 2003).

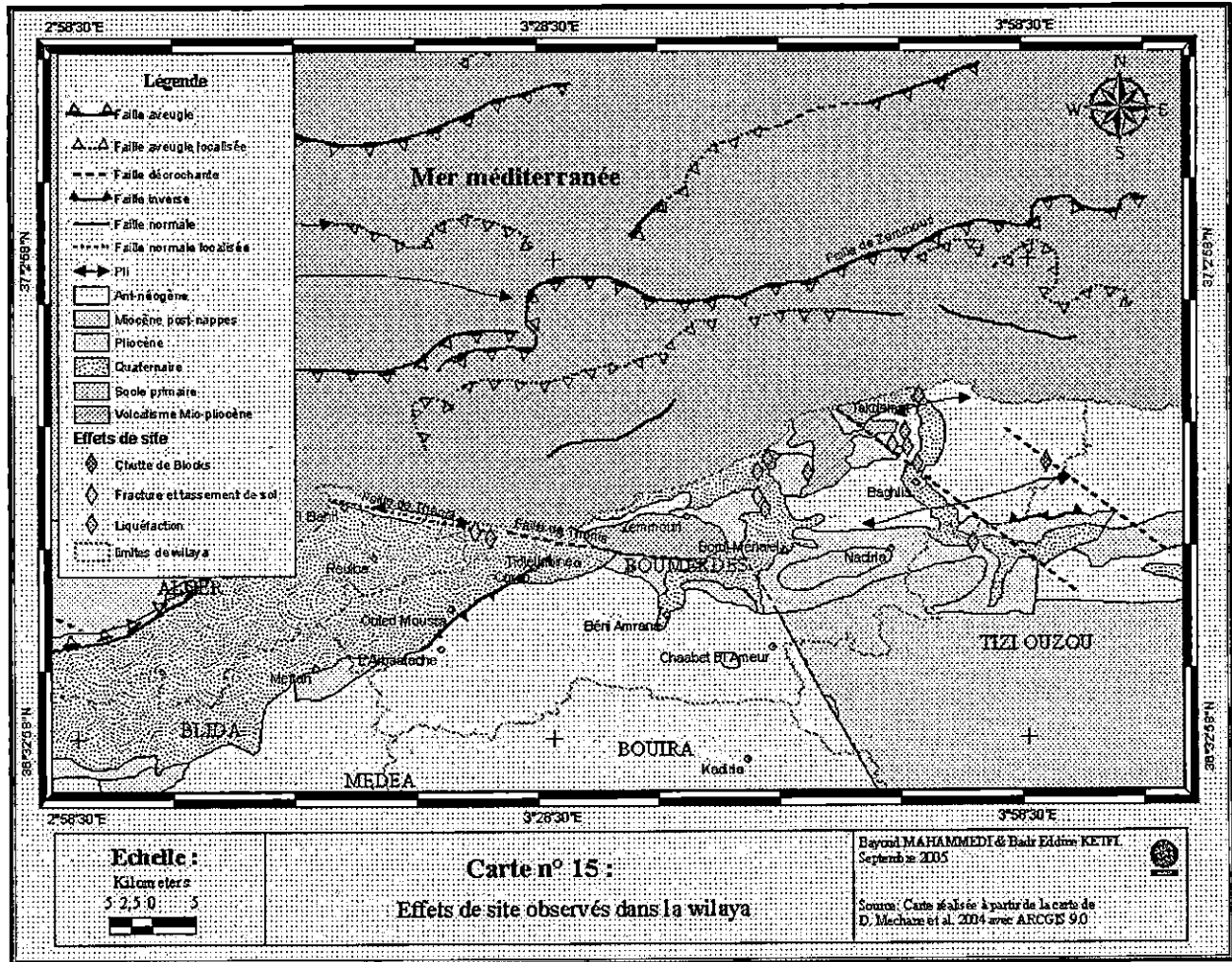
1.5. Effondrement du sol :

La présence de galeries et/ou de cavités souterraines peut engendrer des effondrements après un séisme. Dans la région de Boudouaou El Bahri un effondrement circulaire de 1 m de diamètre et de 1 m dénivelé semble avoir pour origine des cavités souterraines (M. HELLEL, 2003).

1.6. Visualisation de ces impacts :

Les effets de sites sont stockés dans une classe d'entité de points du nom de « effets de site ». Ils sont définis par type d'effet (Fig. 14). Pour bien les mettre en évidence, l'utilisation d'autres couches est nécessaire. Dans notre cas, les couches utilisées sont celles des villes, des failles, de la géologie et celle des limites de wilaya. Ainsi, on aboutit à la carte n° 15 présentée ci-après.





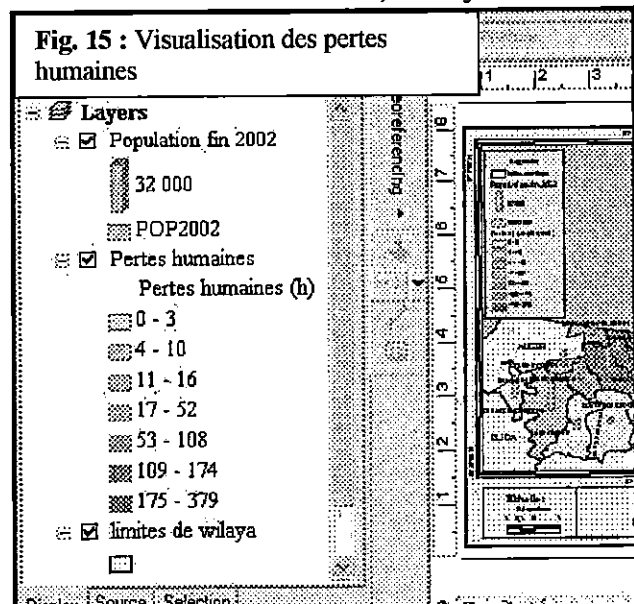
2. Impacts humains :

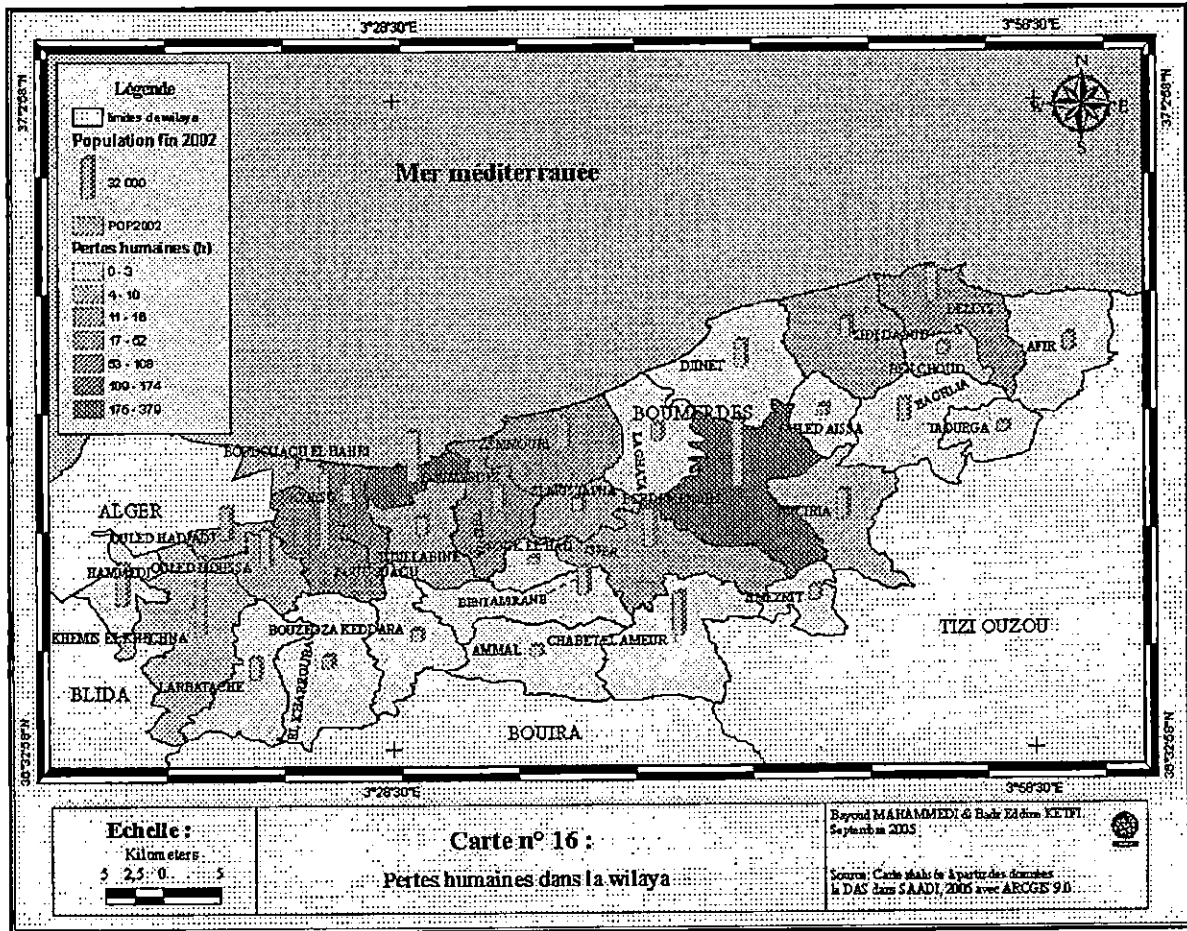
2.1. Pertes constatées :

Les pertes humaines dans la wilaya s'élève à 1 451 morts (SAADI, 2005). Les blessés sont près de 11 500 personnes et les sans abris, près de 28 000 familles (M. HELLEL, 2003). Les communes qui ont perdu le plus de personnes sont celles de Boumerdès, Bordj Ménail et Corso (carte n° 16).

2.2. Visualisation sur SIG :

N'ayant pas de données sur le nombre de blessés et de familles sans abris, on n'a saisi que le nombre de morts par commune (Fig. 15). Ils sont stockés dans une classe d'entités polygonale nommée « pertes humaines ». Dans cette classe d'entité, les pertes sont détaillées par commune et avec elle, la carte n° 16 a été réalisée.





3. Impacts sur les infrastructures de Base :

3.1. Dégâts constatés :

Les dégâts recensés sur les infrastructures de base de la wilaya sont les suivant (D.T.P., 2003) :

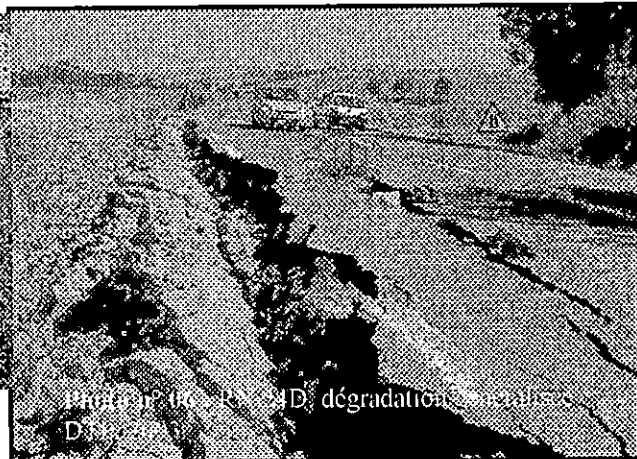
- Tassements au niveau des accès d'ouvrages (remblais d'accès)
- Fissures longitudinales et transversales importantes de corps de chaussée
- Déstabilisation de remblais de grande hauteur
- Rupture de chaussée en rive et affaissement
- Dégradation des ouvrages d'assainissement
- Amorces de glissements



Le tableau ci-après résume les dégâts occasionnés par le séisme sur les différentes routes nationales et chemins de wilaya.

