

P0012/
05 B

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

Ecole Nationale polytechnique

Département d'Hydraulique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



Laboratoire de recherche des sciences de l'eau LRS-EAU

Mémoire d'ingénieur en Hydraulique

Sur le thème :

Approche par simulation Numérique d'un tronçon aval de L'oued Seybouse en Vu de la Protection de la ville Annaba contre les Inondations

Préparée par :
Mr AMARA Rabah

Encadrée par :
Mr Benziada . S

Promotion :2004-2005

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents, preuve de courage, patience et de dévouement, pour leur soutien moral et matériel dont j'ai bénéficié à chaque fois que j'en ai eu besoin, que Dieu les préserve.

A mes sœurs Ahlem et Anissa ainsi que mes chers frères : Khalil, Ahmed El Amine .

A la mémoire de mes grands parents hacene, ismail, taousse, rbiha ainsi que toute la famille Amara et Ben Zadi .

A tous mes amis en particulier : Chekh Abd Errahman, Samir, Faycal, abd El aziz, Hamid, Sofiene, Brahim, Ahcene, Ahmed, Rahmi, Abdou, Abd El Mouman, Hamza, amine.....

A tous mes amis de l'ENP

A toute la spécialité d'Hydraulique 2005.

A tous les agents de l'ENP : Mohamed, Madjid, Amer, khaled, Rabah, Yacine, Kamel et j'oublie pas Ami Salah .

REMERCIEMENTS

Ce modeste travail est réalisé grâce a Dieu et au concours d'un grand nombre de personnes qu'elles veuillent bien trouver ici l'expression de mes remerciements les plus sincères .

J'exprime tout particulièrement ma gratitude a :

* **Mr S.BENZIADA** , mon promoteur , que je remercie chaleureusement pour son suivi et ses excellentes orientations qui m'a énormément aidée au cours de la réalisation de ce mémoire .

Je tiens a remercier également :

* **Mr M.BELABAS** , qui a vraiment m'aidée dans le domaine du logiciel Mapinfo ,son oublié ces deux mis Omar et Yacine.

* **Mme ABDA** et **Mr hamid** , qui m'ont aidés le domaine des données .

Son m'oublié **SAID** le technicien du notre laboratoire .

عنا بة مدينة تطل على ساحل البحر الأبيض المتوسط تقع محاذية لوادي سيبوس لذلك فقد تعرضت لفيضانات كثيرة وحرصنا على استعمال تقنيات حديثة لمعرفة أماكن وقوع الفيضانات في جزء من وادي

سيبوس

في مرحلة أولى استعملت منهج للمعلومات الجغرافية لتحضير معطيات مرفولوجية الوادي التحليل الدقيق بوسائل آلية مختلفة للعرض أمكننا من استعمال هذه المعطيات كمدخل إلى مفتاح التنبؤ الرقمي هذا المفتاح بحل معادلات Saint Venant الثنائية البعد من أجل حصول على تطور السطح الحر ومجالات السرعة

إيجاد موقع السطح الحر يعتمد على الشروط الابتدائية والنهائية المطبقة في كل حالة

كلمات مفتاحية:

فيضانات، منهج المعلومات الجغرافية، التنبؤ الرقمي، الشروط الابتدائية والنهائية.

Résumé :

Annaba est une ville méditerranéenne, se situant à l'embouchure de l'oued Seybouse. Elle est sujette ainsi à de nombreuses inondations. Une application d'outils nouveaux pour évaluer les zones inondables à un tronçon de l'oued Seybouse a été effectuée. Dans une première étape, un système d'information géographique pour la préparation des données de la morphologie de l'oued a été utilisé. Un traitement pré processeur de ces données par différents outils de maillage automatisés, a permis de les utiliser comme entrée à un code de simulation numérique. Ce code résout les équations de Saint Venant 2D pour obtenir l'évolution de la surface libre et les champs de vitesse. La détermination de la position de la surface libre dépend des conditions initiales et aux limites appliquées à chaque cas.

MOTS CLES :

Inondation, système d'information géographique, simulation numérique, conditions initiales, conditions aux limites.

Abstract :

Annaba is a mediteranean city, situated in the monthpiece of Seybouse oued. So it it subjects on many inundations. An application knew tools to progress inundables regions, to a stump of Seybouse oued .Was been effectuated in a first stape a geographic information system for the preparation of morphologie's given of l'oued was been used .A preprocessor treatment of these givens by diffrent tools of automatised maillage, have permitted to use them as acces to a numerical simulation code.This code resolves the Saint Venant 2D equaatons in order to obtain the free surface's evolution and the speed's field. The determination of the free surface's position depends of initials conditions and appleyds limits in each cas.

Key words:

Inundation, geographic information system, numerical simulation, initials conditions and appleyds limits

SOMMAIRE

Avant propos

	Pages
Introduction	01
Chapitre I : Présentation du bassin versant	02
1. Situation géographique	02
2. Climat	03
3. Conditions climatiques	04
3.1. Les précipitations	04
3.2. La température	05
3.3. Les vents	06
4. Etude morphologique	06
4.1. Le relief	06
4.2. Caractéristiques morphologiques du Bassin Versant	06
4.2.1. Caractéristiques de disposition sur plan .	07
4.2.2. Caractéristiques de forme.	07
4.2.3. Caractéristiques de dénivelée.	09
4.2.4. Indice de pente.	09
5. Temps de concentration	09
Chapitre II :	10
Introduction	10
A. Inondation de décembre 1984	10
Réseau hydro – pluviométrique	10
1. Fonctionnement du réseau.	10
2. Dommages sur réseau.	10
3. Mesures de débit.	10
Précipitation.	11
1. Pluies antécédentes.	11
2. Episode pluvieux.	11
3. Répartition temporelle.	11
4. Intensités.	11
5. Conclusion.	11
Ecoulement.	12
1. Introduction.	12
2. Description des crues.	12
3. Caractéristiques des crues.	12
4. Coefficient de ruissellement.	14
Inondation et débordement.	14
1. Lieu de débordement.	14
2. Cause de débordement.	15
B. Inondation du novembre 1982.	15
1. Pluviométrie.	15
1.1. Répartition spatiale.	15
1.2. Quantité de pluie.	15

1.3. Intensités.	15
2. Bassin versant.	16
2.1. Massif de l'Edough.	16
2.2. Hydrographie.	16
3. Les écoulements.	16
C. Inondation du 27-28 mars 1973	17
1. Introduction.	17
2. L'évènement.	17
3. Enquête après les crues	18
4. Recommandations.	20
Conclusion	20
Chapitre III Modèle numérique d'altitude (MNA)	21
1. Définition.	21
2. Elaboration du modèle numérique d'altitude de la zone d'étude.	22
2.1. Introduction.	22
2.2. Création du MNA de la zone d'étude.	22
2.3. Intégration des données dans le SIG Mapinfo.	23
2.3.1. Présentation du logiciel.	23
2.3.2. Calage.	25
2.3.3. Digitalisation.	26
2.3.4. Interpolation.	27
3. Conclusion	30
Chapitre IV : Le modèle numérique FESWMS	31
1. Introduction.	31
2. Présentation du code.	32
2.1. Données d'entrée.	32
2.2. Données de sortie.	32
3. Outils de maillage et de visualisation.	33
3.1. Outils de maillage.	33
3.1.1. Utilisation d'EMC2.	34
3.1.2. Utilisation de YAMS.	34
3.2. Outils de visualisation.	36
3.2.1. Utilisation de VISU.	36
3.2.2. Utilisation de MEDIT.	36
3.2.3. Utilisation de SMS.	36
4. Exécution du programme FLO2DH.	37
4.1. Conditions initiales.	37
4.2. Conditions aux limites.	37
4.2.1. Frontières fermées .	38
4.2.2. Frontières ouvertes.	38
Chapitre V : Visualisation Hydrodynamique de l'écoulement dans un tronçon de la Seybouse.	40
1. Méthodologie de la simulation des crues de la Seybouse.	40
2. Mise en œuvre du modèle Hydrodynamique FESWMS.	41
3. Maillage du domaine d'écoulement.	42
4. Simulation numérique.	45
4.1. Conditions initiales.	45
4.2. Conditions aux limites	45
4.3. Analyse des paramètres.	45

5. Résultats numériques.	45
Conclusion générale.	51
Bibliographie.	52
Annexes	
Annexe 1 : guide simplifié d'utilisation du logiciel Vertical Mapper V2.6	53
Annexe 2 : guide simplifié d'utilisation du logiciel Mapinfo	62

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

Introduction Générale

Une inondation est définie comme étant la réalisation d'un risque résultant de la concomitance d'un aléa hydrologique (occurrence de crue), et d'une vulnérabilité (occupation du sol – activité humaine) en un lieu géographique.

L'analyse des ondes de submersion engendrées par une crue ou une rupture de barrage est le plus souvent menée dans le but d'établir les cartes du risque d'inondation des surfaces dans la vallée à l'aval, en vue de préparer les plans correspondants de protection civile (Plan ORSEC). En effet, lorsque le danger de rupture ou d'inondation ne peut être écartée par la prise de mesures appropriées (vidange rapide de réservoir,...), l'évacuation préventive des populations menacées par un effacement éventuel de barrage ou par l'imminence d'un violent orage est la seule mesure qui puisse être réellement efficace, à condition d'être effectuée au bon moment : Il s'avère dès lors nécessaire de concevoir un système d'alarme et d'établir un plan d'alerte adéquat basé sur des estimations fiables du temps d'arrivée du flot dévastateur ainsi que des zones susceptibles d'être submergées à l'aval.

Sur le plan technique, pour simuler les conséquences hydrauliques des crues (débordement, surfaces inondées...), on utilise des modèles hydrauliques d'écoulement appliqués aux géométries réelles des rivières. Selon le type de modèle, on calcule certains paramètres hydrauliques intéressants (hauteurs d'eau, débits, vitesses d'écoulement,...). L'apport des outils de la géomatique dans ce domaine est considérable car ils permettent la cartographie automatique des résultats, ceci de manière interactive en utilisant les *systèmes d'information géographiques*.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail, qui est consacré à la simulation hydrodynamique de l'écoulement de l'Oued Seybouse, un cours d'eau qui draine un bassin d'une grande superficie, et qui cause des dégâts considérables le long de son tracé. Pour cela, un code de simulation est utilisé pour suivre l'évolution des limites d'écoulement pour un débit donné.

Ce travail a été subdivisé en cinq chapitres :

- le premier chapitre est consacré à la connaissance du bassin versant, elle concerne les principales caractéristiques de ce dernier : géographie, géologie, morphologie, ainsi que son réseau hydrographique et pluviométrique.
- le deuxième chapitre donne un aperçu sur certaines grandes inondations de l'histoire récente de l'oued Seybouse qui ont touché les régions qu'il traverse.
- Dans le troisième chapitre, sont décrits en détail les étapes poursuivies pour réaliser le modèle numérique d'altitude de la zone étudiée : Une partie de la ville de Annaba a l'aval de l' oued Seybouse.
- Dans le quatrième chapitre, est présenté le modèle numérique utilisé. Ce dernier est dénommé FESWMS. Il sert à simuler les écoulements à surface libre aussi bien en régime permanent que non permanent.
- Enfin, le dernier chapitre portera sur les résultats des simulations obtenus concernant la zone d'étude pour quelques débits de crues historiques de l'Oued Seybouse .

CHAPITRE I

CHAPITRE I

PRESENTATION DU BASSIN VERSANT

La Seybouse comme l'indique la figure N° I.1 est située dans l'est Algérien. C'est un oued méditerranéen, né dans les hautes plaines semi arides sur les revers méridional de l'atlas Tellien. Il coule du sud au nord, il est continental par sa naissance dans un milieu semi désertique ; Atlasique d'influence montagnard par ses principaux affluents de rive droite et rive gauche, méditerranéen enfin dans son cours inférieur. La Seybouse est donc un oued bien singulier.

L'étude de cet oued comporte la description de différents facteurs qui influencent son régime et en premier lieu sa situation géographique.

1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le bassin de la Seybouse présente des ensembles naturels fort variés. Il couvre un site de (5955 Km²). L'oued Seybouse dont l'embouchure se trouve près de la ville d'Annaba, s'étend vers le sud sur une distance de 10 Km jusqu'au confins de l'atlas saharien. C'est dans son secteur moyen que le bassin atteint sa largeur maximale 120 Km du Djebel Ouahch (source de l'oued Semendou à l'ouest), jusqu'à l'oued EL Kebir à l'est.

Il occupe la troisième place quant à la superficie après l'oued EL Kebir du Rhumel et l'oued Medjerdah-Mellegue en territoire Algérien. Au nord-est, il n'est séparé de la Tunisie que par les territoires tributaires de l'oued Bounamoussa. Au sud, le bassin de haute Cherf qui n'est autre que celui du cours supérieur de la Seybouse, atteint les hautes plaines à une altitude variant entre 800 m et 100 m. Ici la limite du bassin reste un peu indéfinie car les petits cours d'eau sont très irréguliers et divagant et n'ont pas encore une direction bien définie.

Au sud-ouest, la limite du bassin correspond à la haute plaine de Sellaoua qui appartient seulement dans sa moitié nord au bassin de la Seybouse vers le nord-ouest. Ce dernier est encore limitrophe du bassin de l'oued Boumerzoug par les monts des Oued Rahman, par le Djebel EL Djerb (1142 m) et le massif calcaire du Djebel Aumsettas (1326 m).

Plus au nord la limite passe par les Djebels El Haria, Djebel El Doda, Settah El Meida (1181 m), Kef El Asfar (1018 m) et enfin Djebel Ouahch (1281 m). Pour former ensuite presque un angle, droit vers l'est pour suivre un axe dirigé est-ouest appelé chaîne Numidique. Au niveau de ce dernier la limite du bassin de la Seybouse fait un coude vers la gauche et prend une direction nord-sud en passant à l'ouest du village de Nechmaya ; à l'est du lac Fetzara et remonte la ligne de crête du massif de l'Edough 1008 m.

Le bassin de la Seybouse est aussi enserré entre de bassins de moindre importance du lac Fetzara à l'ouest et de l'oued Bounamoussa à l'est.

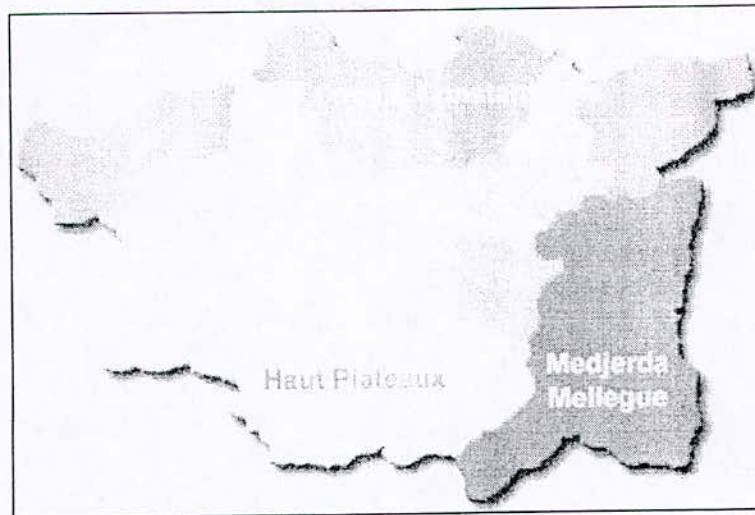


Fig N° I.1 Situation Géographique

2- CLIMAT :

Définition :

On appelle « climat » l'ensemble fluctuant des conditions atmosphériques caractérisé par les états et les évolutions du temps d'un domaine spatial déterminée. On appelle aussi le climat l'état moyen de l'atmosphère de la terre à un endroit donné dans un intervalle de temps déterminé.