Tableau n° 03 : Dégâts occasionnés par le séisme sur les routes nationales et les chemins de wilaya (D.T.P., 2003).

Route	Linéaire	Largeur	Dégâts occasionnés
RN24	79 Km	7 m	Fissures importantes de la couche de roulement, affaissement, tassement des accès aux ouvrages.
RN 05	36 km	15 m	Déstabilisation des remblais, fissures importantes du corps de chaussée et tassements des accès aux ouvrages.
RN 05A	3.8 km	14 m	Déstabilisation des remblais, fissures importantes du corps de chaussée et tassement des accès aux ouvrages.
RN 24D	9 km	7 m	Fissures importantes du corps de chaussée, affaissements, déstabilisation des remblais.
RN 12	27 km	14 m	Fissures importantes de la couche de roulement, tassements au niveau des ouvrages.
RN 29	35 km	7 m	Déstabilisation importante des remblais, fissures importantes.
CW 220	2.2 Km	7 m	Fissures importantes de la couche de roulement.
CW120	09 Km	7 m	Fissures importantes de la couche de roulement
CW146	04 Km	7 m	Fissures importantes de la couche de roulement



Les dégâts constatés sur les ouvrages d'art sont (DTP, 2003) :

- Déplacement latéral des tabliers de ponts et rupture de murets cache poutres (photo 08).
- Dégradation d'éléments structurants des ouvrages d'art (poutres piles, ..)
- Dégradation des équipements des ouvrages d'art (joints de chaussée, appareils d'appuis, dès d'appui.)
- Fissures de différents degrés au droit des diverses parties des ouvrages (piles, culées, chevêtres...)

Ceci dit, aucun ouvrage n'a été mis hors service et aucune limitation de charge pour permettre l'acheminement des secours n'a été instaurée. Le tableau suivant résume les différentes dégradations observées sur les ouvrages d'art :

Tableau n° 03 : Dégradations constatés sur les ouvrages d'art dans la wilaya.

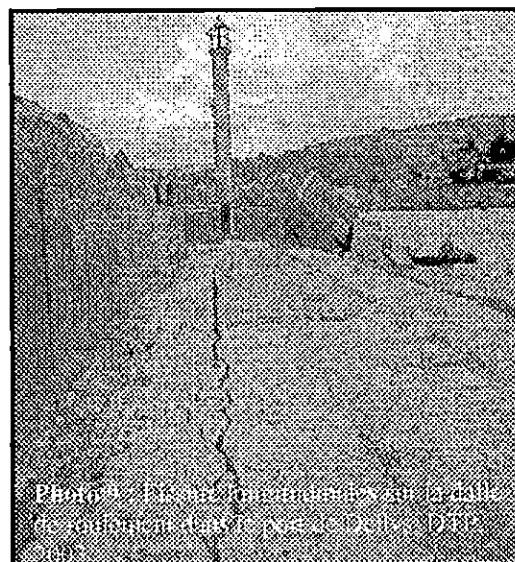
Nature dégradations	OUVRAGES SUR RN	OUVRAGES SUR CW	TOTAL OUVRAGES
Dégradations importantes	08	01	09
Dégradations moyennes	05	05	10
Dégradations des équipements	15	06	21
Aucune dégradation majeure	51	12	63
TOTAL	79	24	103

Source : DTP, 2004.



Quant aux infrastructures maritimes (port de Dellys et de Zemmouri), les principales dégradations observées sont (DTP, 2003) :

- Plusieurs fissures au niveau des terres pleins
- Tassements, fissures et casse des dalles de béton et chemins de roulement (photo 09)
- Ecartement des joints entre dalles
- Désorganisation des dalles de la cale de halage
- Tassements d'appontements



3.2. Visualisation sur SIG :

Sur le SIG ici présenté, on ne peut visualiser que les dégâts sur le réseau routier de la wilaya. Pour le faire sur les ouvrages d'art, il aurait fallu au moins tous les positionner dans une carte et les identifier. Ce travail n'a pas été fait faute de temps. On ne pourra donc que voir les impacts sur les routes. Ces impacts ont été stockés dans un champ ajouté à la table du réseau routier de la wilaya (Fig. 16). Ainsi, la carte n° 17 a été tirée.

Il est à signaler que si les points de repère sur le réseau routier (appelés PK sur RN et PR sur CW) avaient été vectorisés, on ne ferait ressortir que les tronçons affectés par le séisme. Ces points de repères n'ont pas été trouvés même dans les cartes de 25 000^{ème} de l'I.N.C.T.

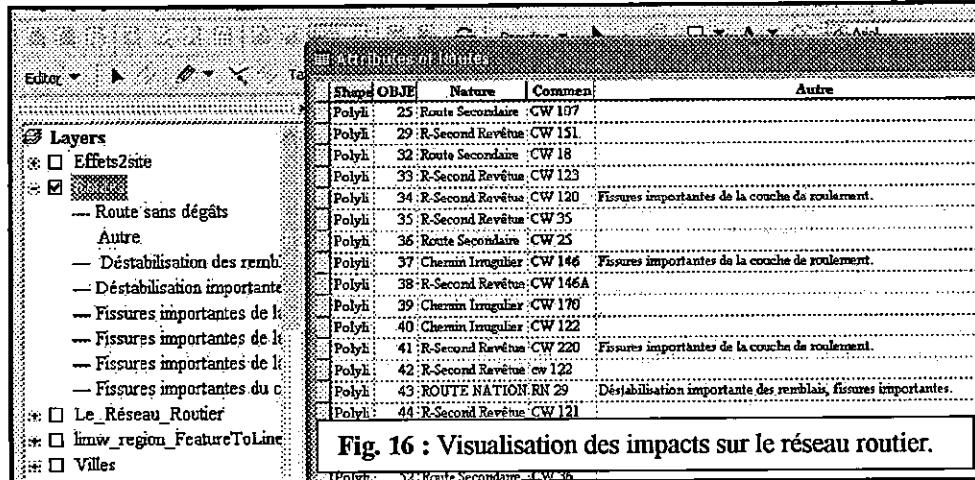
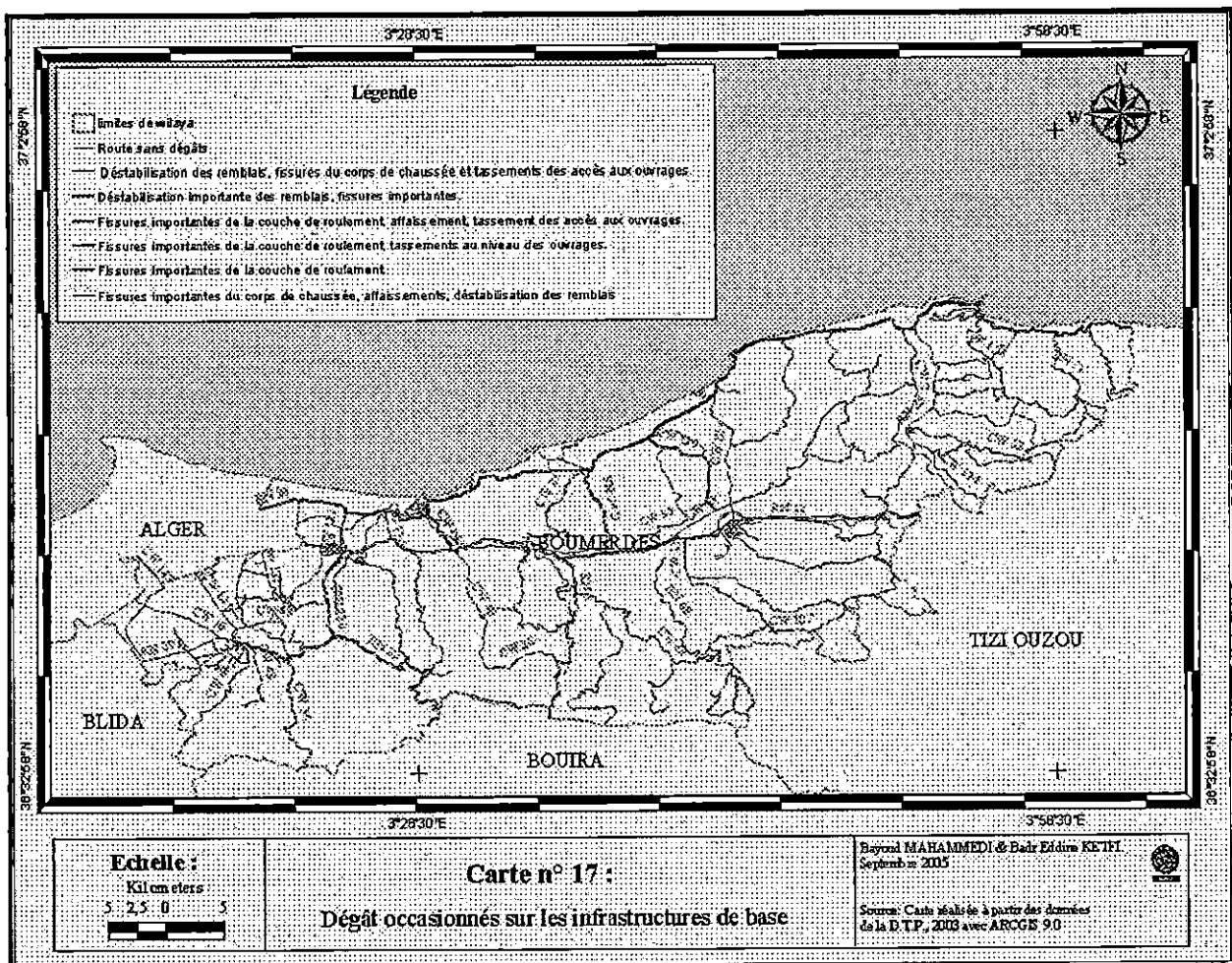


Fig. 16 : Visualisation des impacts sur le réseau routier.



4. Impact sur l'urbanisme de la wilaya :

L'urbanisme a été le secteur le plus affecté par le séisme du 21 mai. Les habitats collectifs et individuels ont été sévèrement touchés ainsi que les équipements publics.

4.1. Habitats collectifs et individuels :

4.1.1. Dégâts recensés :

Le parc logement de la wilaya s'élevait au 31/12/2002 à 112 643 logements collectifs et individuels pour 710 024 habitants. Sur toute la wilaya, 84 549 habitats ont été expertisés par les services du C.T.C. du 21 mai au 30 juin 2003. 1 867 d'entre eux se sont effondrés, 7 917 classés rouge et 8 922 Orange 4. Les communes les plus affectées sont celles de Boudouaou, Boumerdès et Corso (DLEP, 2004). Les critères des classements du C.T.C. sont présentés dans l'annexe IV.

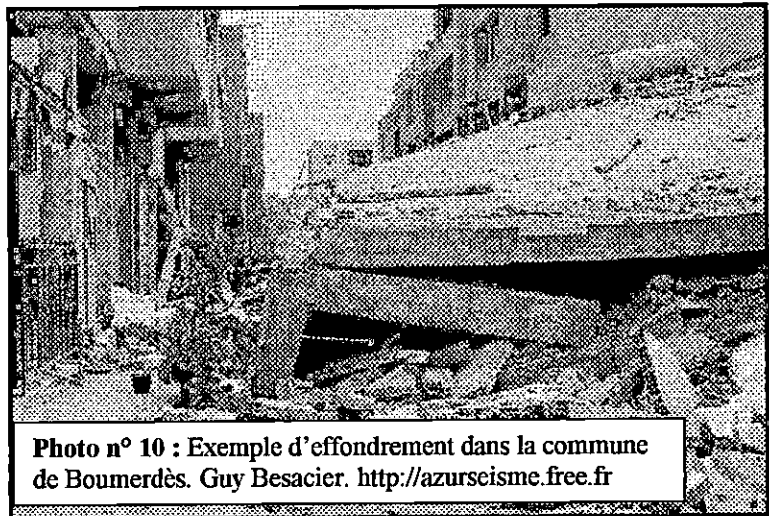


Photo n° 10 : Exemple d'effondrement dans la commune de Boumerdès. Guy Besacier. <http://azurseisme.free.fr>

Il est à signaler que sur toute la wilaya, 7,93 % du parc logement s'est effondré ou a été classé rouge (à démolir).

4.1.2. Visualisation sur SIG :

Une classe d'entités a été créée pour contenir les statistiques du C.T.C. Elle est détaillée par commune et contient le nombre d'habitat collectif et individuel classé du Vert 1 à Effondré (Fig. 17).

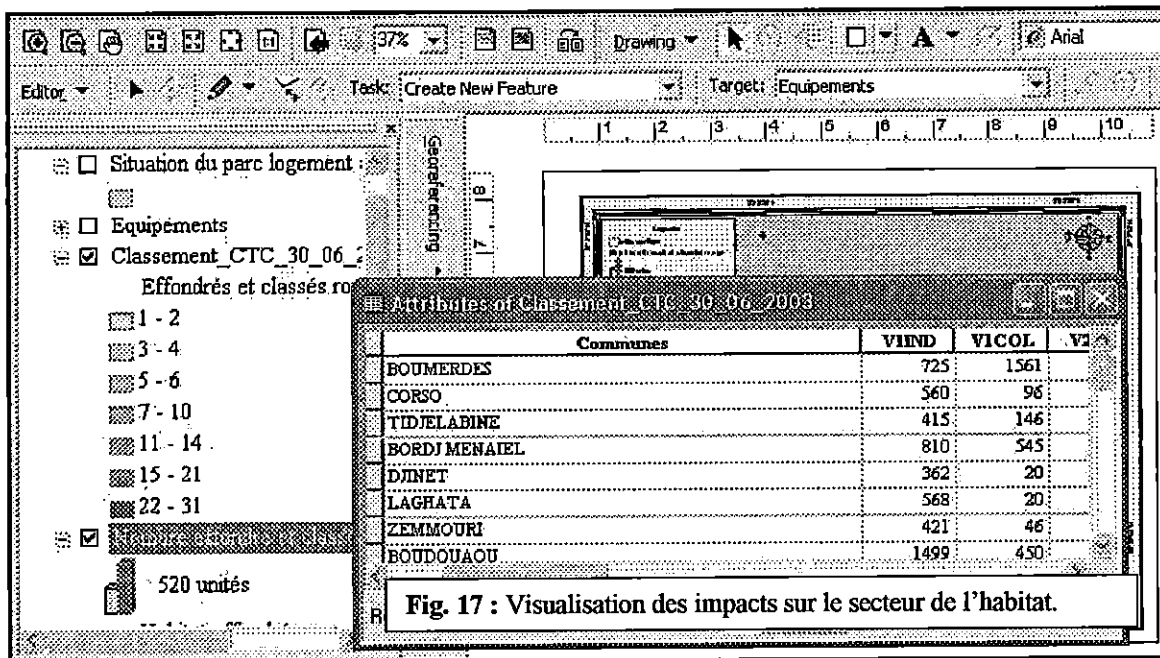
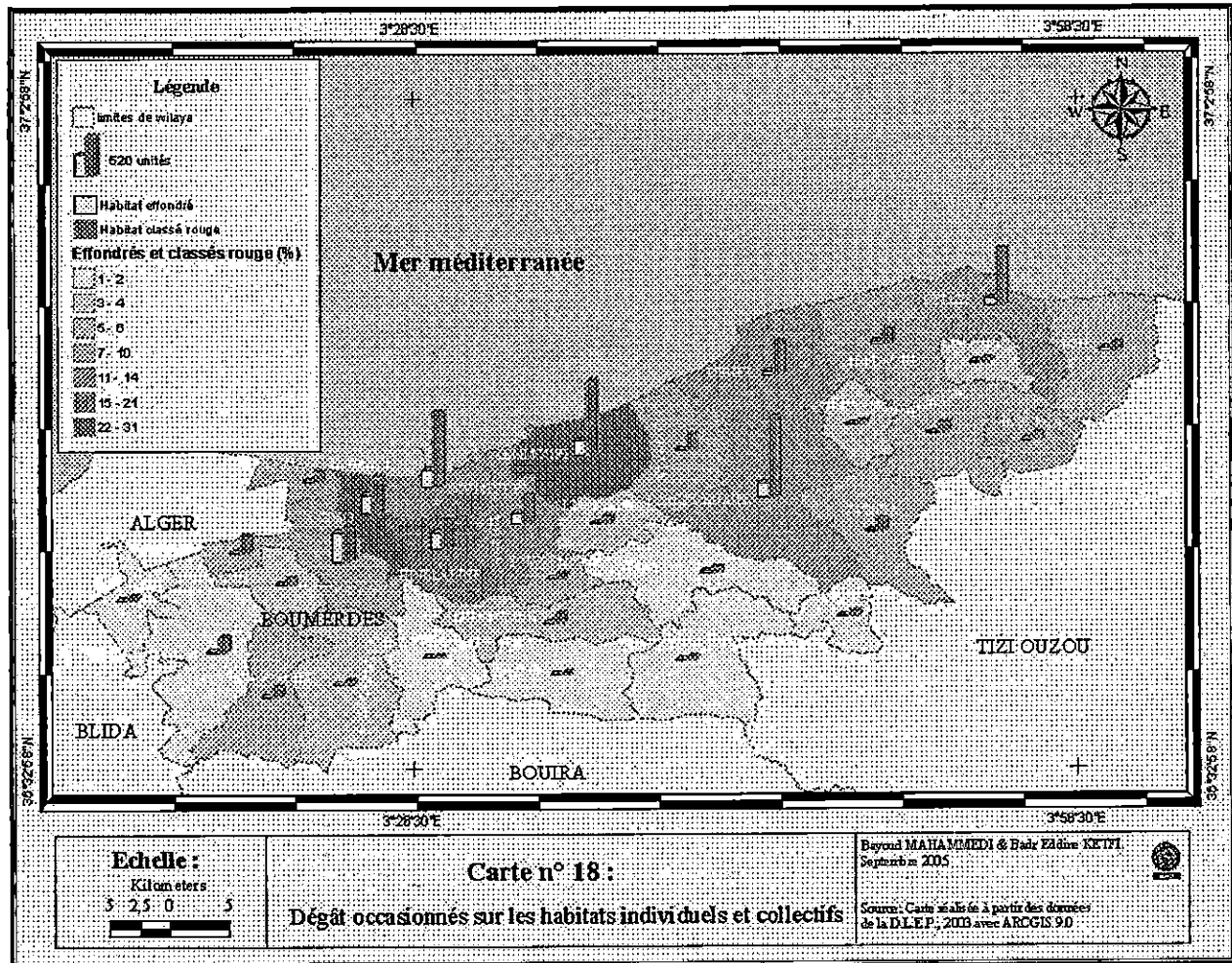


Fig. 17 : Visualisation des impacts sur le secteur de l'habitat.

Cette classe d'entité permet d'avoir la carte n° 18 ci-après.



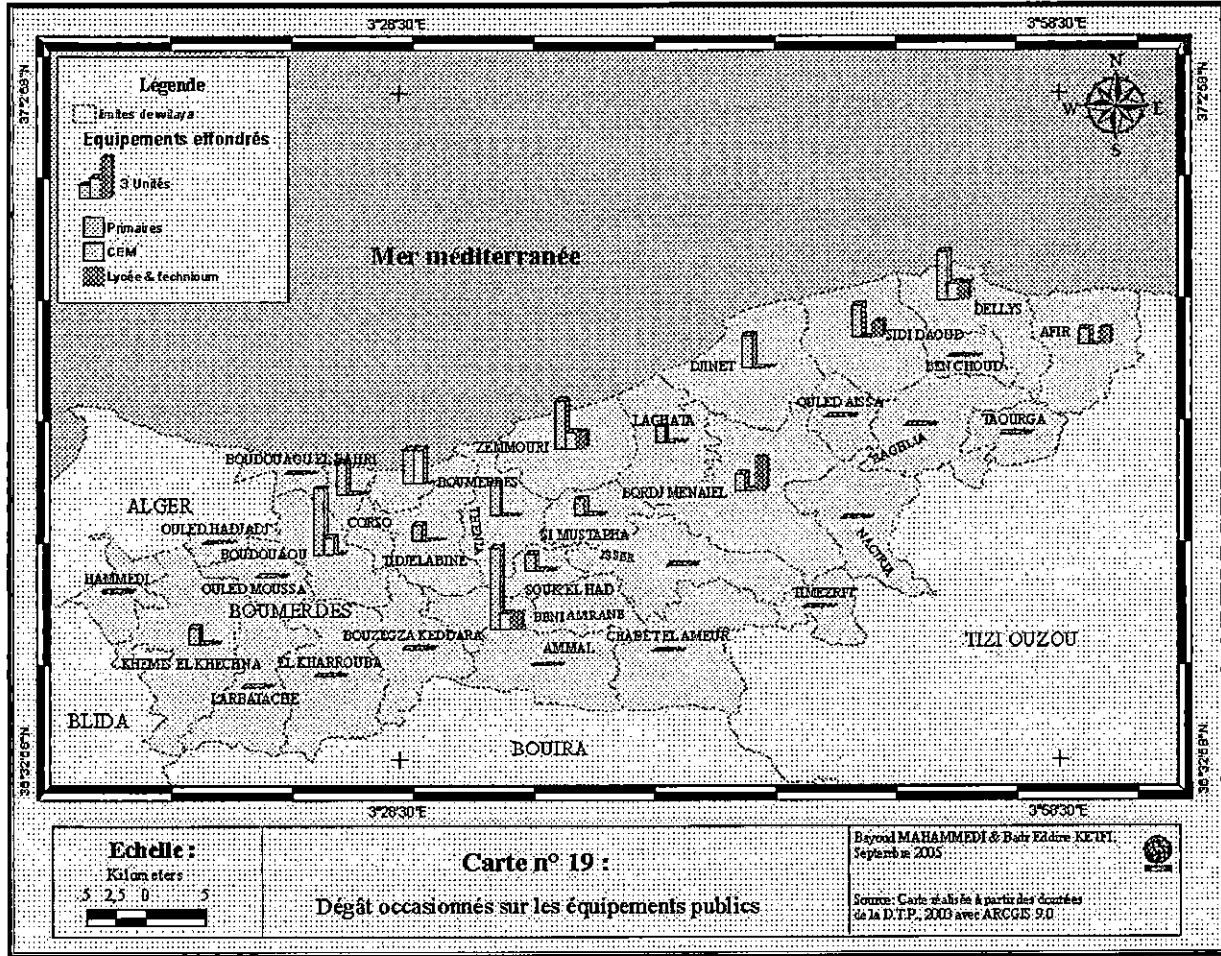
4.2. Les équipements publics :

4.2.1. Dégâts constatés :

Les équipements les plus touchés sont celles du secteur de l'éducation. Au total, 32 primaires se sont effondrés dans toute la wilaya, 6 CEM et 7 lycées. Le secteur de la santé a enregistré l'effondrement de 3 salles de soins à Zemmouri et à Corso et 05 blocks de soins à l'hôpital de Thénia. Les équipements administratif et de sûreté ont eux enregistré l'effondrement d'un centre des postes et télécommunication à Zemmouri, un tribunal à Bordj Ménail et le centre de gendarmerie de Corso. Les autres secteurs n'ont eu que des dégâts relativement légers.