Classification :

Une des premières tentatives pour classifier les zones climatiques du monde a été étudiée par PIETKIEWICZ. Il a divisé la terre en six macro-climat ; selon leur position sur le globe et se basant presque uniquement sur la latitude des régions. Il divisa ensuite ces zones en sous climats à partir des deux facteurs ; les précipitation et la température ; la division climatique d'après PEITKIEWICZ est la suivante :

-Zone I : climat chaud comprenant la zone équatoriale, ce climat est caractérisé par une température moyenne annuelle qui ne descend jamais sous 18° c. On peut trouver trois types de climat :

- a- type équatorial
- b- type tropical
- c- type de mousson

- Zone II et zone III : zone située le long des tropiques, avec des climats de type sec et tempéré, ces deux divisions sont caractérisées par des précipitations inadéquates. Dans la zone II, on retrouve le désert ou il y a absence totale d'eau. La steppe est une zone de transition entre le désert et le climat tempéré.

Dans la zone III on retrouve la mousson chinoise où les hivers sont secs et les étés pourvus de pluies abondantes, et le type méditerranéen qui connaît l'inverse. Une autre caractéristique de la zone III c'est la température moyenne annuelle qui n'est presque jamais inférieure à 6° c.

-Zone IV : région à climat frais aux deux hémisphère : ici on retrouve deux sous climats : le tempéré maritime caractérisé par un hiver doux et le continental avec un hiver plus rude.

-Zone V : région à climat froid située près de pôle ; cette zone a trois types d'écosystèmes.

- a- toundra
- b- permafrost
- c- région montagneuse élevée.

-zone VI : climat de montagne.

En fonction des caractéristiques spécifiques propres au bassin de la Seybouse. Ce dernier est caractérisé par un climat méditerranéen et appartient à la zone III.

3- CONDITIONS CLIMATIQUES :

Les conditions climatiques plus que d'autres facteurs qui régissent l'écoulement fluvial ; jouent :

Un rôle déterminant dans le régime d'un cours d'eau.

Parmi les facteurs climatiques qui conditionnent l'écoulement, on cite tout d'abord les précipitations :

3.1- Les précipitations

Définition :

Les précipitations constituent un phénomène physique qui décrit le transfert d'eau, dans sa phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle) entre l'atmosphère et le sol.

La vapeur d'eau de l'atmosphère se transforme en liquide lorsqu'elle atteint le point de rosée ; soit par refroidissement ou par augmentation de la pression. Ce changement est occasionné par un des phénomènes suivants :

- Condition thermique lorsqu'une masse d'air et en contact avec une surface plus froide ;
- Changement soudain de pression atmosphérique produit à l'approche d'un cyclone;
- Mélange de deux masses d'air ayant des températures différentes.

A- Type de précipitations :

Les précipitations atmosphériques peuvent être classées en trois types différents :

A.1- Précipitations cycloniques :

Ce type de précipitations est associé aux surfaces de contact entre les masses d'air de température et d'humidité différentes. A l'endroit où ces masses d'air se rencontrent (région de convergence), de gigantesques tourbillons se produisent et les masses les plus chaudes et les plus humides, donc les plus légères, sont énergiquement poussées en altitude. Il en résulte un refroidissement adiabatique et une condensation. Généralement, le phénomène cyclonique produit des précipitations importantes et prolongées.

A.2- Précipitations de convection :

Par temps calme, lorsque l'air est saturé ou non. Le voisinage du sol est chauffé par la radiation solaire, des masses d'air se dilatent et s'élèvent. Au cours de leur ascension, elles se refroidissent adiabatiquement et atteignent leur point de condensation. La durée de ce type de précipitation est assez courte -moins d'une heure- mais son intensité est très grande.

A.3- Précipitation orographique :

Lorsque les vents chargés d'humidité, soufflant ordinairement des océans vers la terre; abordent une zone montagneuse, les masses d'air humide ont tendance à s'élever et la détente qui en résulte produit un refroidissement adiabatique.

B - Les précipitations dans le bassin de Seybouse :

Les précipitations sont de loin l'apport le plus important, et agissent directement dans l'alimentation de la Seybouse. Le bassin de la Seybouse présente diverses zones pluviométriques distinctes.

B.1- Au nord :

Une zone pluviométrique relativement homogène qui dépasse (900mm) et qui correspond à la plaine d'Annaba.

B.2- Au centre :

Au centre du bassin le cloisonnement du relief entraîne une mosaïque de climats locaux, cet ensemble de dépressions (Guelma, Bouchegouf, Oued Zenati) introduit des écarts marqués dans la pluviométrie moyenne indépendamment de l'altitude ou de la distance à la mer (602 mm) à la station de Ain Berda, (530 mm) à la Guelaat Boumba.

Dans le grand ensemble qui est l'Atlas Tellien, la pluviométrie est entre 600 mm et 700 mm couvre tout le Djebel Mahouna et la haute Bouhamdane.

B.3- Au sud :

Au sud de l'Atlas Tellien la répartition de pluies apparaît comme homogène, ce sont les hautes plaines qui s'individualisent par un climat méditerranéen continental plus sec cernées par l'isohyète 500 mm.

3.2- La température :

Pour bien décrire le facteur température dans la Seybouse, on désigne les deux saisons thermiques suivantes :

A- Saison chaude :

Elle est marquée par l'augmentation générale de la température dans le bassin. Les maximums absolus sont partout élevés en juillet, particulièrement à l'aval et l'amont du bassin, 46 °C à Annaba, 34,9 °C à Ain Berda, et 35,6 °C à Guelma.

Les moyennes minimales sont 15,4 °C à Annaba, 19,9 °C à Ain Berda, 19,8 °C à Guelma, 15,1 °C à Sedrata.

B- Saison froide :

Elle est caractérisée par des moyennes mensuelles inférieures à 17 °C de novembre à avril et un minimum en janvier. La décroissance de la valeur thermique vers le sud s'explique par la continentalité et l'altitude. Sedrata à 80 m d'altitude enregistre 5,3 °C en janvier, Guelma à 230 m d'altitude et à 64 Km du littoral enregistre 10,5 °C. Ain Berda à 76m d'altitude et à 35 Km de la cote enregistre 11,9 °C. Et enfin, Annaba à 3m d'altitude a une température mensuelle observée de 11,8 °C.

La moyenne minimale mensuelle varie entre 0,3 °C à 3,3 °C dans la plaine littorale et la haute plaine de Sedrata et de 8,4 °C sur l'Atlas Tellien et la chaîne Numidique, pendant les trois mois consécutifs de décembre, janvier et février.

Enfin, Les minima absolus observées vont jusqu'à -6,3 °C à Sedrata en décembre et 2 °C à Annaba en mars.

3.3- Les vents :

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat, malheureusement il est un de ceux dont l'observation et l'étude rencontre le plus de difficultés. Dans le bassin de la Seybouse on ne possède que deux stations anémométriques, celle de Seraïdi en montagne et dominant Annaba et la seconde en plaine à de l'aéroport de Annaba les Salines.

La première station fonctionne depuis novembre 1950. Tandis que la deuxième est en service depuis 1942.

Le vent le plus dominant sur le bassin est celui qui traverse perpendiculairement l'Atlas Saharien et l'Atlas Tellien, et qui se réchauffe par compression adiabatique sur les versants descendant. Ce vent dit « Siroco » est chaud et desséchant. Il souffle plus souvent au nord, particulièrement sur la zone littorale. Ce vent abaisse fortement l'humidité relative et augmente rapidement l'évaporation.

4- ETUDE MORPHOLOGIQUE :

Introduction :

Les traits morphologiques qui caractérisent les vallées actuelles du bassin de la Seybouse sont le résultat d'une évolution au quaternaire et qui continue à l'heure actuelle. Comme le bassin ne correspond pas à proprement parler à une région naturelle homogène, plusieurs types de glacis et terrasses se dégagent d'amont en aval. Ces derniers montrent la complexité morphologique et tectonique du secteur.

On a pu constater la discontinuité des terrasses tout le long de la Seybouse qui traverse trois domaines hydroclimatiques et morphologiques différentes, où l'oued rencontre soit des dépressions comme celle de Guelma, soit des vallées basses.

4.1- Le relief :

Le relief est un facteur essentiel ; il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration ; et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin versant.

Pour la description du relief on distingue trois régions différentes :

Le bassin de la haute Seybouse : Caractérisé par des chaînons septentrionaux constituent une succession d'anticlinaux, et de cuvettes synclinales.

La moyenne Seybouse : Constitue la zone la plus troublée du bassin ; caractérisée par des plissements qui sont des anticlinaux de direction SE-NE ; où le relief présente une dissymétrie générale.

Le bassin de la base Seybouse : Dans cette zone l'oued Seybouse e fraie sa voie entre Bouchegouf et Dream de direction sud-nord, a traaver la zone septentrionale. Dans ce secteur terminaal, la Seybouse recoit de l'ouest, l'oued Ressoul, un affluent assez dynamique qui draine une region humide constitue surtout de Flych de Ain Berda.

4.2- Caractéristiques morphologiques du bassin versant

L'utilisation des différents paramètres morphologiques a pour but la quantification des facteurs caractéristiques du milieu physique d'un bassin versant a fin de trouver les causes des variations du régime hydrologique d'un bassin à un autre.

4.2.1 Caractéristiques de disposition sur plan

a- Surface

La surface du bassin versant (Fig N°I.2) a été déterminée par la méthode graphomécanique utilisant un planimètre, la surface obtenue est 5955 Km².

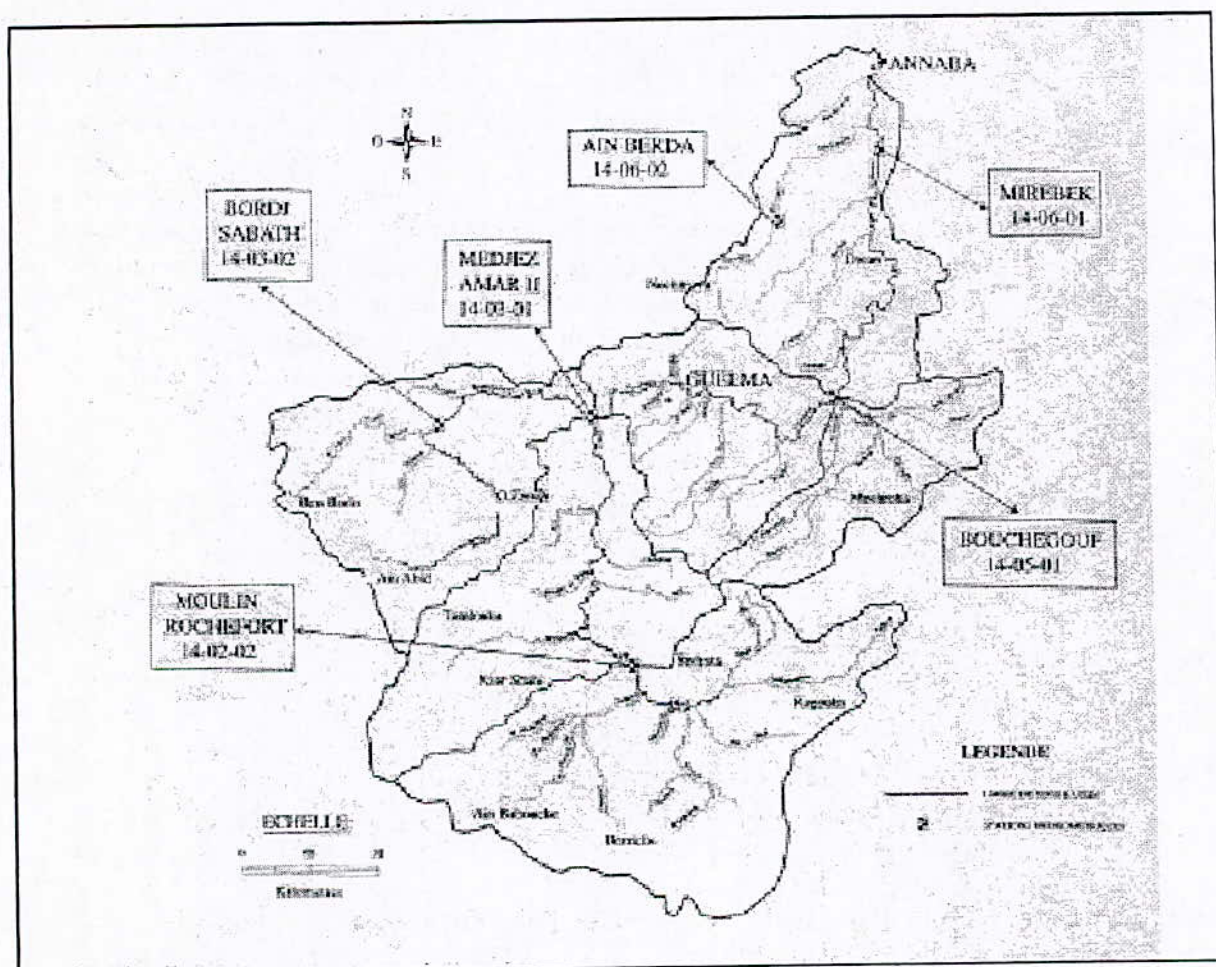


Fig N°I.2 Carte du bassin versant de la Seybouse et son réseau hydrographique

b- Périmètre

L'utilisation d'un curvimètre a relevé un contour du bassin versant de 330 Km.