4.2.2. Visualisation sur SIG :

De même que pour les impacts sur l'habitat, une classe d'entités a été créée pour les équipements publics et contient les dégâts occasionnés par le séisme du 21 mai. La carte n° 19 est tirée de cette classe d'entités.

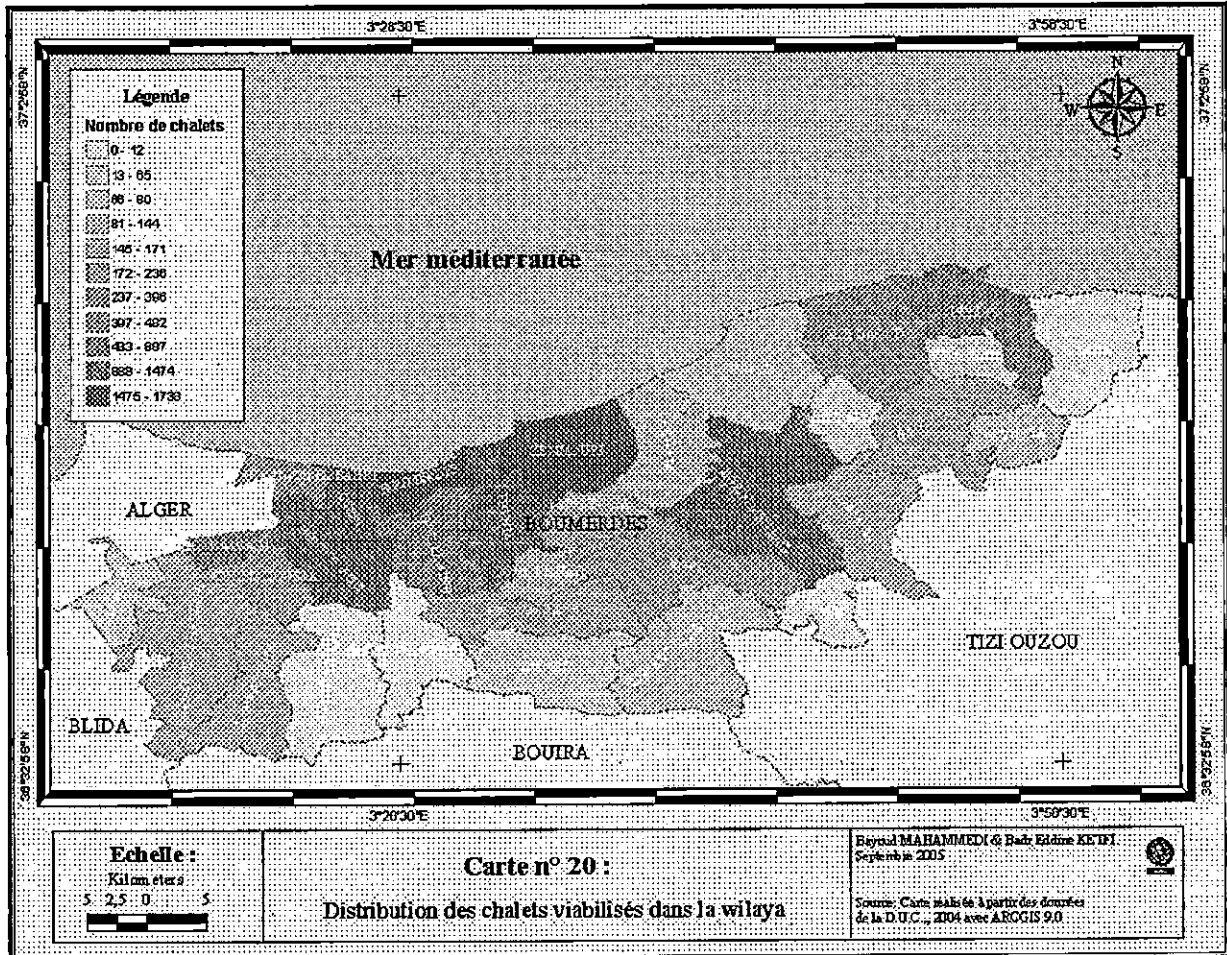


4.3. Les sites viabilisés :

Le séisme a laissé un nombre important de personnes sans abris. L'Etat s'est vu obligé de mettre en place et de viabiliser des sites de chalets pour loger les sinistrés du séisme. Quelque 14 785 chalet a été mis en place à travers 100 sites viabilisés dans 29 communes de la wilaya. Leur superficie totale atteint les 341 ha.



Pour visualiser cet impact, une classe d'entités a été créée. Elle contient le nombre de chalets réalisés par commune ainsi que le nombre de sites et leurs superficies. Avec cette classe d'entités, la carte n° 20 est tirée.

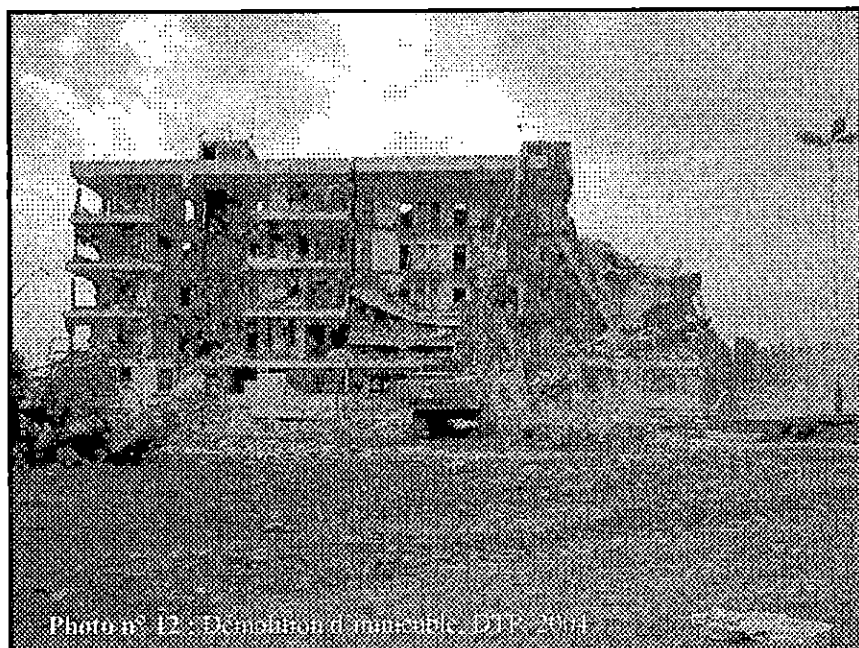


5. Impacts sur l'environnement :

5.1. Constats :

Le principal impact sur l'environnement de la wilaya est celui des gravats des structures effondrées et démolies.

Quelques 1 839 000 M³ de gravats ont été déchargé dans plus de 14 décharges créées à cet effet (carte n° 21). Ceci a nécessité l'engagement de 110 entreprises dont 15 publiques.



5.2. Visualisation sur SIG :

Pour visualiser cet impact, une classe d'entité « décharges » a été créée. Elle contient des informations sur la décharge et sur les quantités déchargées (Fig. 18). Avec cette couche, la carte n° 21 peut être éditée.

Remarque :

Il existe d'autres impacts sur l'environnement, comme par exemple, des rejets urbains qui se déversaient en mer et que le soulèvement de la côte a découvert. Ce genre d'impacts ne peut être visualisé que si une cartographie du réseau d'assainissement est établie.

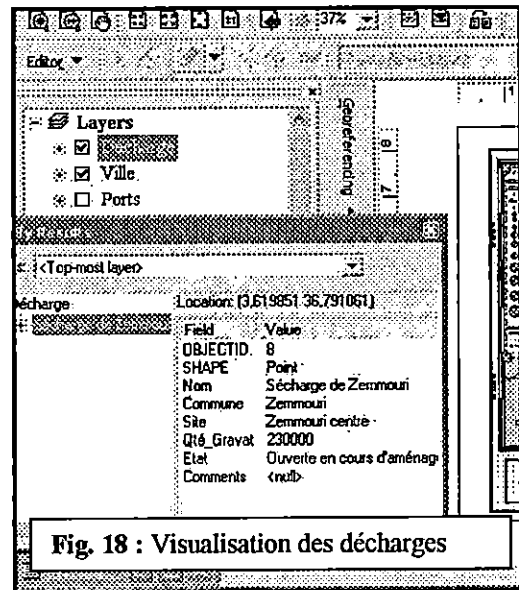
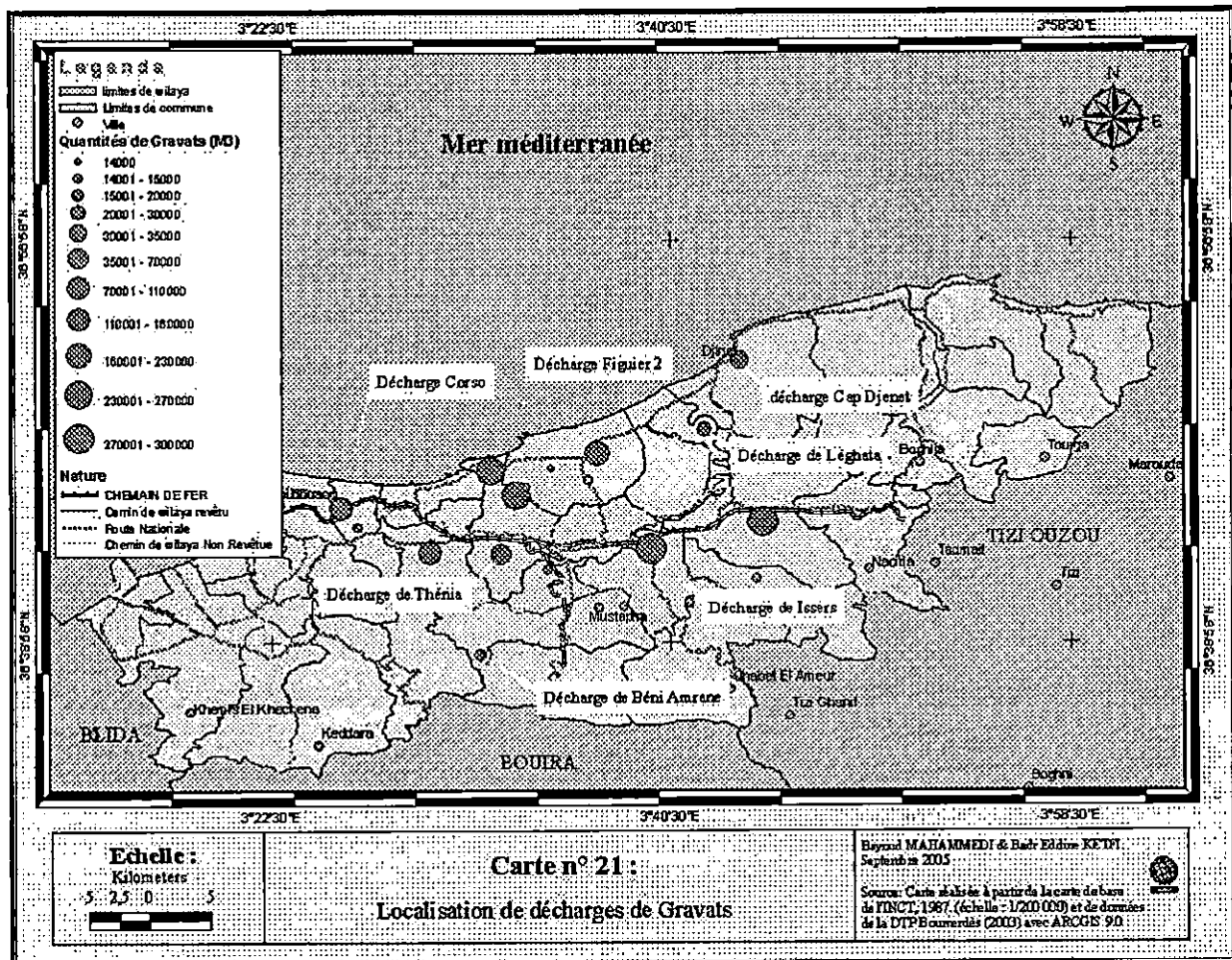


Fig. 18 : Visualisation des décharges



6. Impacts sur le secteur du tourisme :

6.1. Impact Sur les établissements d'hébergement :

Les dégâts estimés sur ces établissements se monte à 85 803 502,03 DA. Deux hôtels se sont effondrés : hôtel SALEM et hôtel BENYOUNES. Six établissements ont été classés vert 2 par le CTC, deux orange3 et deux orange 4. Le tableau ci-après détaille les dégâts par commune et par établissement.

Tableau n° 04 : Dégâts subits par les établissements d'ébergement.

Commune	Nom de l'établissement	Type	Capacité	Classement CTC	Estimation
Boudouaou	Hôtel « mon hôtel »	Urbain	55 lits	Vert 2	100 000,00
	Hôtel « El Wiaam »	Urbain	42 lits	Vert 2	100 000,00
	Hôtel « El Fath »	Urbain	36 lits	Vert 2	100 000,00
	Hôtel "SALEM"	Urbain		Effondré	23 000 000,00
Boumerdès	Complexe « Soummam »	Urbain / balnéaire	350 lits	Vert 2	1 000 000,00
	Hôtel « Timezrit »	Urbain / balnéaire	80 lits	Orange 3	470 000,00
	Complexe « Le rocher »	Urbain / balnéaire	130 lits	Orange 4	8 370 000,00
Tidjelabine	Relais Tidjelabine	Urbain	36 lits	Orange 4	10 664 271,03
Zemmouri	Village Sidi Athmane	Balnéaire	250 lit (50 bungalows)	Vert 2	200 000,00
	Complexe LOTUS	Balnéaire	400 lits	Orange 3	40 299 231,00
	Camping caravaning « El Khiam »	Balnéaire	1320 lits (100 tentes, 13 bungalows, 4 studios et 1 villa)	Vert 2	1 500 000,00
	Hôtel "BENYOUNES"			Effondré	
TOTAL			2699 lits		85 803 502,03

Source : Direction du tourisme de la wilaya de Boumerdès

Les projets en cours de réalisation à la date du 21 mai 2003 ont eux aussi subit des dommages. Sur les dix huit projets, deux se sont complètement effondrés, quatre ont été classé orange 3 et six, vert 2. La valeur estimée de ces dégâts s'élève à 416 267 600,00 DA. Le tableau ci-dessous les détaille.

Tableau n° 05 : Dégâts subits par les projets en cours de réalisation (DTA Boumerdès, 2003).

Communes	Promoteur	Classement CTC	Valeur estimée des dégâts (DA)
Dellys	Ahmed REKIK	Orange 3	1 000 000,00
Dellys	Hmoud MEGDOUBA	Orange 3	-----
Dellys	Didouche HAMMADI	Vert 2	-----
Djenet	Med Sghir HAOUAS	Vert 2	1 500 000,00
Djenet	Mohamed FAHEM	Vert 2	200 000,00
Zemmouri	Omar ADIM	EFFONDRE	291 640 000,00
Zemmouri	Abdellah LARDJANE	Orange 3	200 000,00
Zemmouri	T.V.A.	-----	100 000,00
Boumerdès	Abdelkader RAHOUM	-----	200 000,00
Boumerdès	Ahmed CHALLAL	Vert 2	2 000 000,00
Boumerdès	Said AGAR	-----	500 000,00
Boumerdès	Boualem TAHKOUT	Orange 3	1 000 000,00
Boumerdès	Mohammed GANA	-----	6 000 000,00
Boudouaou	Lakhdar FLISSI	EFFONDRE	41 927 600,00
Boudouaou	Moussa ZORGANE	-----	70 000 000,00
Boumerdès	Bouzid SAIDI	-----	-----
Boumerdès	Ali KHAL	Vert 2	-----
Boumerdès	Hocine CHOUBANE	Vert 2	-----
Total			416 267 600,00

6.2. Visualisation sur SIG :

Une classe d'entités a été créée à cet effet (Fig. 19). Elle contient le nom et la capacité de chaque hôtel ainsi que son classement par le CTC. Elle est utilisée avec la couche des limites administratives et du réseau routier pour éditer la carte n° 22 ci-après présentée.

Remarque :

Le secteur du tourisme ne se résume pas à des hôtels, il y a aussi des agences de tourisme et de voyages et des offices de tourisme qui ont été touchés. On ne dispose pas de données sur ces structures ni sur l'activité touristique de la wilaya avant ou après le séisme.

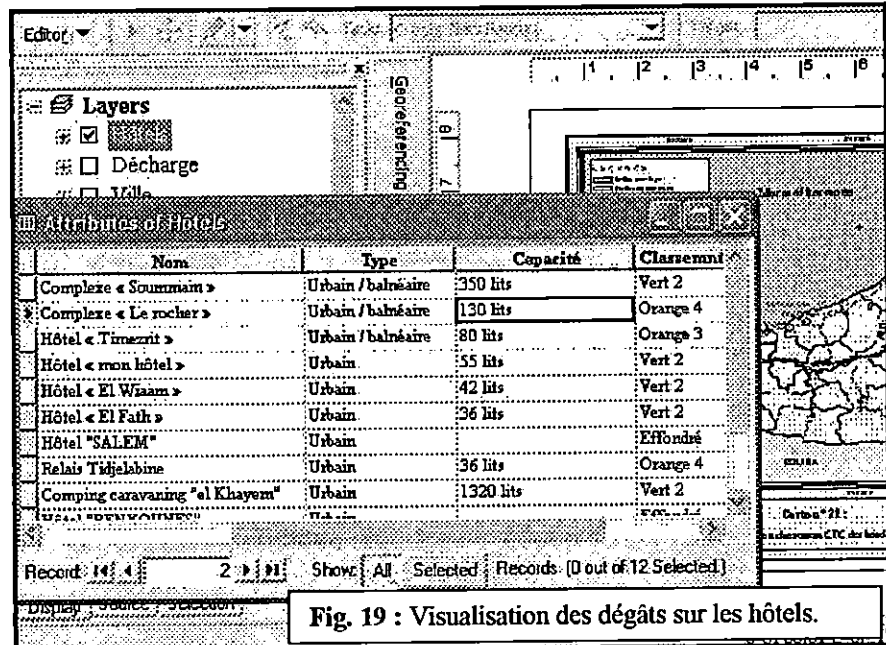
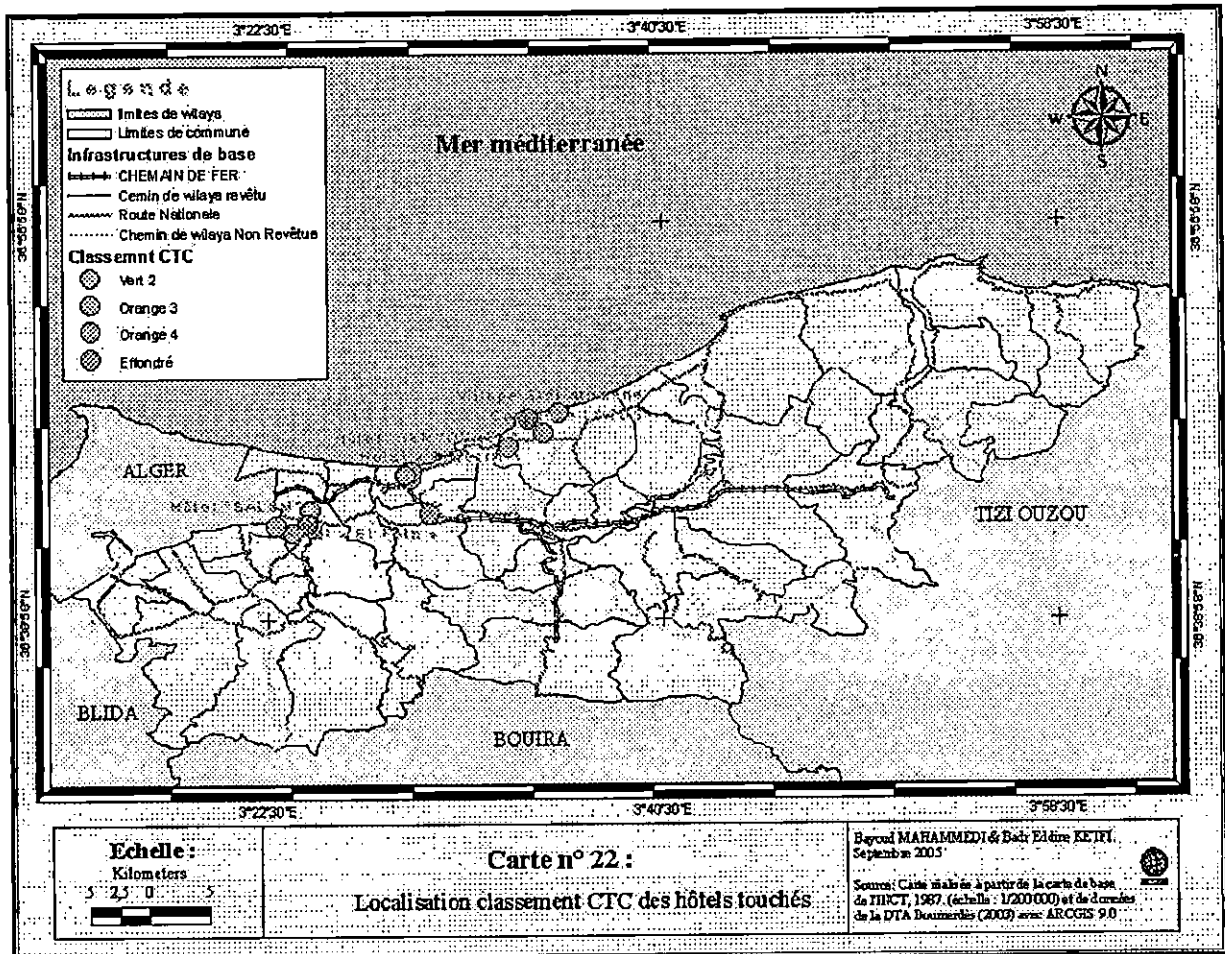


Fig. 19 : Visualisation des dégâts sur les hôtels.