4.2.2. Caractéristiques de forme

Elles englobent les paramètres purement géométriques du bassin. On peut les représenter par :

a. Coefficient de compacité de Gravellus

Il est défini comme étant le rapport du périmètre stylisé du bassin versant au périmètre du cercle ayant la même superficie. Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée, plus le temps de concentration sera court.

$$K_c = P \div 2 \sqrt{\pi A} = 0.28 P \sqrt{A} \quad (\text{Roche 1963})$$

Avec K_c : coefficient de compacité de Gravellus

P : périmètre du bassin versant en (Km)

A : superficie du bassin versant en (Km²)

En ce qui nous concerne, $P = 330$ Km et $A = 5955$ Km². Nous obtenons : $K_c = 1.20$
D'après cette valeur, nous déduisons que notre bassin versant possède une forme allongée.

b- Rectangle équivalent

Ce paramètre introduit par M. Roche permet la comparaison facile des bassins versants entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement en substituant le bassin versant à un rectangle dont la surface et le périmètre est égal à ceux du bassin versant. Les dimensions du rectangle équivalent sont obtenues, comme suit :

$$\text{Longueur: } L_R = K_c \sqrt{A} \div 1.128 \sqrt{1 + \left(\frac{1.128}{K_c}\right)^2}$$

$$\text{Largeur } I_R = K_c \sqrt{A} \div 1.128 \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c}\right)^2}$$

Où L_R : longueur du rectangle équivalent en (Km)

I_R : largeur du rectangle équivalent en (Km)

K_c : coefficient de compacité

A : superficie du bassin versant en (Km²)

Les résultats sont pour le bassin de l'Oued Mellah : $L_R = 110.1$ Km ; $I_R = 54.1$ Km

c- Quotient des composants

C'est le rapport de la longueur du rectangle équivalent à sa largeur

$$C = L_R / I_R$$

Pour notre cas $C = 2.035$

L'observation de dimension du rectangle équivalent et du quotient des composants confirme l'allongement du bassin versant. Il est cinq fois plus long que large. Il est à noter qu'un ruissellement dans un bassin versant allongé met plus de temps pour arriver à l'exutoire, que le temps que met un ruissellement dans un bassin rétréci.

4.2.3. Les caractéristiques de dénivelée

Il est aisé de comprendre que le relief à une forte influence sur l'hydrogramme de crue n'est un facteur essentiel pour déterminer l'aptitude des terrains au ruissellement. On caractérise souvent le relief par une courbe hypsométrique

C'est une interprétation graphique du relief d'un bassin versant, elle s'établit en planimétrant les surfaces comprises entre deux courbes de niveau successives. A partir d'une carte topographique au 200.000^{ème}, une répartition altimétrique des surfaces est effectuée. Les principaux résultats tirés de la courbe hypsométrique de la Seybouse sont :

➤ **Altitude minimale**

Elle présente le point le plus bas du bassin versant

$$H_{\min} = 28\text{m} \quad (\text{Source Anrh})$$

➤ **Altitude maximale**

Elle présente le point le plus haut du bassin versant

$$H_{\max} = 1636\text{m} \quad (\text{Source Anrh})$$

➤ **Altitude moyenne**

C'est le rapport de la somme de la surface élémentaire par l'altitude moyenne correspondante et la surface totale du bassin versant.

$$H_{\text{moy}} = \sum_{i=1}^n (a_i + e_i) / A$$

A : surface du bassin versant en (Km²)

e_i : altitude moyenne entre deux courbe de niveau voisin en (m)

a_i : surface partielle comprise entre deux courbes de niveau en (Km²)

Ainsi on aura :

$$H_{\text{moy}} = 730\text{m} \quad (\text{Source Anrh})$$

4.2.4. Indice de pente

Son but est de caractériser l'inclinaison d'un bassin et de permettre des comparaisons et des classifications. La pente joue un rôle essentiel sur le régime d'écoulement

Indice de pente de roche « Ip »

Appelé aussi indice de susceptibilité au ruissellement, il a l'avantage de tenir compte de la distribution des pente.

$$I_p = 1 / \sqrt{L} \sum_{i=1}^n \left[\sqrt{B_i (a_i - a_{i-1})} \right]$$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent en (m)

B_i : fraction en pourcentage de la surface totale entre a_{i-1} et a_i

D'où :

$$I_p = 4.8\%.$$

5. Temps de concentration

C'est le temps que met la goutte d'eau la plus éloignée hydrologiquement pour arriver à l'exutoire.

$$T_c = \left(4 \sqrt{A} + 1.5 L \right) \div \left(0.8 \sqrt{(H_{\text{moy}} - H_{\min})} \right)$$

(Formule élaborée par l'ANRH)

Avec :

A : Surface du bassin versant en Km²

L : Longueur du thalweg principal en (Km)

H_{moy} : Altitude moyenne en (m)

H_{min} : Altitude minimale en (m)

On obtient :

$$T_c = 31.47 \text{ h}$$

CHAPITRE II

Chapitre II :

Descriptif de quelques inondations historiques dévastatrices de l'Oued Seybouse

Introduction

Dans ce chapitre, une synthèse descriptive de quelques grandes crues ou inondations dévastatrices qui ont eu lieu dans la région de Annaba au cours de ces dernières décennies. Il s'articulera notamment sur la description d'une part de l'évènement de crue proprement dit et des moyens mis en œuvre in situ pour suivre l'évènement avant, pendant et après l'épisode d'inondation observé.

A - Inondation de décembre 1984

RESEAU HYDROPLUVIOMETRIQUE

1/ Fonctionnement du Réseau :

L'antenne A. N. R. H de Annaba gère un réseau hydro pluviométrique est composé de :

- 36 pluviomètre et 5 pluviographes implantés sur 3 bassins « Kebir Ouest, Mafragh appelés contiers constantinois, Seybouse » .

- 09 stations hydrométriques implantées dans les oueds

Dans l'ensemble , les limnigraphes ont bien fonctionné, sauf celui de Mirbek qui a eu sa tuyauterie bouchée à la côte 07m le 29.II.84

2/ Dommages sur le réseau :

Cette crue a une fois de plus dégradé le réseau de mesure, en érodant et ravinant les berges ainsi que les fonds de lit.

-Bouchegouf : l'oued a creusé un chenal de 7m de large derrière l'ouvrage « col de cygne » trouvant un autre profil de l'oued .il faut signaler sur tout le déterrage de la station (3,89m Hmax au lieu de plus de 6.00m) qui résulte de la largeur de la section plus importante.

Un grand ravinement et sapement de la berge gauche ont eu pour conséquence l'éboulement de la piste d'accès à la station.

- Medjez Amar II : Le col de cygne a été très endommagé en rive droite et deux échelles emportées, ainsi que l'ensablement des échelles n'a pas permis la lecture au delà de 4m.

-Ain Berda : dégradation (ravinement, sapement des berges, chute d'arbres dans le lit mineur). Ce phénomène entraîne la diminution des sections de l'oued et des vitesses d'écoulement

3/ Mesures de débit :

Depuis le 24.12.84, l'ANRH a pratiqué des mesures de débit de crue sur l'Oued Kebir Est à Ain El Assel (maximum jaugé 7,50 un tronc d'arbre en profondeur a percuté et défoncé l'axe du moulinet). Avec le moulinet de Bouchegouf, des mesures ont été pratiquées à Ain

Berda et Mirbek respectivement jusqu'à 2,50m et 10,20m. Aucune mesure ne peut être effectuée sur les autres stations par suite des routes coupées. Le 31.12.84 pour tester les écoulements du canal de la Boudjemaa vers la mer, une tentative de mesure a été procédée mais ne peut être terminée du fait des fortes vitesses. Cette constatation prouve une évacuation des eaux du canal de la Boudjemaa vers la mer.

PRECIPITATION :

Si ces inondations ont à l'origine ces précipitations, il y a lieu d'étudier dans les détails la situation.

1- Pluies antécédentes :

Depuis le début de l'année hydrologique, septembre, nous avons enregistré une très forte pluviométrie. Les mois de Novembre et Décembre ont atteint de fortes valeurs.

2- Episode pluvieux :

La pluviométrie ponctuelle est un phénomène très aléatoire dans le temps et dans l'espace. L'épisode pluvieux allant du 29.12.84 au 01.01.85 (4 jours) est à l'origine des inondations, survenus juste après de fortes pluies enregistrées du 21 au 23.12.84. La prédominance des fortes pluies sur les monts de Constantine Medjerdah, l'Edough est nette. Nous enregistrons plus de 200mm pour les 4 jours de pluie, par contre nous ne dépassons pas 150mm sur les plaines côtières paradoxalement à forte pluviosité. La pluviométrie est en effet un phénomène influencé par plusieurs facteurs aléatoires plus ou moins bien connus. Le relief et autres caractéristiques physiographiques influencent la circulation atmosphérique, la formation des averses et les précipitations.

3- Répartition temporelle :

Les pluies ont débuté le 18.12.84. Elles deviennent plus intenses les 29,30,31.12.84,1^{er}.01.85. Sur le littoral les 30 et 31.12 et 1^{er}.01.85 sont les journées de fortes pluies. Sur les Monts de Constantine et de la Medjerdah, il faut noter que la journée du 29 est marquée par une très forte pluviométrie sur tout à Hammam Meskoutine, où elle a atteint 95mm. Nous remarquerons même des pluies plus abondantes plus à l'Ouest (Constantine) et un certain assèchement vers l'Est.

4- Intensités :

L'intensité d'une pluie joue un rôle prépondérant dans les écoulements. Elle favorise le ruissellement et cela est très sensible surtout dans les petits bassins où la réaction est rapide (une, deux heures).

5- Conclusion :

L'analyse des pluies relevées du 29.12.84 au 01.01.85 montre leur caractère continu et l'intensité constante pendant tout l'épisode. Les quantités relevées sur l'ensemble des postes d'observations n'ont rien d'exceptionnel si ce n'est leur durée. La distribution des pluies montre la complexité du phénomène dans le temps et dans l'espace.

ÉCOULEMENTS :

1-Introduction :

Les écoulements qui ont duré 3 jours avec leur caractère de violence particulier durant cette période ne sont exceptionnels que dans les volumes ruisselés et non dans le débit de pointe. Ce phénomène qui n'est pas rare, présente un cycle voisin du décennal trouve son explication dans :

- Pluies abondantes tout le mois de Décembre a provoqué une saturation du sol.
- Fortes pluies du 20 au 25.12.84, génératrices de crues relativement importantes.
- Episode pluvieux de pluies intenses sur 4 jours (du 29.12.84 au 01.01.85).

Ces fortes pluies ont donné naissance à des crues importantes (débit de pointe très forts), qui ont inondé les vallées et les plaines en débordant du lit mineur des oueds. La situation des inondations est généralisée sur l'ensemble de la région extrême Est où les superficies inondées ont été très importantes.

2- Description des crues :

Les pluies généralisées sur l'Est Algérie n'ont pas provoqué des crues sur la totalité des oueds et même des inondations des régions plates (vallées, plaines). Nous avons enregistré des hydrogrammes à une seule pointe aplatie ou une pointe avec des fluctuations sur 24 à 36h.

Les hauteurs d'eau ainsi que les débits ont atteint des valeurs, on ne dirait pas exceptionnelles mais très importantes, certes la durée exceptionnelle du maximum a rendu ce phénomène catastrophique et rare, » destruction de berges et d'ouvrages (route, pont...).

3- Caractéristiques des crues :

Les crues ont débuté simultanément le 29.12.84 sur l'ensemble du réseau. La saturation du sol due aux pluies antérieures a facilité le ruissellement. Les débits maximums sont pratiquement identiques (légèrement inférieurs) à ceux enregistrés en février 84, mais plus prolongés. Selon les stations, ils sont légèrement plus ou moins importants, toutefois et on insiste encore une fois sur le fait que ces grands débits ont persisté.

➤ Station de Medjez Amar II - Oued Bouhamdane :

Sur cet oued, le barrage en construction à Hammam Meskoutine n'a eu aucun effet sur la crue. Le débit n'a fait que transiter par les évacuations déjà en place avec bien sûr une légère

retenue visible par les laisses de crue dans la digue amont du barrage. La hauteur d'eau en amont du barrage a atteint la cote 368 m correspondant à un débit de $1450\text{m}^3/\text{s}$. Cette crue a un temps de retour de 50 ans. A la station A.N.R. H située en aval du barrage, nous avons enregistré des hauteurs de 6,20m, correspondant à un débit max. de $1330\text{m}^3/\text{s}$ qui représente un temps de retour de 40 ans. Comme il a été déjà cité plus haut, le volume ruisselé 125Mm^3 est nettement supérieur au volume correspondant au temps de retour 40 ans : 60Mm^3 seulement. En ce concerne le temps de montée, le maximum de la crue a été enregistré le 29.12.84 à 23h, alors que la crue a débuté le même jour à 02h.

➤ **Station de Medjez Amar I - Oued Cherf :**

A cette station également, les débits observés et enregistrés sont très importants. La cote relevée a atteint 6,20m le 30.12.84 à 02h, pratiquement à la même heure qu'à Medjez Amar II qui contrôle un bassin versant nettement plus petit (3fois). Si la crue débuté le 29.12.84 à 4h00, la vraie montée se situe vers 20h00.

➤ **Station de Ain Berda - Oued Ressoul :**

A la station de Ain Berda contrôlant l'Oued Ressoul (103Km^2), une hauteur max. de 3,10 m. a été enregistrée. Elle correspond à un débit de $80\text{m}^3/\text{s}$ alors qu'en février 84 le débit max. instantané a atteint $169\text{m}^3/\text{s}$ pour une cote de 3,80m. Toutefois, il y a lieu de préciser quel débit doit être supérieur si nous tenons compte du grand débit qui ne transite pas par la section de mesure. Les crues à cette station, petit bassin ; sont très rapides, quelques heures seulement. Les apports de cet oued refoulés par l'oued Seybouse ont emprunté l'ancien lit de la Meboudja pour rejoindre l'oued Boudjemaa et inonder de la sorte la cité de Boukhadra.

➤ **Station de Bouchegouf - Oued Mellah :**

La cote max. enregistrée 3,89m, à cette station ne reflète pas les grands apports dus aux fortes pluies observées dans la région. Le creusement d'un chenal en rive droite a facilité la déviation d'un grand débit qui ne devient plus contrôlable. En février 84 et Mars 73, les débits max. sont respectivement $714\text{m}^3/\text{s}$ et $1400\text{m}^3/\text{s}$.

➤ **Station de Mirbek - Oued Seybouse :**

La crue a débuté le 29.12.84, mais une montée rapide des eaux a été constatée le jour même à 16h00 ; **50cm par heure**. Le maximum de la crue a été atteint le 31.12.84 à 0h00 et la décrue n'a été amorcée que vers 14h00. A cette station, il est impossible de contrôler tout le débit du fait des inondations. Une grande partie du débit transite de part et d'autre du pont de Chbaita Mokhtar, lieu d'implantation de notre station hygrométrique. La hauteur maximum observée à cette station est de 14,90m correspondant à un débit de $2300\text{m}^3/\text{s}$ tiré de la courbe de tarage.

Le débit maximum a été estimé par extrapolation de l'hydrogramme à $2900\text{m}^3/\text{s}$. Ce débit de $2900\text{m}^3/\text{s}$ effarant, est même sous-estimé car il peut même atteindre $3400\text{m}^3/\text{s}$ et nous n'aurions pas fait d'erreur. L'hydrogramme de la crue reconstitué sur la base d'un débit de $2900\text{m}^3/\text{s}$ nous conduit à un apport de 500Mm^3 en 3 jours (72 heures) soit 3 fois la capacité du barrage de la Bou Namoussa. Si les apports sont importants, le coefficient de ruissellement n'a guère dépassé 47% qui est remarquable pour un bassin versant de 5950Km^2 et une pluie de 4 jours. Le temps de concentration lu sur l'hydrogramme est de 36 heures : c'est à dire que la goutte de pluie qui tombe au confins du bassin versant met 36 heures pour parvenir à l'exutoire (Chbaita-Mokhtar, station hydrométrique A.N.R.H). Le temps de montée est le temps qui s'écoule entre le débit et le maximum de l'hydrogramme. Le temps de montée assez variable est de l'ordre de 28 heures. Nous pourrions toute fois tirer d'autres temps caractéristiques. Le temps pour donner l'alerte à la côte II m est de 14 heures, ou plutôt 10 heures seulement pour les crues importantes à montée rapide. 20 heures c'est le débordement total, l'Oued Seybouse sort de son lit des 2 côtes.

4-Coefficient de ruissellement :

Pour tous les hydrogrammes, grands moyens et petits bassin versants, le coefficient de ruissellement est relativement faible : voisin de 50%. Ce coefficient a été par contre plus élevé en février 84 atteignant même 85% par endroit. La faiblesse de ce coefficient est seulement due aux intensités de pluie moyenne durant tout l'épisode (4 jours).

INONDATIONS ET DEBORDEMENTS :

Mars 73, Février 84, Décembre 84 sont des dates historiques d'inondations des plaines de Guelma, Annaba, Tarf. Les superficies inondées sont très importantes : 396Km^2 pour Annaba et Tarf notamment. Lors de telles situations de fortes crues, il y a nécessairement débordement sur un ou plusieurs tronçons de l'Oued. Les eaux empruntent le lit mineur mais également le lit majeur qui se trouve sa propriété et qui malheureusement couvre parfois de grandes étendues et renferme des terres agricoles, des Unités industrielles en fait toute l'activité humaine.

1-Lieu de débordements :

- **SEYBOUSE** : L'oued Seybouse déborde à plusieurs endroits, d'amont en aval. Des plaines de Guelma, de Nador, de Bouchegouf et enfin la plaine de Dréan
- **MAFRAGH** L'Oued Mafragh, ou plus particulièrement l'oued Kébir Est (l'oued BouNamoussa étant régularisé) commence à déborder déjà à de faibles débits à partir du entrée dans la plaine de Bouteldja. Depuis ce lieu, le Kébir Est ne rejoint

plus le lit mineur comme la Seybouse. L'oued Kebir Est ne peut en effet véhiculer à environ $200\text{m}^3/\text{s}$.

- **VILLE DE ANNABA** : La ville de Annaba aurait pu connaître la même catastrophe qu'en Novembre 1982 si le curage des oueds n'avait pas été réalisé avec un suivi continu des responsables. Le débit des oueds a connu en maximum le 31.12.84 vers 9h, celui-ci engendré d'une part par les fortes pluies sur le massif de l'Edough » 20. 5mm en 1h30 », et d'autre part par les apports de l'Oued Meboudja qui ont gonflé les débits de l'oued Boudjema. L'équipe de mesures de débits de l'A. N. R. H n'a pu procéder à un jaugeage le pont de la Cité Seybouse à cause des fortes vitesses. Néanmoins cette tentative a permis de confirmer de visu la bonne évacuation des apports vers la mer ; donc le bon écoulement.

2-CAUSE DES DEBORDEMENT :

Les causes de débordements sont multiples naturelles et même humaines :

- Section du lit mineur trop petite - Berge peu profonde
- Dépôts d'alluvions dans le lit mineur - Arbres très denses
- Extraction de tout venant modifiant les écoulements

B- Inondation de Novembre 1982

1 .PLUVIOMETRIE :

1 .1-Répartition spatiale :

Les valeurs de pluie enregistrées du 10.11.82 à 8h au 11.11.82 à h sur l'ensemble du réseau pluviométrique géré par l'antenne de l'Anrh à Annaba, a permis de constater de prime abord, que la pluviométrie sur tous les postes est voisine de 50mm sauf à Séraïdi et à l'Edough où celle-ci est multipliée par 3 et même plus.

1.2-Quantité de pluie :

L'absence d'observation sur les postes de Chetaïbi et Berrahal n'a pas facilité l'analyse du phénomène. La pluviométrie enregistrée est la suivante :

Station	Seraïdi	Edough	Didouche Mourad Annaba	Annaba Port	Cherka	Ain Berda	Pont Bouchet
Pluviométrie (mm)	160	167	81.0	3.2	41.3	49.0	50.2

1 .3-Intensités :

L'analyse des précipitations journalière maxima et d'une grande importance pratique pour les études de protection contre les crues. Mais pour de petits bassins, il est conseillé de connaître les intensités des averses. L'intensité maximum des pluies et leur durée intervient énormément dans les écoulements. La reconstitution des intensités des pluies à Seraïdi, ont été faites d'une part à partir d'une enquête, et d'autre part par l'utilisation de l'hyétogramme de Ain Berda.

2. BASSIN VERSANTS :

La ville de Annaba, est située au fond d'un golfe où vient se jeter l'Oued Seybouse d'une part et les Oued drainant le bassin versant du massif de l'Edough.

2.1- Massif de l'Edough :

Le massif de l'Edough dont le point culminant est à 1006 m a un axe NE-SO se poursuivant au dessus du Lac Fetzara vers l'ouest dans les côteaux de Berrahal et de Tebaïga. Le noyau axial de l'Edough est formé de gneiss glanduleux qui s'élèvent jusqu'à la côte 1006 m sur le plateau du Bouzizi.

2.2- Hydrographie :

On peut distinguer dans ce massif montagneux cinq petits oueds et un grand :

- Deux, drainent les eaux du flanc N. W et déversent dans la mer « au Nord ».
- Deux autres, l'Oued Bouhdid et l'Oued Forcha qui se rejoignent pour former l'Oued Edheb drainent les eaux jusqu'à la mer.

Au pied de l'Edough, les eaux sont évacuées par un canal de ceinture. L'Oued Bouhdid prend sa source sur les hauteurs du mont à Seraïdi à la côte 1006m. Il est constitué de plusieurs affluents, notamment l'oued Oureïda, Harb... Le versant drainé par cet oued est très raide et la dénivelée est très importante. L'Oued Forcha draine un bassin versant nettement plus petit mais plus violent de par sa pente plus importante. Ceux sont ces deux Oueds qui feront l'objet d'une étude approfondie. Les deux derniers, l'Oueds Zrebet et l'Oued El Aneb déversent respectivement dans le lac Fetzra et l'Oued Kebir Ouest. Ces Oueds très courts, avec des pentes très fortes sont de véritables torrents avec des crues violentes et soudaines.

3. LES ECOULEMENTS :

Les écoulements son fortement influencés par le relief et les pentes très abruptes. Ils sont sur tout influencés par les intensités remarquables qui ont caractérisés des crues violentes et très rapides notamment par le volume ruisselé ainsi que le charriage généré (boue, troncs d'arbre...)

Caractères généraux des crues : Les crues ont débuté pratiquement à la même heure sur l'ensemble des oueds. Ce qui veut dire qu'elles sont engendrées par même averse. L'évolution des écoulements peut être interprétées comme suit :

- La 2^o averse a provoqué un faible ruissellement.
- La 3^o averse a engendré la crue.
- La 4^o averse a maintenu la crue.

Les hydrogrammes doivent présenter essentiellement deux points.

- la 1^o, très localisée entre 1h 30 et 2h00 selon les endroits.
- La 2^o, indéfinie dans le temps mais moins accentuée.

Débit résultant et volume ruissellement : Les débits obtenus par les méthodes déjà citées sont voisins, mais ne font pas ressortir le volume total ruisselé qui est une donnée importante pour des études d'assainissement.

A l'échelle du bassin versant total (32Km²) drainé par les Oueds Bouhdid, Harb et Forcha, la lame d'eau tombée est estimée à 115mm ; si nous attribuons un coefficient de ruissellement de 0.7 pour toute la pluie, et un temps de base de 7h (5h de pluie plus 2 h pour temps de concentration).

C .ENQUETE SUR LES CRUES EXEPTIONNELLES du 27 au 28 MARS 1973

1- INTRODUCTION

Les crues exceptionnelles du 27 au 28 mars 1973, qui eu lieu dans les oueds de la wilaya d'Annaba et de Tunisie, ont eu des conséquences catastrophiques tant sur le plan humain que social et économique. L'importance d'une étude hydrologique et météorologique de cet événement est donc primordiale. Le bureau des Etudes du milieu d'Annaba a élaboré à l'époque un document portant sur principalement les éléments nécessaires pour une telle étude à partir des données mesurées sur le terrain ainsi qu'une enquête au près de la population. Sur ce qui suit une synthèse du document élaboré par ce bureau est présenté pour ressortir la genèse de l'événement de cette crue exceptionnel.

2 .L'EVENEMENT

Ces crues sont dues à une perturbation atmosphérique qui a affecté la Sicile, la Tunisie, et l'Est Algérien sous un fort courant du Nord Est. La pression atmosphérique est tombée, le 27 Mars, à environ 1007 Millibars à Annaba Et 1003 Millibars en Tunisie. Il semble donc que le centre de la dépression a eu lieu sur la Tunisie. Les précipitations atmosphériques ont été exceptionnelles dans la journée du 27 Mars. Toutefois l'épisode pluvieux a débuté le 25 Mars et s'est poursuivi jusqu'au 29 Mars. Ces pluies intervenant

durant une saison assez humide, la saturation des sols ont dû être à un stade très avancé le 26 Mars, et il est certain que les coefficients de ruissellement ont atteint leurs limites maxima dans la journée du 27. Quelques relevés pluviométriques enregistrés au réseau du Bureau des Etudes du Milieu d'Annaba du 27 03 à 8h. au 28. 3 à 8h. Les hydrogrammes de crues qui ont été enregistrés sont complexes dans la majorité des stations. Il semble toute fois que ces crues ont été exceptionnelles tant en volumes ruisselés qu'en débits de pointe. Mais cette constatation n'est pas valable pour tous les oueds. Dans le bassin de la Seybouse, par exemple, d'après la population locale, on n'a jamais vu sur l'oued Mellah des crues aussi fortes depuis au moins **80 ans**; tandis que les oueds Cherf et Bouhamdane ont subi des crues beaucoup plus violentes en 1957, toujours aux dires de la population même les crues de 1970 à Medjez Amar II ont été un peu plus fortes. A **Mirbeck, sur la Seybouse**, les inondations ont été de loin plus étendues qu'en Novembre 1957 et en Janvier 1958. Ce qui ne peut s'expliquer que par une pluviométrie extrêmement intense sur le bassin du Mellah et celui de la basse Seybouse. Ceci se confirme par la violence des inondations du Bou Namoussa et du Kébir Est. D'autre part, il est étonnant que les crues de Décembre 1957 et Janvier 1958 qui d'après la population locale (propos confirmés en plusieurs endroits) ont été beaucoup plus catastrophiques sur le Bouhamdane et le Cherf, aient provoquées des inondations beaucoup moins étendues sur la basse Seybouse. Ceci pourrait s'expliquer par des pluies peut être aussi fortes mais plus concentrées sur la Wilaya de Constantine. Au Sud de la Wilaya, les crues ont été exceptionnelles à Morsott sur l'oued Ksob, tandis qu'à El Aouinet et Ouenza sur le Mellegue les crues de 1970 ont été plus fortes. Les crues à Souk / Ahras ont été exceptionnelles sans aucun doute et n'a jamais vu rien de pareil de mémoire d'homme.

Nous ne pouvons, pour le moment, donner des valeurs sur la probabilité de retour de ces crues, mais nous pouvons certifier qu'à Mirbeck par exemple la probabilité de retour de ces crues dépasse les **100 ans**. Une autre impression, est si le centre de ce tarage se situait plus à l'Ouest, de façon à englober complètement les bassins du Cherf et du Bouhamdane, il est certain que les crues de la Seybouse auraient été plus violentes et plus dévastatrices. La probabilité d'occurrence d'un tel événement reste à déterminer, mais définirait les crues maximales qu'on aurait à craindre la région.

3 . Enquête après les crues

1^{er} Etape : Détermination de la cote maximale et de son heure aux échelles limnimétriques.

- **OUED** : Mellah - **STATION** : Bouchegouf - **Côte maximale**: 660m

Heure: 17H00 (Approxim.) le 27/3/73

- La côte maximale a été relevée grâce aux traces de la crue à 4.00m environ à l'aval de la section des échelles principales.

- **OUED** : Bou Hamdane - **STATION** : Medjez Amar II- Côte maximale : 6,00m

(approximativement) **Heure** : 23H00 (Approxim..) le 27/3/73

La côte maximale a été estimée à partir des traces relevées par l'observateur le lendemain de la crue, sur le mur de soutènement de la cabine ainsi que sur des roches lessivées près de la cabine, à environ 15,00 à l'amont de la section des échelles. Aucune trace n'a pu être trouvée à la section des échelles en rive droite, mais en rive gauche, des traces donnerait un maximum de 5,60m. Elles n'ont pas été prises en considération vu que l'observateur a relevé 5,30 m avant son départ à 17H30 et que le maximum a eu lieu, d'après une enquête sûre dans la région vers 23H00. Si l'oued était monté à 5,60 m vers 17H15 et que cette côte correspond au maximum observé par les rives ainsi ils nous l'auraient confirmé.

2° Etape Vérification des relevés de l'observateur et du fonctionnement du limnigraphe.

- **Oued** : Mellah / **Station** : Bouchegouf : Les deux observateurs sont restés à la station jusqu'à 15H. Le 27. Ils ont dû évacuer la station car il y avait des risques de glissement de terrain juste au-dessus de la cabine. Ils n'ont pu effectuer des jaugeages, le compteur étant cassé. Le limnigraphe nous a donné l'allure de la crue en montée, mais en décrue la chambre de prise de pression a été endommagée et les échelles emportées, de sorte que la reconstitution de la décrue est très imprécise.

- **Oued** : Bou Hamdan/ **Station**: Medjez Amar II: L'observateur a quitté la station vers 17h, le 27. Le maximum a eu lieu vers 23H00. Le limnigraphe a cessé de fonctionner à partir de 17H 30 mais a été remis en service le lendemain 28.

- **Oued** : Ressoul /**Station** : Ain Berda : Le limnigraphe (0-3 m) a très bien fonctionné. L'observateur a lu l'échelle durant toute la crue.

- **Oued** : Seybouse/**Station**: Mirbeck :Le limnigraphe a bien fonctionné jusqu'à 10m le 27, mais c'est ensuite bouché. L'observateur a débranché la prise de pression et ne l'a remplacé que le 30. Les lectures d'échelles n'ont pas été effectuées du 27.à 17H au 30.à 8 heures.

3° Etape : Profils en travers et pente de la crue ont été effectués pour toutes les stations en fonctionnement notamment :-Bouchegouf - Medjez Amar II- Ain Berda – **Mirbeck** – Aine lAssel – Gastu Ain Charchar –Souk / Ahras – Moulin Rochefort – El Aouinet – Morsott –

Erkell – Zerga. Un autre profil en travers a été effectué sur la Seybouse près du village de Bou Namoussa . Ce profil a été effectué à la section la plus encaissée afin d'évaluer le débit maximal transité dans la Seybouse. Le débit maximal à la station de Mirbeck n'étant pas représentatif du débit total, d'importantes quantités d'eau ayant débordé dans la plaine.