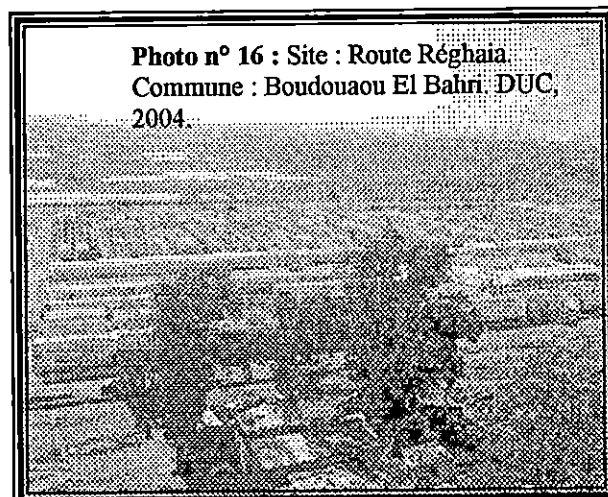
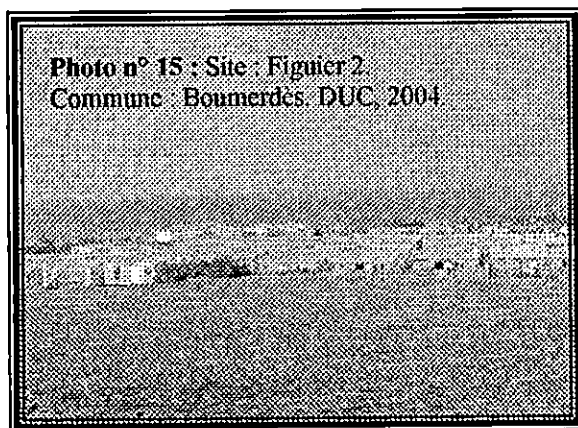
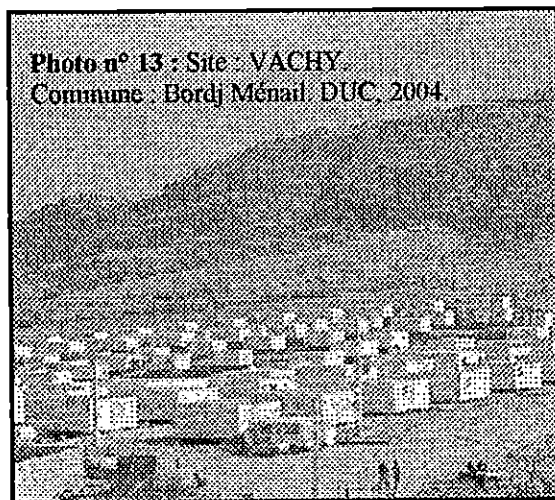
7. Impacts sur l'agriculture, l'industrie et le commerce de la wilaya :

7.1. L'agriculture :

7.1.1. Constats :

Il n'y a pas de données précises sur les effets de ce séisme sur l'agriculture de la wilaya. Un séisme ne touche que des structures construites et le secteur de l'agriculture ne possède pas de structure susceptible d'être endommagé. Les seuls bâtis sont ceux destinés à l'élevage et ils n'ont pas été sérieusement touchés selon le directeur de l'agriculture de la wilaya de Boumerdès.

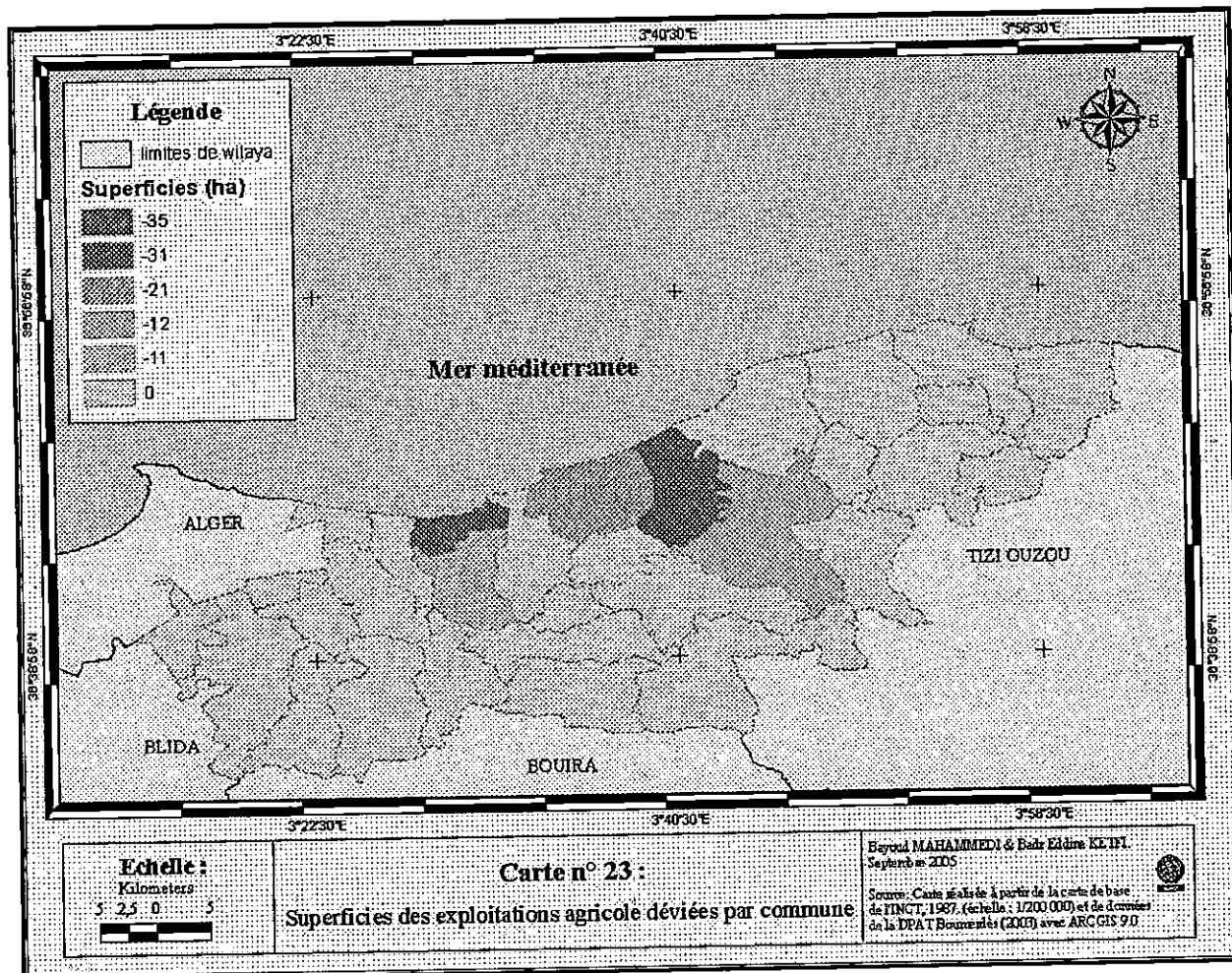
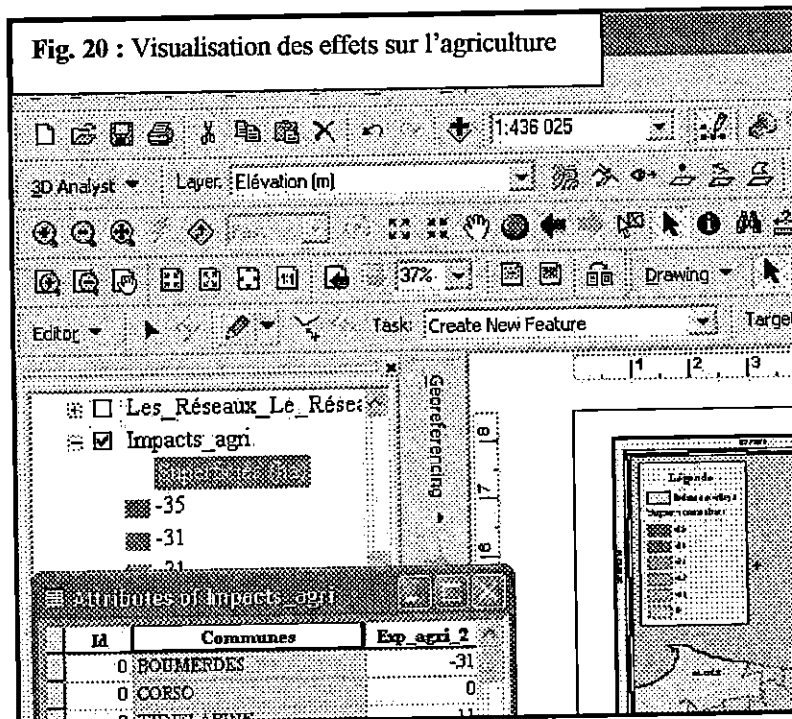
Ceci dit, bien qu'il soit indirect, au moins un impact est visible à l'œil nu : l'implantation de bon nombre de sites de chalets sur des terres à vocation agricole (Photos 13, 14, 15 et 16). Comme il n'existe aucune information sur la superficie des terres déviées de leur vocation agricole, une approche statistique a été essayée. Elle consiste à comparer la superficie des exploitations agricoles au 31/12/2002 et celle au 31/12/2003.



Cette approche a conduit à une estimation de 110 ha de terres agricoles manquantes qui pourraient avoir été déviées au profit des sites de chalets (carte n° 23) sur toute la wilaya.

7.1.2. Visualisation sur SIG :

Une classe d'entité a été là aussi créée à l'aide de laquelle la carte n° 23 a été éditée. Elle contient la différence entre les exploitations agricole au 31/12/2002 et celles au 31/12/2003 (Fig. 20).



7.2. Impacts sur l'industrie et le commerce :

Ces deux secteurs sont un peu lésés dans ce SIG car on ne dispose pas de données sur eux. Toujours est-il que ces deux secteurs ont été fortement secoués par le séisme du 21 mai à l'image de ces silos de l'ERIAD à Corso.