4° Etape Cartographie des zones inondées de la plaine d'Annaba a été effectuée par la DHW d'Annaba. Une cartographie délimitant le lit majeur inondé de l'oued Seybouse dans la plaine de Guelma été effectuée par le Bureau des Etudes du Milieu.

4 .Recommandations

Le suivi des crues in situ a permis de tirer les recommandations suivantes :

1. formation de deux équipes de jaugeages, et des moyens de transport adéquat pour une meilleure mobilité et une couverture plus grande du terrain (routes coupés, ponts inondés...
2. Un système d'alerte contre les crues plus perfectionné que les communications téléphoniques des observateurs hydrométriques serait souhaitable.
3. Une étude pluviométrique de l'événement permet de choisir quelques observateurs pluviographiques qui judicieusement choisis contacteraient les secteurs lorsque la pluie enregistrée dépasserait une certaine limite.
4. La majorité des seuils ont très bien tenu lors des crues.
5. En pluviométrie, les tournées trimestrielles de contrôle se sont révélées efficaces. Le pourcentage des stations qui ont bien fonctionné a été élevé.

Conclusion

Ce sont les descriptifs des crues historiques et leurs effets sur l'environnement immédiat. Mais aussi, les moyens mis en œuvre naguère (qui n'ont pas plus évolué actuellement, si ce n'ai les moyens modernes de communication) qui donnent une idée sur la difficulté de contrôle et d'évaluation d'une crue dans une région telle que celle de Annaba objet de notre travail.

Cette partie historique est nécessaire, pour comprendre l'utilité des nouveaux outils disponibles actuellement. Qui répondraient plus précisément dans le temps, mais surtout dans l'espace aux aspirations et aux recommandations formulées par la synthèse que nous avons présenté précédemment.

CHAPITRE III

CHAPITRE III

MODELE NUMERIQUE D'ALTITUDE (MNA)

Le développement de l'informatique a permis l'apparition de la cartographie numérique et d'un nouveau moyen de représenter la Terre : le modèle numérique d'altitude (MNA). Cette information spatiale particulière aide à modéliser, analyser et représenter des phénomènes liés à la surface topographique.

1. Définition

Le modèle numérique d'altitude, est comme son nom l'indique, une représentation numérique du terrain en termes d'altitude. Il fournit des renseignements sur la forme et la position de la surface topographique pour une zone géographique donnée. Un MNA sera défini relativement à un système d'altitude et un système cartographique spécifique.

Le MNA consiste en un échantillon de données spatiales. Il donne une représentation partielle du terrain réel. La représentation des valeurs de l'altitude par un MNA est effectuée de manière discontinue et par intention. Or le relief est un phénomène géographique quantitatif spatialement continu, c'est-à-dire qu'il représente des valeurs distinctes en chaque point de l'espace. L'altitude d'un point quelconque sera alors calculée par interpolation ou extrapolation à partir des altitudes connues des points voisins : les altitudes sont dites alors distribuées. La fonction mathématique d'interpolation où d'extrapolation est choisie pour reproduire à partir de l'échantillon les informations altimétriques nécessaires à une application donnée, et si possible pour un maximum d'applications différentes.

Selon Laurini 1991, les modèles numériques de terrain est l'ensemble des procédures permettant de calculer l'élévation Z d'un point en fonction de celle des points voisins stockés dans une base de données. Intégrée dans un système d'information géographique, cette information joue le un rôle important, à l'instar des courbes de niveau et estompages (ombrages) dans une carte traditionnelle, avec cependant des possibilités d'exploitation bien supérieures, notamment en terme d'analyse spatiale.

Les MNT sont utilisés dans les applications telles que :

- Cartographie ;

- Aménagement et urbanisme, génie civil ;
- Géomorphologie, hydrologie, géologie,), prospection minière.
- Prévention des risques naturels (inondations, érosion)

2- ELABORATION DU MODELE NUMERIQUE D'ALTITUDE DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 INTRODUCTION

La description précise des caractéristiques d'une rivière et de sa plaine inondable est essentielle pour toute simulation hydrodynamique.

L'élévation du fond ainsi que les différents coefficients de résistances, sont les informations de base à introduire dans le simulateur. Cette tâche constitue un véritable travail de modélisation du relief, car il consiste à se ramener aux conditions réelles d'écoulement. Elles sont relatives à la topographie du cours d'eau, et aux différents paramètres hydrauliques qui influencent son écoulement.

Les variables décrivant le terrain sont regroupées dans une grille régulière qui forme le modèle numérique d'altitude MNA. La réalisation de ce MNA est l'objet de ce chapitre.

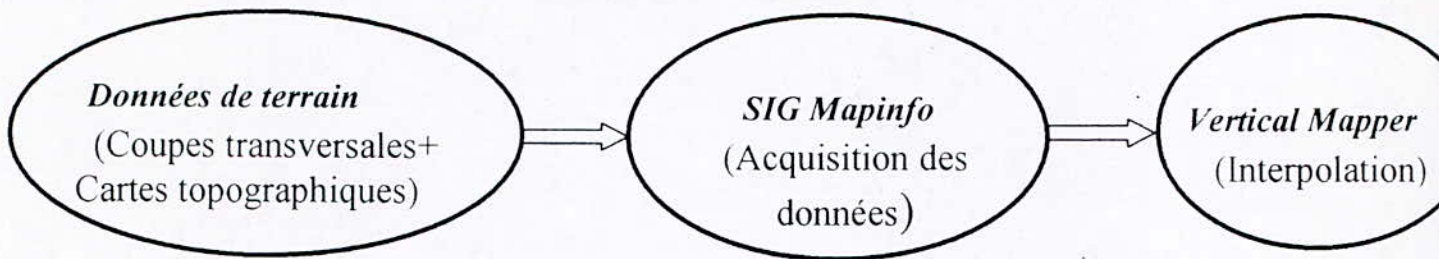
2.2 CREATION DU MNA DE LA ZONE D'ETUDE

Pour reproduire le relief exact du cours d'eau et de sa plaine, il faut construire le MNA (modèle numérique d'altitude) qui est une représentation numérique simplifiée de la surface d'un terrain, en coordonnées altimétriques (le plus souvent exprimées en mètres par rapport au niveau de la mer) et planimétriques calées dans un repère géographique. Ces données peuvent être aussi intégrées dans un système d'information géographique sous forme de thèmes (couches). Cette information joue un rôle important pour la définition :

- Des courbes de niveau du terrain ;
- Des limites physiques du domaine d'écoulement (frontières physiques) ;
- Des sections intermédiaires qui seront utiles pour l'introduction des conditions aux limites et l'exploitation des résultats ;
- Du niveau normal qui permet de définir la zone mouillable et la zone mouillée dans la rivière.

Pour créer le MNA de notre zone d'étude, nous avons procédé en deux étapes :

- 1) Acquisition des données de terrain ;
- 2) Interpolation entre ces données pour créer de nouveaux points



2.3. Intégration des données dans le SIG MAPINFO

2.3.1 Présentation du Logiciel

Le système de gestion de base de données localisée MapInfo créé par MapInfo Corporation, est un logiciel qui vous donne les moyens d'accéder et d'analyser des données d'intérêt organisationnel par la cartographie

La technologie développée par Mapinfo permet de réaliser, sur micro-Ordinateur, des opérations jusque là réservées aux gros Systèmes. En utilisant la géographie, vous pouvez mettre en corrélation des données qui proviennent de différentes bases de données dans une seule vue cartographique. MapInfo, permet d'être en mesure rapidement de découvrir des relations, tendances ou modèles qui autrement seraient passés inaperçus. Utiliser des solutions géographiques, c'est se permettre de voir entre les lignes et les colonnes d'un tableur ou d'un rapport qui provient d'une base de données

Mapinfo permet de prendre des décisions dans des temps limités, d'approfondir les analyses, améliorer l'efficacité des opérations à l'intérieur d'une organisation ou d'augmenter sa compétitivité.

Les principales fonctionnalités de Mapinfo sont :

- Base de Données Relationnelle intégrée.
 - Puissantes fonctions d'analyses thématiques et géographiques.
 - Connexion client/ serveur directe et standard à l'ensemble des bases de données Distantes supportant ODBC.
 - Accès permanent aux données associées aux cartes.
 - Accès direct aux données Access.
- Lecture directe des formats dBase, Excel, Access, Lotus 1-2-3 et ASCII

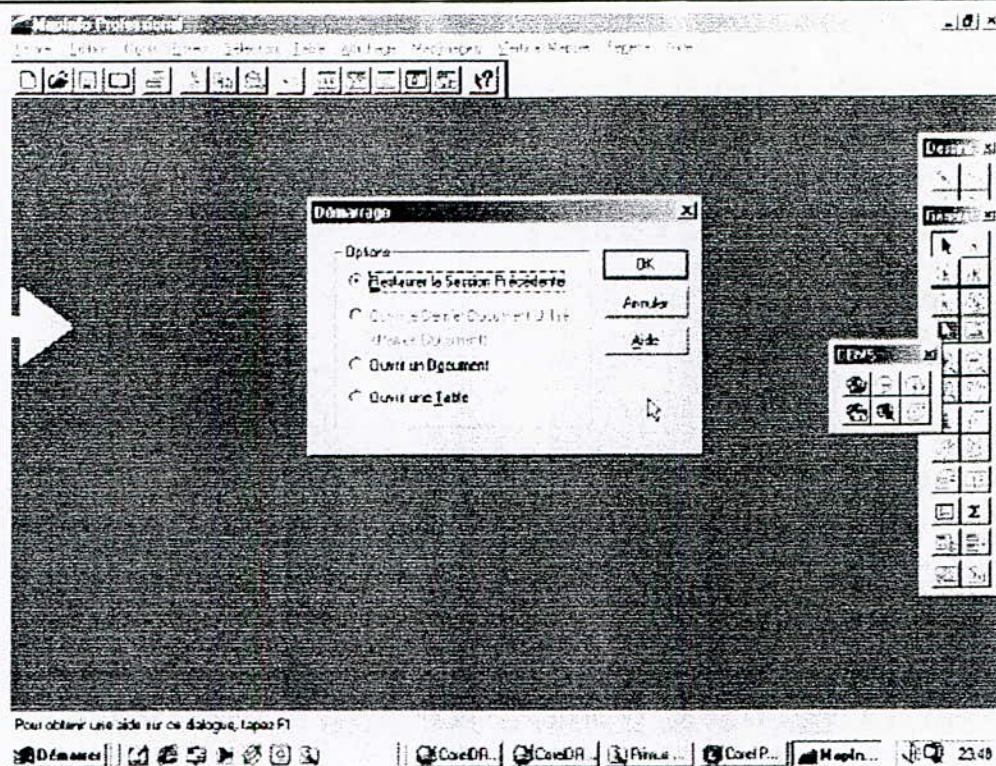


Fig N°III.1 interface du logiciel Mapinfo.

La première des choses à faire est de scanner les cartes topographiques. La scannérisation s'est faite avec le format A0. On obtient des images raster (formées de pixels). Ces images seront importées et assemblées dans le système d'information géographique MAPINFO pour pouvoir reconstituer une carte unique de la vallée.

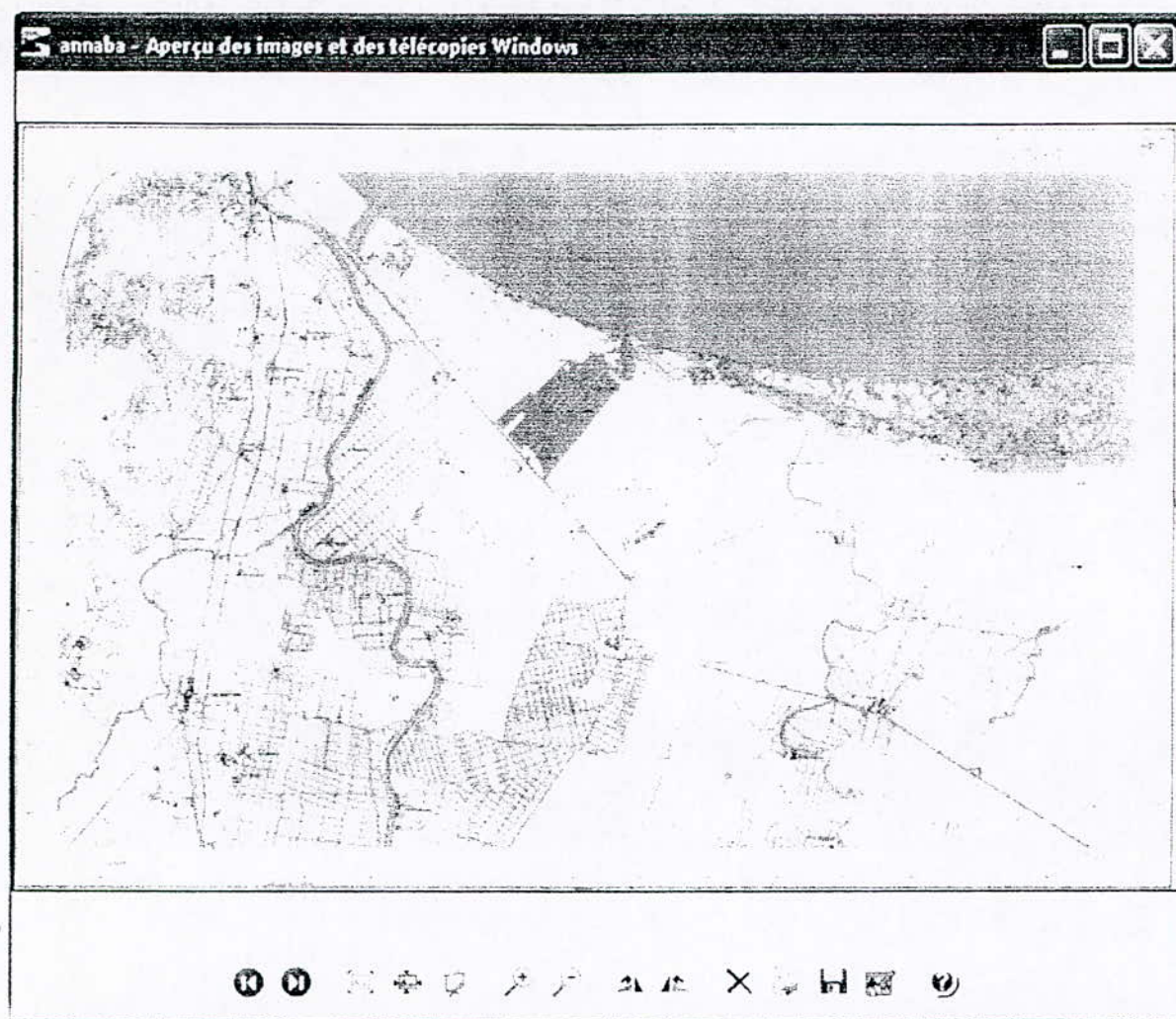


Fig N°III.2 carte Topographique scannée de la région de Annaba à l'Echelle 1/25 000e

2.3.2 Calage

Pour pouvoir connaître les coordonnées de chaque point sur la carte, il faut passer à l'étape de calage. Elle consiste à introduire la projection de la carte topographique, et de repérer au moins quatre points connus sur la carte. En appuyant sur le bouton projection nous introduisons les projections de nos cartes. Celles utilisées dans notre travail sont en coordonnées Lambert Algérie.