Les impacts sont non seulement sur les structures bâties, mais aussi sur le manque à gagner qu'a occasionné ce séisme.

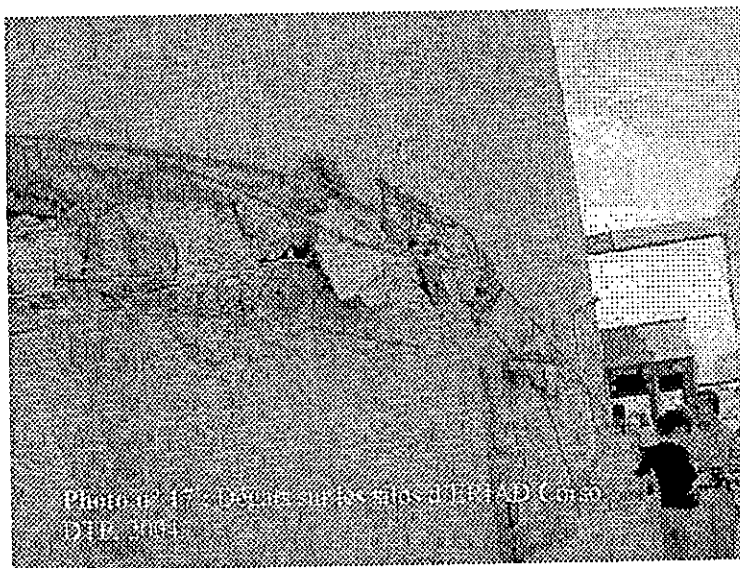


Photo n° 17 : Dégâts aux silos de l'ERIAD Corso
21/05/2003

8. Conclusion du chapitre :

La wilaya de Boumerdès a été profondément affectée par le séisme du 21 mai 2003. Les impacts sont innombrables et touchent tous les secteurs d'activité. Les dégâts calculables ont été recensés et intégrés dans le SIG de la wilaya, ils sont consultables à partir de la base de données à l'aide de requêtes SQL.

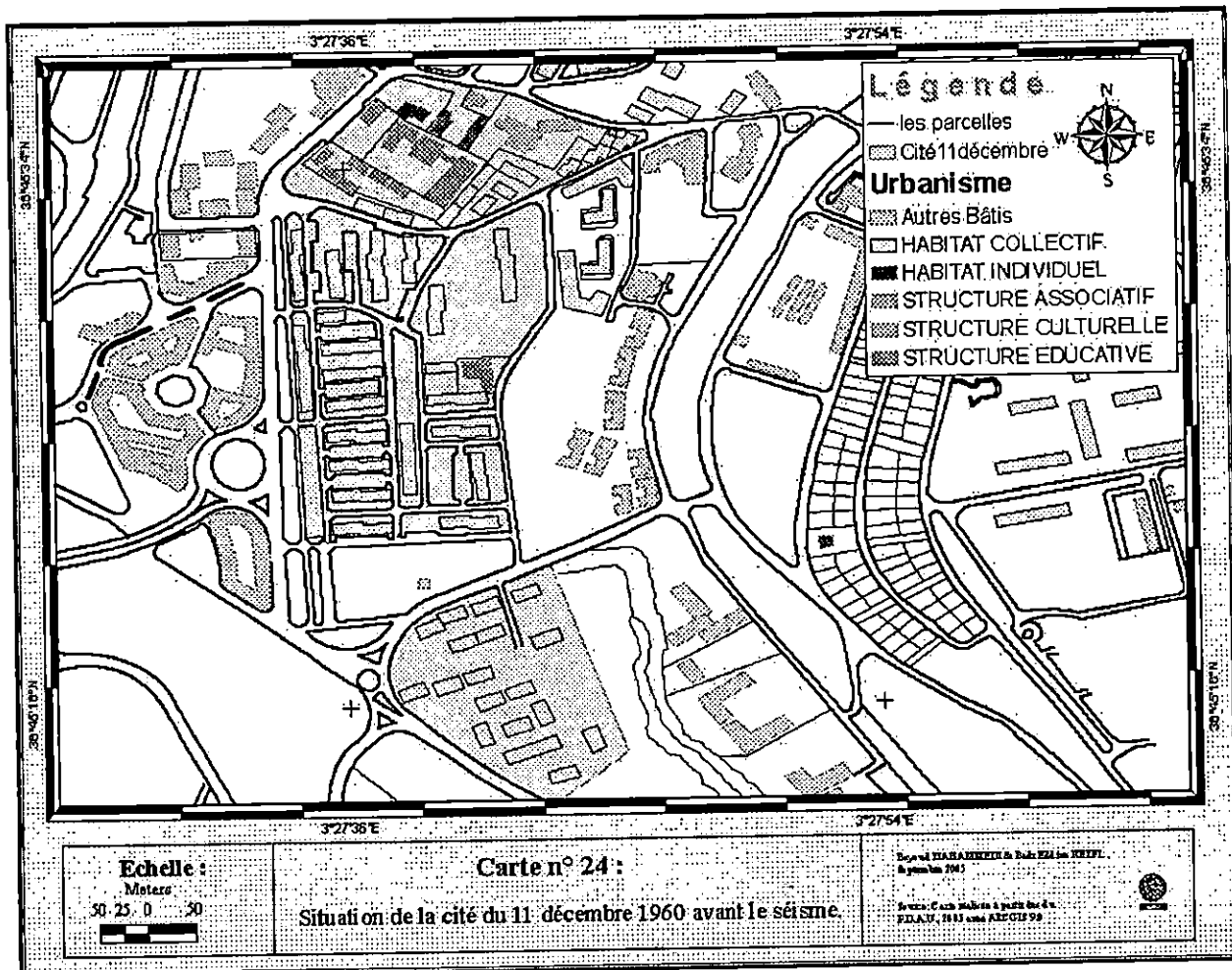
CHAPITRE V : UTILITE DU SIG SUR LA COMMUNE DE BOUMERDES

Dans ce dernier chapitre, on essaiera de mettre en évidence l'utilité du SIG réalisé sur la commune de Boumerdès. Les étapes de l'estimation des dégâts et de gestion des effets seront détaillées.

1. Le SIG de la commune de Boumerdès :

Ce SIG est un exemple pour toute la wilaya de Boumerdès. Si une telle base de données existait pour toute la wilaya et nous était accessible au début du mémoire, l'estimation des dégâts occasionnés aurait été plus précise, plus juste. Cette base de données permet même la gestion des effets du séisme. Pour étayer ceci, une simulation est présentée d'un séisme qui toucherait la commune et provoquerait des effondrements et des sinistrés. On prendra l'exemple sur la cité du 11 décembre 1960 qui a enregistré des effondrements lors du séisme du 21 mai 2003.

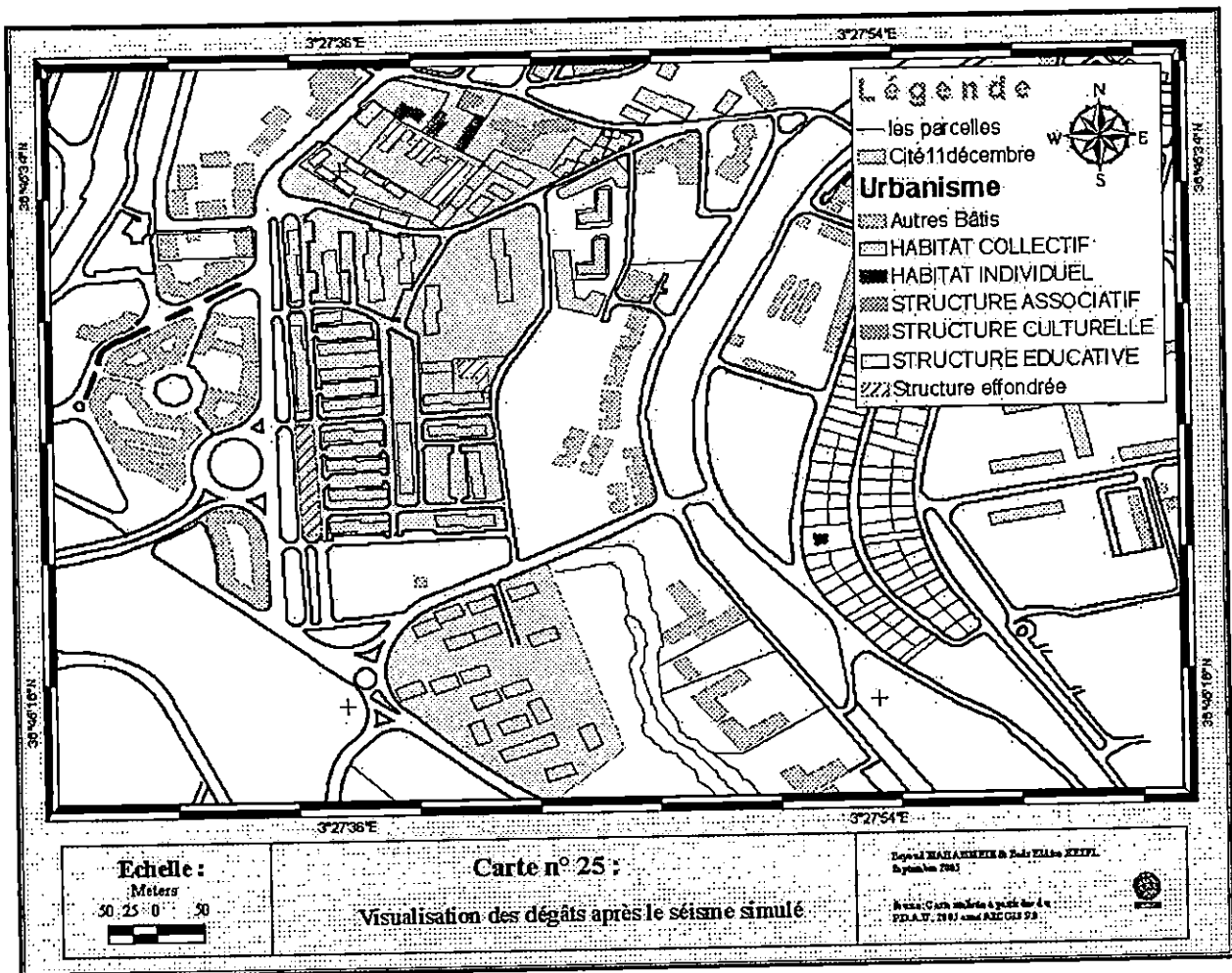
Voici l'état de la cité avant le séisme simulé, c'est l'état actuel (carte n° 24).



Supposons qu'un séisme soit survenu et que des structures se soient effondrées. Pour savoir quelles sont ces structures, deux méthodes doivent être utilisées :

- Une image satellite de quickbird (résolution 63 cm) ou des photographies aériennes : c'est le moyen le plus rapide, le temps nécessaire à l'estimation est réduit ;
- Sortie sur terrains qui est le moyen le plus précis.

Admettons que c'est les structures montrées dans la carte 25 ci-après :



Avec de simples requêtes SQL, on pourra dire ce qui suit :

- L'école primaire Hocine BEHLOUL et le CEM Rabah RAHIL se sont effondrés
- Les bâtiments n° 51, 52, 53, 54 et 55 de la cité se sont effondrés. Chaque bâtiment avait 04 étages et comportait 08 appartements. Un total de 40 appartements serait détruit ainsi que les 44 commerces qu'il abritait.