Nous choisissons sur les différentes cartes topographiques qui sont de l'ordre de quatre (4), quatre points de repère. Une fois ces différents points repérés, nous saisissons leurs coordonnées réelles.

En cliquant sur chacun des points de repères, on introduit ses coordonnées. On dit que la carte est calée.

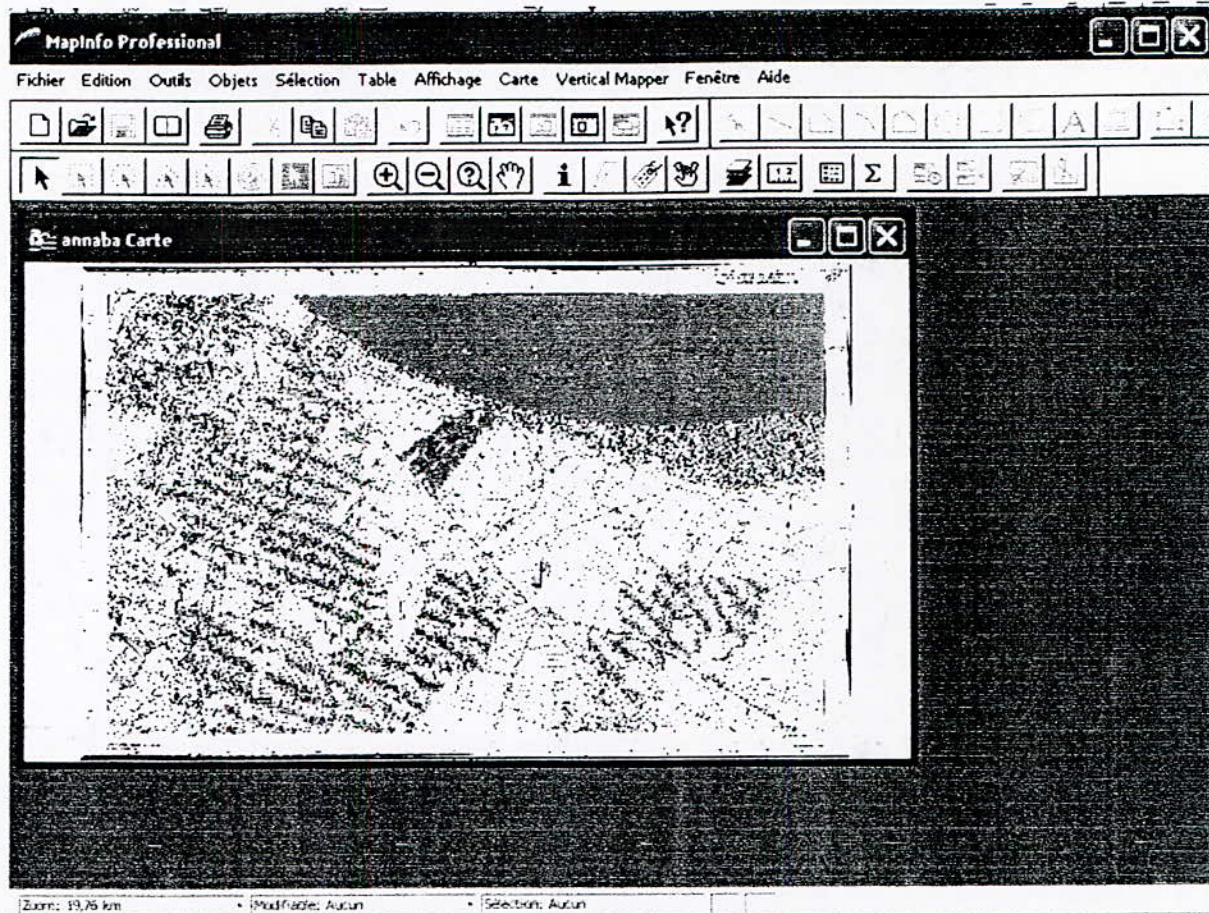


Fig N°III.3 carte Topographique scannée de la région de Annaba à Echelle 1/25 000e

2.3.3 Digitalisation

Elle consiste à vectoriser les objets déjà cités (points, courbes de niveau), c'est-à-dire former une couche thématique. Mais l'information dont on aura besoin, n'est pas seulement l'objet lui-même, mais son information attributaire qui est formée des coordonnées planimétriques x , y et altimétriques z de chaque point.

Pour pouvoir tirer cette information de la carte, il faut lui associer une table qu'on doit définir, en trois colonnes. En cliquant sur chaque point, les coordonnées géographiques x , y sont enregistrées automatiquement dans la table, mais l'élévation z doit être introduite manuellement à l'aide du clavier.

Une fois l'opération terminée (digitalisation de tous les points sur la carte), la table est exportée sous format « test », pour qu'elle puisse être utilisée par le logiciel Vertical Mapper, qui va nous servir à réaliser l'interpolation.

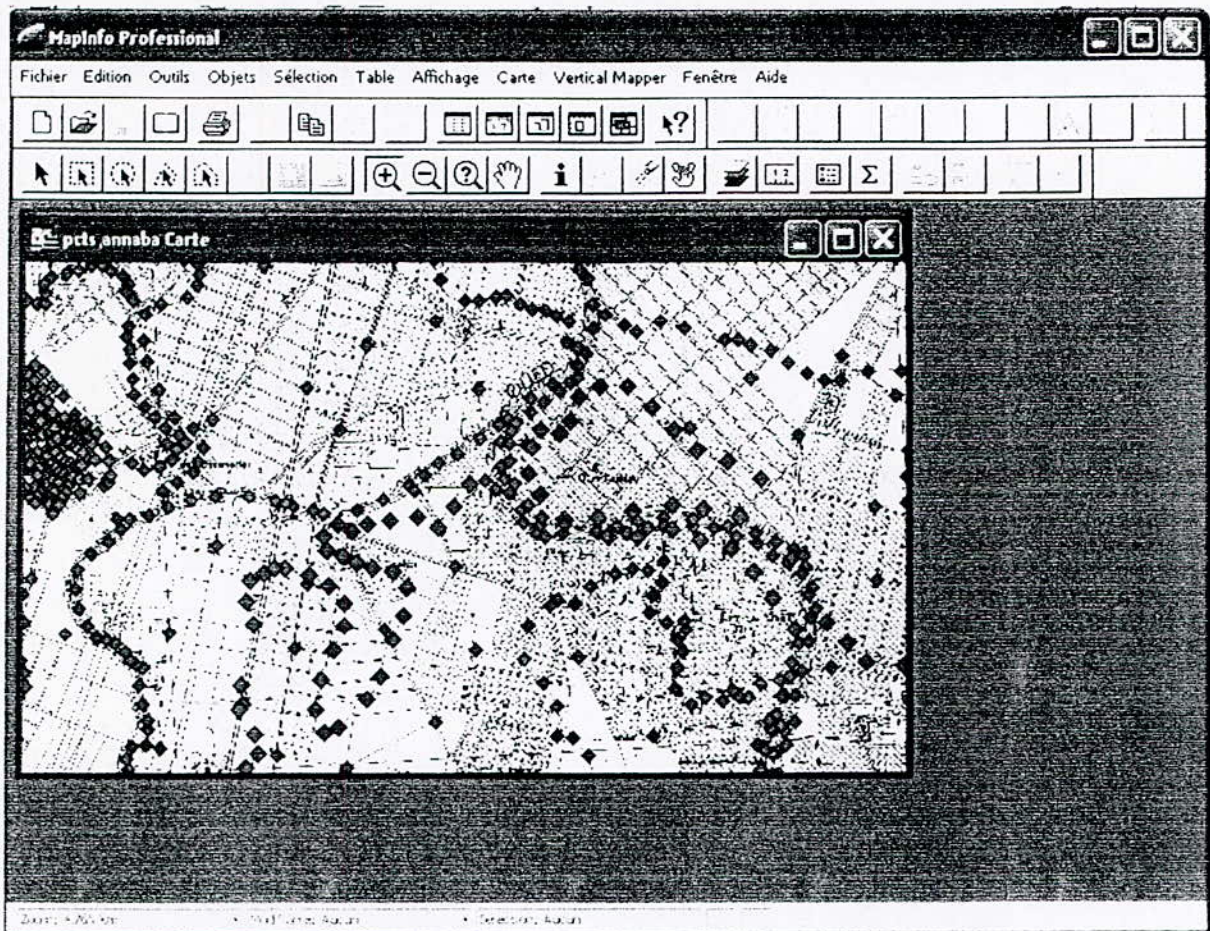


Fig N°III. 4 carte Topographique digitalisée de région de Annaba à l'Echelle 1/ 25 000e

2.3.4. Interpolation

Les variations d'une place à une autre de la plupart des propriétés observables à la surface de la Terre, tel que l'élévation z , sont souvent erratiques et irrégulières. Une fonction mathématique simple ne peut les décrire. Elle semble même relever du pur hasard. Pour cela il est inutile d'essayer d'écrire la valeur de z comme une régression polynomiale sur l'ensemble de la surface à modéliser, car une telle interpolation ne serait qu'un modèle grossier de la surface, et ne reflète pas la nature exacte du relief. Donc on utilise, d'autres méthodes plus justes, qui sont basées sur les interpolations spatiales, pour lesquelles chaque valeur interpolée utilise simplement les valeurs mesurées les plus proches et non l'ensemble. C'est l'une de ces méthodes ; méthode TIN qui est utilisée pour créer le MNA, avec le logiciel **Vertical Mapper**.

Les avantages de l'interpolation (Hamouche 2003) sont :

- Modélisation, donc possibilités d'appliquer le modèle hydrodynamique à l'ensemble de la zone d'étude;
- Meilleure visualisation du relief ;
- Modélisation du relief, avec quantification de son impact sur l'écoulement.

Après avoir traité la carte Topographique digitalisée de la région de Annaba à l'Echelle 25 000° à l'aide de Vertical Mapper. On obtient le MNA en fig N°III.5 de la région d'étude que l'on visualise en 3D (voir fig N°III.6) ainsi que d'autres types cartes tels que carte des courbes de niveaux, carte des directions, carte des pentes fig N°III.7...

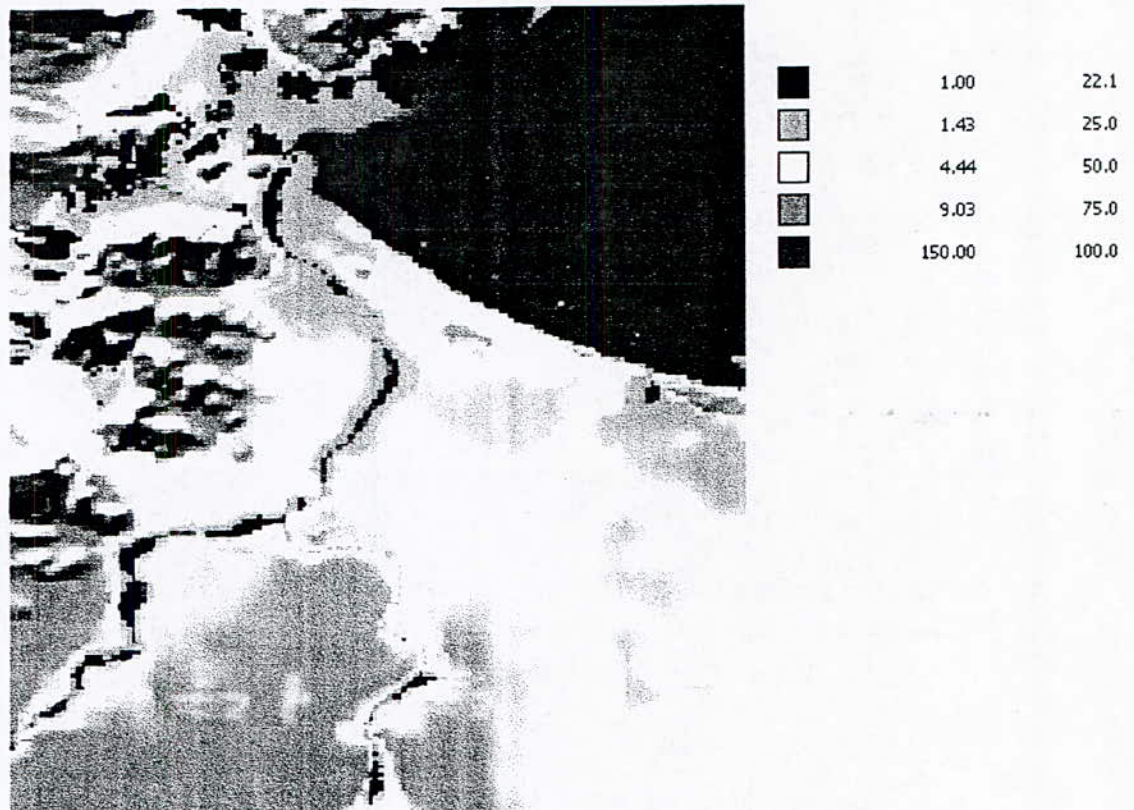


Fig N°III.5 MNA de la zone d'étude

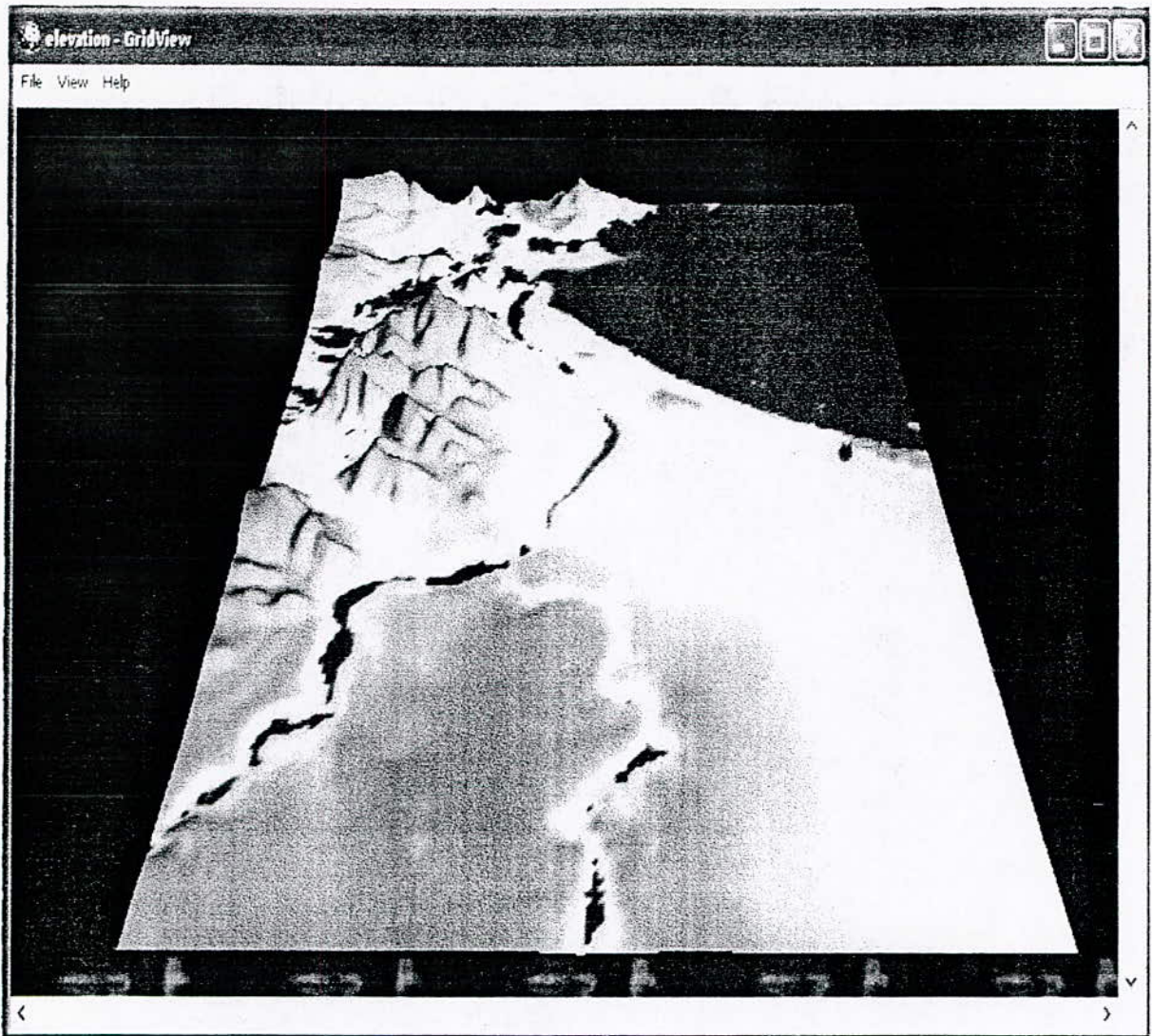


Fig N°III.6 carte 3D du MNA

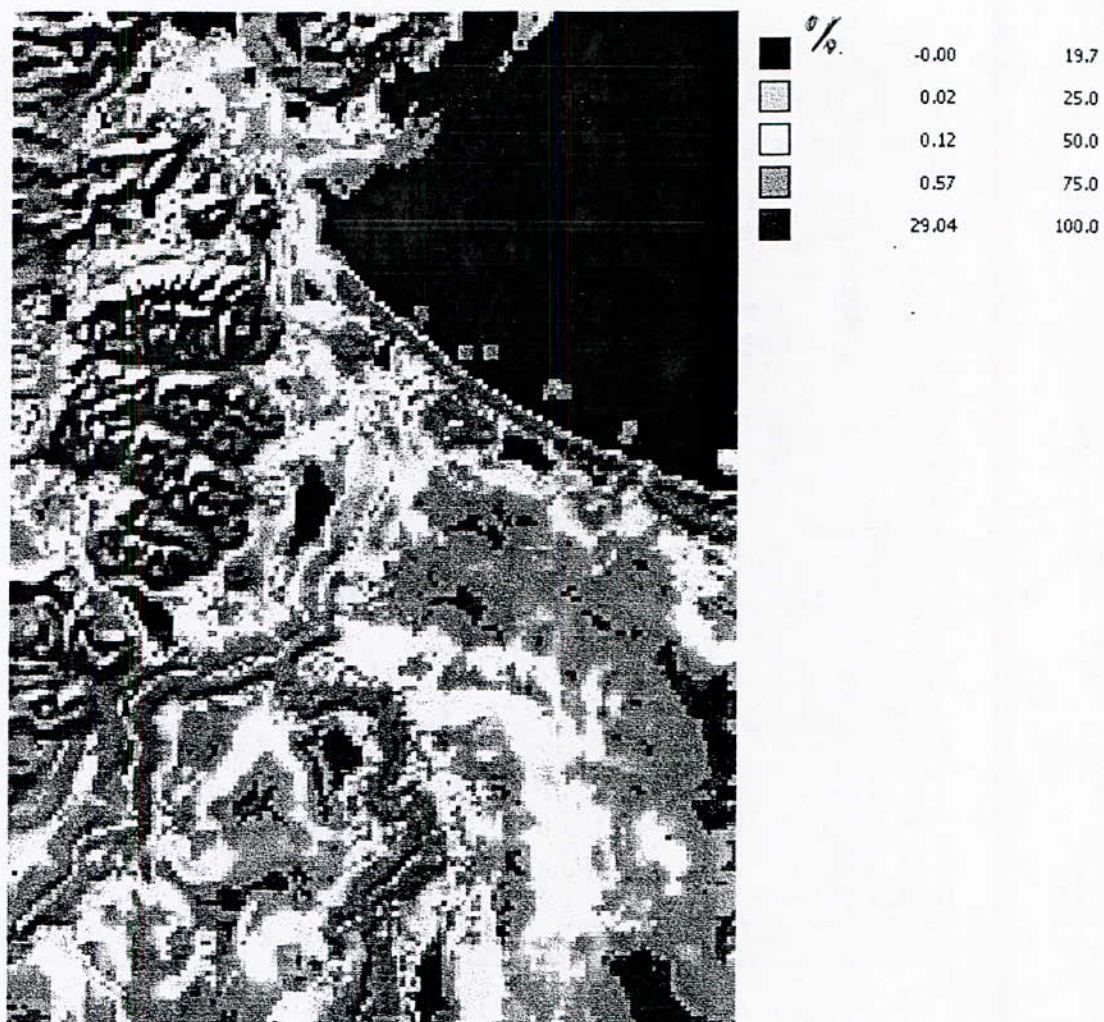


Fig N°III.7 carte des pentes du MNA

3. Conclusion

L'élaboration du MNA de la région étudiée ainsi que l'ensemble des sorties possibles des logiciels utilisés dans cette partie, nous permet de disposer en format numérique convivial toutes les informations susceptibles d'être utilisées par la suite dans notre travail. Nous pouvons ainsi extraire les données qui seront introduites dans les étapes suivantes de notre travail.

CHAPITRE IV

CHAPITRE IV

LE MODELE NUMERIQUE FESWMS

1. INTRODUCTION :

Avec l'avènement du calcul numérique et la performance des outils de calcul, l'hydraulique a connu ces dernières années des avancées considérables.

La résolution des équations décrivant le mouvement d'un fluide réel a toujours été un véritable casse tête pour l'hydraulicien car les problèmes traités sont souvent ouverts (le nombre d'inconnues est supérieur aux nombre d'équations). Ceci est dû d'une part au caractère turbulent de l'écoulement et d'autre part à la présence des termes non linéaires dans les équations.

Devant l'amélioration des performances des calculateurs, tant en espace mémoire qu'en vitesse de calcul, la mécanique des fluides numériques s'est développée grâce à une panoplie de *codes de calcul* conçus par différents spécialistes du domaine. Parmi ces logiciels, nous pouvons citer : *PHOENICS, FLUENT, TELEMAC, HEC-2D,...*

La modélisation des écoulements à surface libre peut être réalisée en ayant recours à différents modèles numériques.

- **Modèles unidimensionnels** : Ils sont généralement utilisés pour modéliser les écoulements ayant une direction privilégiée et vérifiant l'hypothèse de la pression hydrostatique. Dans ces modèles, la résolution des équations de Saint Venant 1D détermine pour chaque section la hauteur et le débit (ou la vitesse moyenne dans cette section). A titre d'exemple, nous citons : *MIKE11, HEC-2, ...*
- **Modèles bidimensionnels** : Les modèles 2D, plus complexes que les premiers résolvent les équations de Saint Venant 2D. La description du phénomène physique est plus précise puisqu'elle nous permet de déterminer la hauteur d'eau H et les deux composantes (U, V) de la vitesse moyenne sur la verticale. A titre d'exemple nous citons : *FESWMS, TELEMAC-2D, MIKE 21, River 2D, HYDROSIM, ...*
- **Modèles tridimensionnels** : Pour rendre compte de la réelle complexité des phénomènes naturels, le recours aux modèles 3D s'avère inévitable. Dans ce cas, les équations de Navier Stokes sont résolues sans tenir compte de l'hypothèse de pression hydrostatique. Les modélisations tridimensionnelles sont beaucoup moins répandues que les précédentes à cause des capacités des moyens informatiques qui ont été longtemps insuffisants pour résoudre les équations en 3D. Actuellement, les développements technologiques de l'informatique et les efforts consentis pour palier à ce problème permettent d'aller au-delà de cette restriction même si les temps de calcul restent toujours importants. A titre d'exemple nous citons : *TELEMAC 3D*

Dans ce présent travail nous avons opté pour le choix d'un modèle bidimensionnel à savoir le FESWMS. Ce dernier est du domaine public (Open source) et téléchargeable sur Internet à l'adresse : <http://water.usgs.gov/software/feswms.html>

2. PRESENTATION DU CODE FESWMS :

FESWMS : Finite element Surface Water Modelling System

FESWMS est un ensemble modulaire de programmes informatiques développés pour simuler les écoulements à surface libre qui sont essentiellement à deux dimensions dans le plan horizontal. Il est conçu pour analyser l'écoulement autour des piles de ponts où les conditions hydrauliques complexes et irrégulières existent. En outre, il peut être appliqué pour l'étude d'autres types d'écoulements à surface libre : *permanent ou non permanent*.

FESWMS calcule les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement aux niveaux des différents nœuds constituant le maillage du domaine d'écoulement. Il est applicable pour l'étude des écoulements dans les rivières (ou oueds) en eau peu profonde, les plaines inondées et les estuaires.

FESWMS permet en effet de :

- Simuler les écoulements même en présence des irrégularités topographiques ou géométriques ;
- Tenir compte des effets du frottement au fond ainsi que des phénomènes de turbulence ;
- Tenir compte du transport de sédiments au niveau du cours d'eau.
- Tenir compte des contraintes de cisaillement en surface dues au vent ;
- Tenir compte de l'effet de rotation de la terre (*accélération de Coriolis*).

Ce programme permet de résoudre les équations de la dynamique et de continuité intégrées sur la profondeur en posant différentes hypothèses fondamentales dont celle de la pression hydrostatique.

La discrétisation spatiale est de type éléments finis P^2 pour les vitesses U, V et P^1 pour la hauteur d'eau.

Le corps du modèle est formé par les trois (03) programmes, séparés mais complémentaires, suivants :

- Le module d'introduction de données 'Data Input module' : DINMOD ;
- Le module de simulation proprement dit 'Depth Averaged module' : FLOMOD ;
- Le module de visualisation : 'Analysis output module' : ANOMOD.

2-1- Données d'entrée :

Pour faire tourner le code de simulation FESWMS un certain nombre de données doit être spécifié :

- Le fichier de données définissant les conditions aux limites.
- Fichier contenant les conditions initiales.
- Le fichier contenant les propriétés des matériaux constituant le lit du cours d'eau.
- Les paramètres du modèle ainsi que les informations sur les éléments finis.

2-2- Données de sortie :

Les fichiers de sortie sont donc :

- Le fichier des vitesses moyennes dans le plan horizontal ;
- Le fichier des niveaux d'eau.

En raison de la *non convivialité* et la *non interactivité* des pré et post processeurs (DINMOD et ANOMOD) le recours à d'autres logiciels plus interactifs et plus conviviaux grâce à leurs interfaces graphiques se trouve justifiée. Dans notre travail, nous utiliserons pour la

préparation des données les logiciels EMC2 et YAMS et pour la visualisation VISU et MEDIT. Nous signalons toutefois qu'ils sont développés au sein par l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA). Le module de simulation FLOMOD applique la méthode des éléments finis pour résoudre les équations qui gouvernent le phénomène physique

3. OUTILS DE MAILLAGE ET DE VISUALISATION

Avant d'entamer la simulation numérique, les données nécessaires doivent être préparées. Les données sont de type topographique (le maillage de la géométrie du domaine de l'écoulement), hydraulique (hydrogramme de crue, le transport de sédiments et les mesures liées au vent) et physique (rugosité du sol, la masse volumique de l'eau, la masse volumique de l'air, etc.).

Les modules de maillage, d'introduction des données et de mise en œuvre dans le code ne sont pas entièrement interactifs. L'amélioration de cette procédure numérique devrait permettre un dialogue plus souple et plus compréhensible avec l'utilisateur tout en se chargeant de créer des fichiers de lecture adéquate du code numérique. Pour cela, on a choisi d'utiliser les moyens développés à l'INRIA et de les adapter via des interfaces conviviales. Il s'agit de logiciels de maillage et de visualisation très performants et ayant un certain degré d'interactivité (EMC2, YAMS, MEDIT et VISU).

3.1 Outils de maillage (interface f)

L'**interface f** est une succession d'exécution de programmes et d'utilisation d'outils de maillage 2D et 3D pour la préparation du maillage du domaine de l'écoulement nécessaire pour le calcul numérique. Les données introduites sont de type topographique. Ces données nous parviennent du modèle numérique de terrain ou d'un système d'information géographique. Les données topographiques seront enregistrées dans un fichier « xxx ». Ce fichier contient des points particuliers de la géométrie décrits par leur coordonnées (x, y, z). un deuxième fichier nommé « data », ayant un format précis, doit être créé et inclure:

- Le préfixe du nom de fichiers « xxx » ;
- Le nombre de sommets ;
- Le nombre de coins et leurs numéros ;
- Le nombre d'arêtes et leur connectivité ;
- La pondération suivant x, y et z ;
- L'élévation de l'eau à l'entrée, à la sortie, la longueur de la rivière et la tolérance sur la hauteur ;
- L'abscisse de l'entrée et de la sortie.

Les programmes utilisés dans cette section vont faire appel au fichier « data » dont on explicitera l'intérêt au fur et à mesure. Les fichiers sont présentés dans des ellipses, les programmes et les logiciels utilisés sont présentés dans des rectangles à coins arrondis. Les bulles en gris représentent les commandes utilisées pour faire appel à ces programmes via l'interface de l'application mère, qui sera présentée ultérieurement

3.1.1 Utilisation d'EMC2

EMC2 est un logiciel d'édition de maillage et de contour à deux dimensions. La première étape consiste à réduire l'échelle de la géométrie, en faisant appel au programme **echellemc2.f**. Ce dernier créera deux fichiers : « *xxx-E* » où les coordonnées des points sont pondérées par l'échelle indiquée dans le fichier « *data* » et « *xxx-E-Z* » qui ne contiennent que les coordonnées *x* et *y* des points donnés.