40 appartements effondrés signifient 40 familles sinistrées qu'il faudra loger. La carte n° 26 permettra de trouver les terrains susceptibles d'être utilisés en se servant de la couche du potentiel foncier. On pourra coupler ceci avec les couches des réseaux d'AEP, électricité, gaz etc. pour affiner le choix (Fig. 21).

Cela n'est qu'un exemple de ce que ce SIG peut faire, ses applications sont nombreuses et nécessaire beaucoup d'explications qui ne peuvent être présentés dans ce présent mémoire.

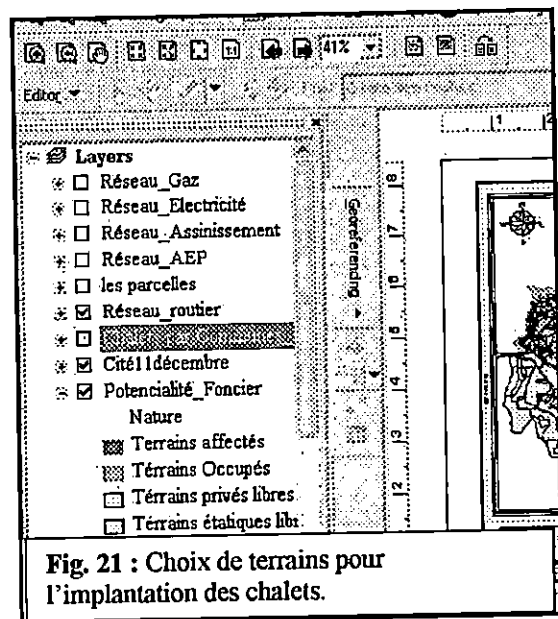
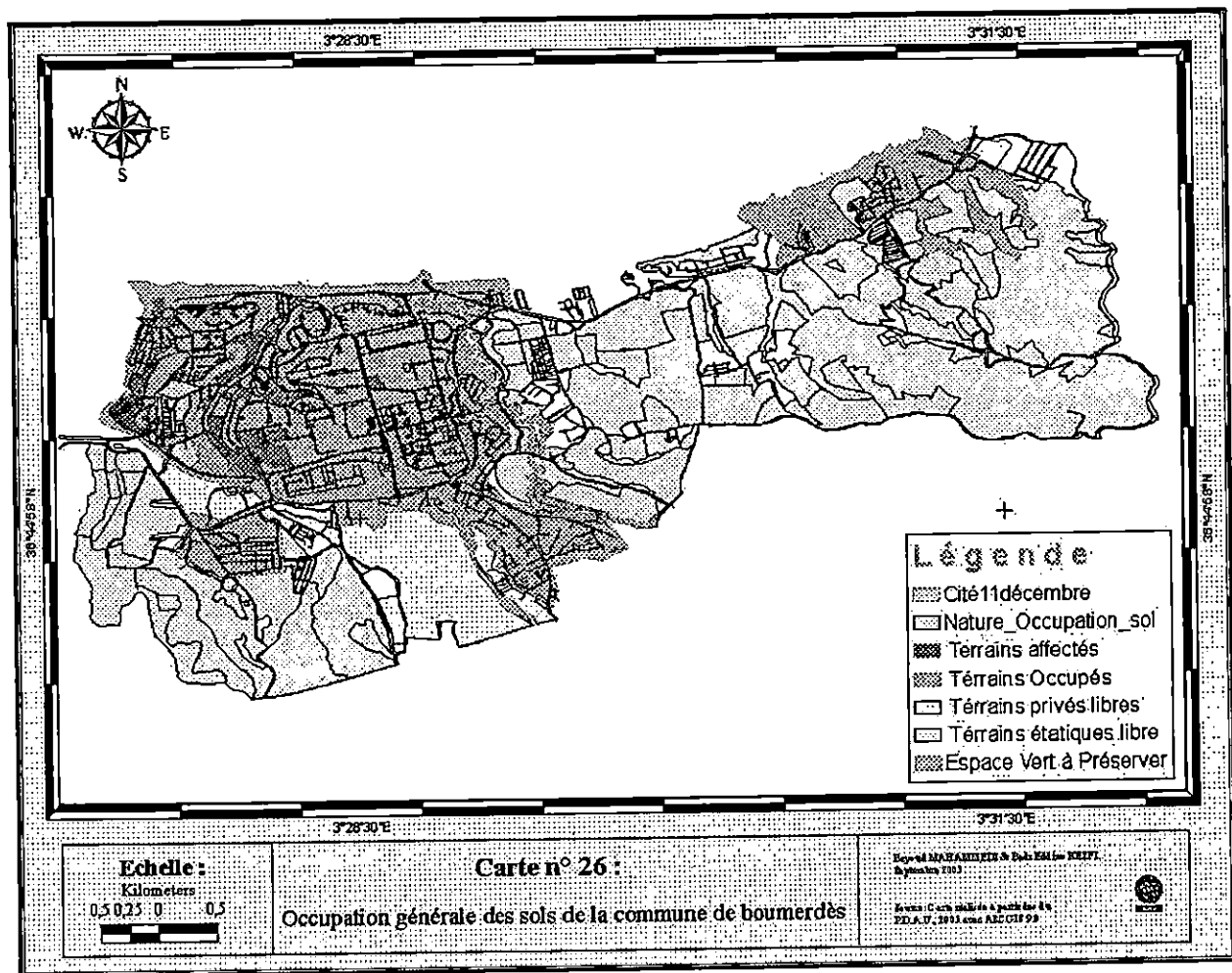


Fig. 21 : Choix de terrains pour l'implantation des chalets.



2. Conclusion du Chapitre :

Le SIG réalisé pour la commune de Boumerdès contient énormément de données qui peuvent servir dans l'estimation des dégâts occasionnés par un séisme sur la commune. Ils peuvent même aider dans la gestion de ses impacts. L'exemple a été pris ici avec la cité du 11 décembre, on peut facilement étendre son application sur toute la commune puis la wilaya. Ceci dit, ces données nécessitent d'être organisées et mises à jour régulièrement.

CONCLUSION GENERALE :

Il y a désormais une conscience qu'il faut prévenir des risques majeurs car ils ne peuvent être évités. Une wilaya comme celle de Boumerdès, située dans une zone tectonique active, est l'une des principales concernées. De plus, sa vocation agropastorale et touristique doit être préservée et mise en valeur même en cas de catastrophe naturelle.

Le séisme du 21 mai 2003 a touché pratiquement tous les secteurs et fait des dégâts estimés à des milliards de dollars. Il a fait tant de sinistrés que plus de 14 700 chalet furent implantés pour les loger. Il a provoqué des dégâts sur les infrastructures de base, les équipements publics, les installations industrielles et les commerces. Une estimation exacte de tous ces effets est quasiment impossible à l'heure actuelle car on ne possède pas les moyens de l'avoir.

Ces moyens sont les outils d'aide à la décision et les SIG réalisés au cours de ce mémoire en font partie. L'utilité de se doter de tels outils n'est plus à démontrer. Le développement durable repose sur des choix judicieux qui ne pourront être fait que si tous les éléments des problèmes posés sont exposés et ces outils les rassemblent et les présente de manière claire et on ne peut plus ergonomique.

Ceci dit, en Algérie, cette culture du SIG commence à peine à faire son chemin dans les esprits des décideurs, on ne voit bien pas encore son utilité. De plus l'information géographique est très rare, très chère et souvent de mauvaise qualité. Un grand travail reste à faire dans ce sens pour espérer tendre vers la durabilité. Il faut que tout le territoire national soit cartographié au moins à l'échelle de la commune et cela nécessite l'implication et l'engagement de tous les acteurs et de tous les secteurs sous une référence spatiale commune. C'est est un travail de très longue haleine.

BIBLIOGRAPHIE :

AFPS, 2003. LE SÉISME DU 21 MAI 2003 EN ALGÉRIE. Rapport préliminaire de la mission AFPS Organisée avec le concours du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable de la république française (MEDD/DPPR/SDPRM):

Algiers", 2nd National Colloquium on Earthquake Engineering, Algiers, Algeria.

Aoudia A., *Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria*, Journal of Seismology, 4 (2000) 79-98.

Argus, D.F., Gordon, R.G., DeMets, C., Stein, S., 1989, Closure of the weni-Eurasia-North America plate motion circuit and tectonics of the Glauria fault. *J. Geophys. Res.* **94**, 5585–5602.

Ayadi, A., et al. (2003), A. Ayadi, S. Maouche, A. Harbi, M. Meghraoui, H. Beldjoudi, F. Oussadou, A. Mahsas, D. Benouar, A. Heddar, Y. Rouchiche, A. Kherroubi, M. Frogneux, K. Lammali, F. Benhamouda, A. Sebaï, S. Bourouis, P. J. Alasset, A. Aoudia, Z. Cakir, M. Merahi, O. Nouar, A. Yelles, A. Bellik, P. Briole, O. Charade, F. Thouvenot, F. Semane, A. Ferkoul, A. Deramchi, & S. A. Haned, 2003. Strong Algerian Earthquake Strikes Near Capital City. *Eos Trans AGU*, Vol. 84, No. 50, 16 December 2003. 161 – 168 pp.

Bendimerad, F., 2000, "Building an Earthquake Disaster Management Program for a Megacity Like Bannouar. D., (1994), Materials for the investigation of the seismicity of Algéria and adjacent regions during the twentieth century. *Annali di geofisica*, Volume XXXVII, N°4, July 1994, 860 pp.

Boudiaf A., (1996), Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie, (Algérie) : Utilisation des modèles numériques de terrains, (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives ; contribution à l'évaluation de l'aléa sismique, *Thèse de Doctorat*, Univ. Scien. Tech. Languedoc, France, 274 pp.

Boudiaf, A., J.-F. Ritz, and H. Philip (1998), Drainage diversions as evidence of propagating active faults: Example of the El Asnam and Thenia faults, Algeria, *Terra Nova*, 10(5), 236–244.

Bouhadad Y., N. Laouami, L. Kheidri, A. Bounif, D. Belhai, A. Nour, A. Slimani, S. Labres, S. Ziou, D. Machane, et E. H. Oubaiche, (2004), Sismotectonique de la région d'Alger-Boumerdes, (Algérie) : Le séisme du 21 Mai 2003, (Mw= 6. 8), *Mem. Serv. Géol. Alg.*, 12, 67-80.

Bounif A., C. Dorbath, M. Meghraoui, H. Beldjoudi, N. Laouami, M. Frogneux, A. Slimani, P. J. Alasset, A. Kharoubi, F. Oussadou, M. Chik, A. Harbi, S. Larbes and S. Maouche, (2004.), The 21 May, 2003, Zemmouri, (Algeria) earthquake Mw=6. 8 : Relocation and aftershock sequence analysis, *Geoph. Res. Lett.*, 31, L19606, doi:10. 1029/2004GL020586.

C. Collet et Ch. Hussy. Les systèmes d'information en géographie. Rapport et Recherches. Institut de Géographie, Fribourg.

C.G.S., 2003. Résultats préliminaires sur la caractérisation du séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 (choc principal). Dr Nasser LAOUAMI. Département aléa sismique. C.G.S., 2003.