L'utilisation du logiciel EMC2 consiste en trois applications :

- a. **CONSTRUCTION**: Dans cette étape, on saisit le nom du fichier « *xxx-E-Z* », puis on définit le contour du domaine par des segments, des splines ou par des arcs en suivant les points affichés.
- b. **PREP-MESH** : Dans cette application, on doit définir la discrétisation sur les entités définissant le domaine et des sous-domaines ainsi que les numéros de référence. Dans notre cas, on ne doit pas rajouter de points à la discrétisation du domaine car tout point rajouté génèrera une erreur dans les étapes qui suivent, essentiellement dans la récupération de la composante *z* des points.
- c. **EDIT-MESH** : Cette étape permet de générer le maillage. Le programme construit le maillage triangulaire des sous-domaines définis à l'étape précédente.

Après que le maillage 2D soit généré, il est sauvegardé sous l'extension « *.amdba* » et de préfixe « *xxx-E* ».

Comme il a été déjà mentionné, EMC2 est un éditeur de maillage et de contour en 2D. Les problèmes traités moyennant le code FESWMS sont de nature 2.5D et on a besoin de faire le maillage de surfaces courbes tridimensionnelles. C'est pourquoi, partant d'un maillage plan généré par EMC2 sans enrichissement de points, on affecte aux différents points la cote *z* provenant à ce niveau de MNT ou du SIG. Cela sera réalisé par le programme **maillpascal**. Partant du fichier '*xxx-E.amdba*' et du fichier « *xxx-E* », ce programme affecte la composante *z* appropriée à chaque nœud et donne lieu au fichier « *xxx-E.mesh* » d'une part et associe à chaque sommet une métrique spécifiée dans le fichier « *data* » pour créer d'autre part le fichier '*xxx-E.bb*'.

3.1.2 Utilisation de YAMS

YAMS est un logiciel de remaillage de surface. Il part d'une triangulation de surface arbitraire pour faire un maillage de surface 3D courbe. Le maillage 3D généré est décrit par le format « *.mesh* » ou dans le format « *msh2* ». Ce dernier est composé de deux fichiers : l'un d'extension « *.points* » et l'autre d'extension « *.faces* ».

a. *Le format mesh* :

Ce format contient toutes les informations nécessaires pour décrire entièrement la géométrie du domaine et des sous-domaines. En plus des coordonnées des nœuds avec leurs références et les sommets avec leurs connectivités. Il contient des informations additionnelles telles que les arêtes, les bords et les coins.

Le format msh2 :

Ce format est composé de deux fichiers ASCII : « *xxx.points* » et « *xxx.faces* » qui décrivent, respectivement, la géométrie (les coordonnées des nœuds) et la topologie algébrique du maillage de surface (listes des éléments et des nœuds).

Quelques options du logiciel :

Pour exécuter YAMS, on utilise la commande suivante :

```
Yams xxx-E [-h][...][prefix file output]
```

Où:

- *[-h]* : est spécifié par la commande *[-O n]*, où le paramètre *n* indique :
 - 0 : pour l'optimisation ;
 - 1 : pour l'enrichissement du maillage ;
 - 1 : pour simplifier le maillage.
- *[prefix file output]* : spécifier le format de fichier ;

D'autres options peuvent être spécifiées sur la ligne de commande :

- v : pour avoir plus d'informations durant le traitement ;
- b : enregistre la métrique dans un fichier d'extension « *.bb* » ;
- e : enregistre les normales, les tangentes, etc.... à la fin du fichiers d'entrée ;
- f : enregistre sous le format ASCII le fichier de sortie ;
- m : indique la capacité de la mémoire en MegaBytes ;
- nm : crée les points sur les bords ;
- no : pour ne pas enregistrer le résultat ;

YAMS cherchera d'abord le fichier de la géométrie présenté par l'extension « *.mesh* » et celui de la métrique par « *.bb* ». Si YAMS ne trouve pas un fichier de métrique associé, il fera la triangulation suivant une métrique par défaut. Donc, la première opération de YAMS consiste à enrichir la surface à mailler. Ceci se fera par l'une des commandes suivante:

1. *Yams xxx-E -O 1 -mesh -bb -m 100*
2. *Yams xxx-E -O 1 -msh2 -bb -m 100*

On récupère respectivement, dans un premier temps le fichier « *xxx-E.d.mes* » ou deux fichiers d'extension « *.points* » et « *.faces* », selon la commande choisie par l'utilisateur. Le fichier de sortie doit être retraité pour une meilleure représentation du domaine. Pour diminuer le nombre de point on utilise la commande suivante :

```
Yams xxx-E.d -O -1 -msh2 -bb -m 100 [...]
```

ou pour une optimisation qualitative (bouger les nœuds et les arêtes) du maillage, on fait :

```
Yams xxx-E.d -O 0 -msh2 -bb -m 100 [...]
```


A présent, on remet l'échelle pour revenir à l'état initial en utilisant le programme **visu-yams.f** et ceci avant de passer à la génération du maillage P^2 . Ce programme crée à partir du fichier « *xxx-E.d.points* » un fichier de sortie « *xxx.d.point* ». Le fichier « *xxx-E.d.faces* » ne subira aucune transformation mais, pour garder les mêmes notations, il sera renommé « *xxx.d.face* ».

Le maillage final généré par YAMS est de type P^1 : chaque élément est représenté uniquement par les points sommets et ne contient aucune information sur les nœuds milieux.

L'étape suivante, consiste à générer à partir du maillage P^1 un maillage P^2 suivant un format adapté au code FESWMS. A ce niveau, on aura recours aux sous-routines de la bibliothèque MODULEF.

3.2 Outils de visualisation :

3.2.1 Utilisation de VISU

La première étape de la visualisation par VISU consiste à saisir le maillage P^1 sur lequel les résultats seront visualisés, il s'agit de « *xxx-P1.mesh* ». La deuxième consiste à présenter la solution. Dans cette étape la représentation peut se faire de deux manières :

- a On représente la solution scalaire représentée dans un fichier *H.bb* sur le maillage déformé en remplaçant $z=z+H$.
- b. Ou bien on superpose le maillage initial avec le maillage de la surface de l'eau *xxx.ti-H.mesh*.

Pour ce faire, voir les étapes décrites dans le manuel d'utilisation **interface -f** (visualisation avec visu)

3.2.2 Utilisation de MEDIT

De même que VISU, la solution peut être représentée de deux manières moyennant **MEDIT** : la première est analogue à celle adoptée pour VISU, c'est à dire sur la géométrie du domaine « *xxx-P1.mesh* », une représentation d'un champ de solutions scalaires associé aux nœuds peut être fait en :

- donnant un même préfixe aux deux fichiers, c'est à dire changer leur appellation par exemple : *xxx1.mesh* et *xxx1.bb* ;
- lançant **médit** en lui précisant comme argument le préfixe du nom des fichiers.

Une autre façon de faire est d'appeler **fondre** qui permet de superposer deux maillages. Dans notre cas, il s'agit de « *xxx-P1.mesh* » et « *xxx.ti-H.bb* ». Le maillage résultant sera du même format (*.mesh*). **Fondre** est une technique qui permet, en outre de superposer deux maillages, d'appliquer des transformations sur un maillage : dilatation, translation, rotation, etc.

3.2.3 Utilisation de SMS

SMS est un logiciel complet bâti autour de FESWMS. Il contient un visualiseur 2D, un mailleur et différents simulateurs parmi lesquels FESWMS est intégré. Comme on ne dispose

que de la version 'Demo', le pré-traitement est limité à la génération du maillage sans pouvoir le sauvegarder. Notre utilisation de SMS se restreint alors à la visualisation des résultats.

SMS nécessite pour entrée le fichier d'extension « .fil » dans lequel sont enregistrés tous les noms des fichiers utilisés par le logiciel : le fichier contenant les résultats qui est d'extension « .flo » et celui du maillage « .net ». Il est désormais possible de lire le maillage P^2 en ouvrant le fichier « .fil ». Pour visualiser la solution, il faut ouvrir le fichier « .flo ». La solution s'affiche alors superposée sur le maillage. Toute une gamme d'options est offerte à l'utilisateur pour choisir le mode d'affichage, les solutions à visualiser (vitesses, hauteur d'eau, surface d'eau, solution vectorielle, solution scalaire, ...), selon les besoins.

Remarque : Le mailleur et le visualiseur de SMS sont certes pratiques mais ne peuvent prétendre en aucun cas à remplacer les outils « INRIA » sur le plan de la performance et de la visualisation 3D.

4. EXECUTION DU PROGRAMME FLO2DH :

Avant de lancer l'exécutable du code FESWMS, un certain nombre de conditions doit être spécifié dans le fichier data. Lors de l'exécution du code FESWMS, un certain nombre de conditions doit être spécifié pour pouvoir lancer la simulation. Ces conditions sont

4.1. Conditions initiales :

A l'instant initial $t=t_0$, les vitesses moyennées sur la profondeur U, V dans les directions x et y respectivement et la profondeur d'eau H doivent être spécifiées comme conditions initiales du problème dans tous les points du domaine soit pour l'écoulement stationnaire ou instationnaire. Notons que les conditions initiales sont rapidement *oubliées* par l'écoulement, mais influencent le temps de convergence des résultats. Oubliées Nous distinguons deux types de conditions initiales

a. Démarrage à chaud :

Quand des résultats antérieurs de simulation sont disponibles, ils peuvent être introduits et utilisés comme des conditions initiales pour une éventuelle nouvelle simulation. La solution peut ne pas converger si les variations du maillage et des conditions aux limites sont significatives.

b. Démarrage à froid :

Si on ne possède pas de résultats de simulation antérieurs dans le cas où on met en marche le modèle pour la première fois, les conditions initiales sont inconnues et le *démarrage à froid* est utilisé. Dans ce cas, on adopte généralement une élévation du plan d'eau identique pour tous les nœuds du maillage et les vitesses sont prises égales à 0 partout dans le domaine. Ces conditions se traduisent alors par :

$$\begin{cases} U = V = 0 \\ H = Z_w - Z_f \end{cases}$$

4.2. Les conditions aux limites :

La définition des conditions aux limites nécessite l'introduction de relations particulières sur les frontières du domaine de calcul. Ces conditions sont de type valeurs imposées, sortie ou entrée libre, parois solide...

Les conditions aux limites sont spécifiées autour du domaine du maillage pour toute la durée de la simulation. Elles consistent en l'introduction du flux normal ou de la **contrainte**

normale et le flux tangentiel ou la contrainte de cisaillement en chaque point du maillage constituant la frontière du domaine.

Le besoin en informations au niveau des frontières dépend du type de cette même frontière et des conditions de l'écoulement. Physiquement, il existe deux types de frontières qui sont le plus souvent rencontrées dans l'écoulement à surface libre (voir figure IV.1).

- Les frontières fermées frontières à flux nul ;
- Les frontières ouvertes.

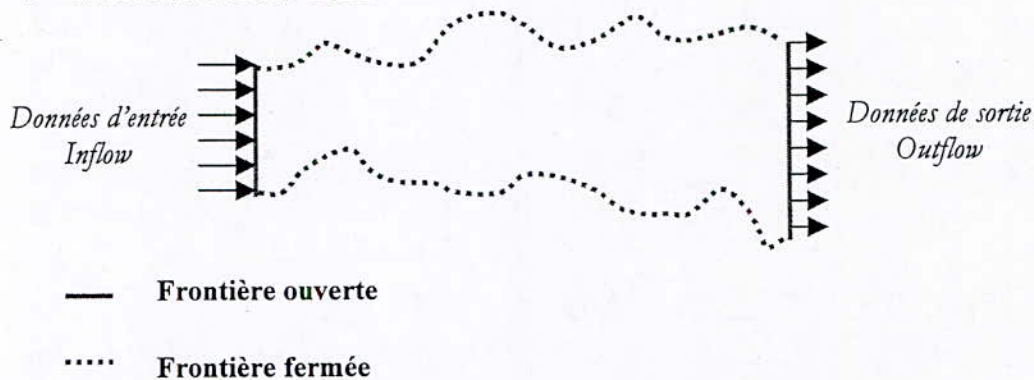


Figure IV.1 : Schéma représentant les frontières d'un domaine d'écoulement

4.2.1. Frontières fermées :

La frontière fermée définit les caractéristiques géométriques telles que les limites naturelles d'écoulement, les piles de ponts, les îles, les digues, les barrages... Généralement l'écoulement à travers une frontière fermée est souvent nul, ceci conduit à considérer que le débit normal unitaire à la frontière fermée est nul $q_n = 0$. La vitesse normale U_n est égale à zéro partout sur la frontière fermée. D'autres conditions supplémentaires doivent être spécifiées. En effet, le débit tangentiel unitaire, la contrainte de cisaillement tangentielle ou une relation liant le premier à la deuxième, doivent être introduits en considérant qu'il y a glissement ou non glissement.

a. Conditions de glissement :

Elle permet l'écoulement dans la direction tangente à la frontière en chaque nœud constituant le maillage et impose une contrainte nulle à la frontière. Cette condition est souvent utilisée quand la frontière libre représente un mur vertical imaginaire (fictif) où la profondeur d'écoulement est petite et les contraintes de cisaillement sont négligeables.

b. Condition de non glissement :

Dans ce cas, les vitesses sont prises égales à zéro. Cette condition est utilisée quand les vitesses tout le long de la frontière sont très petites et le maillage est construit de manière très fine pour prendre en compte les gradients de vitesses qui existent tout près de cette frontière.

4.2.2. Frontières ouvertes :

Elles définissent une aire du maillage où l'écoulement est censé entrer (section amont) ou sortir (section aval). Les valeurs qui doivent être spécifiées au niveau des frontières ouvertes dépendent d'un côté du type de la frontière (section amont ou aval) et de l'autre côté du type de l'écoulement (supercritique ou subcritique).

a. Condition à l'amont :

Si l'écoulement à l'entrée du domaine est subcritique, l'une des combinaisons suivantes en plus de la contrainte tangentielle doit être spécifiée :

- 1) Les vitesses tangentes et normales à la section d'entrée.
- 2) Le débit unitaire normal et tangentiel à cette section.
- 3) La hauteur du plan d'eau.

Si l'écoulement à l'amont est supercritique, les débits unitaires normal et tangentiel à la frontière et la hauteur du plan d'eau doivent être fixés pour chaque nœud.

En général le débit est donné à la section d'entrée et la hauteur est spécifiée à la section de sortie pour chaque nœud de cette section.

b. Condition à l'aval :

A la section de sortie les contraintes tangentielles sont automatiquement prises égales à zéro en chaque nœud. Seule la hauteur du plan d'eau a besoin d'être spécifiée pour chaque nœud du maillage de la section située en aval. Cette hauteur peut être spécifiée comme étant une condition au limite. Elle peut être donnée directement, calculée en utilisant la méthode de la pente de la ligne d'eau (*Slope Area Method*), ou déduite à partir de la courbe de tarage.

CHAPITRE V

CHAPITRE V

Simulation hydrodynamique de l'écoulement pour un tronçon de la Seybouse

1. METHODOLOGIE DE LA SIMULATION DES CRUES DE LA SEYBOUSE

L'objectif de cette simulation est :

- De calculer le champ de vitesse.
- De calculer la hauteur d'eau H , ce qui nous permet de délimiter le champ d'inondation.

Un diagramme fonctionnel général permet de mieux comprendre les étapes de la mise

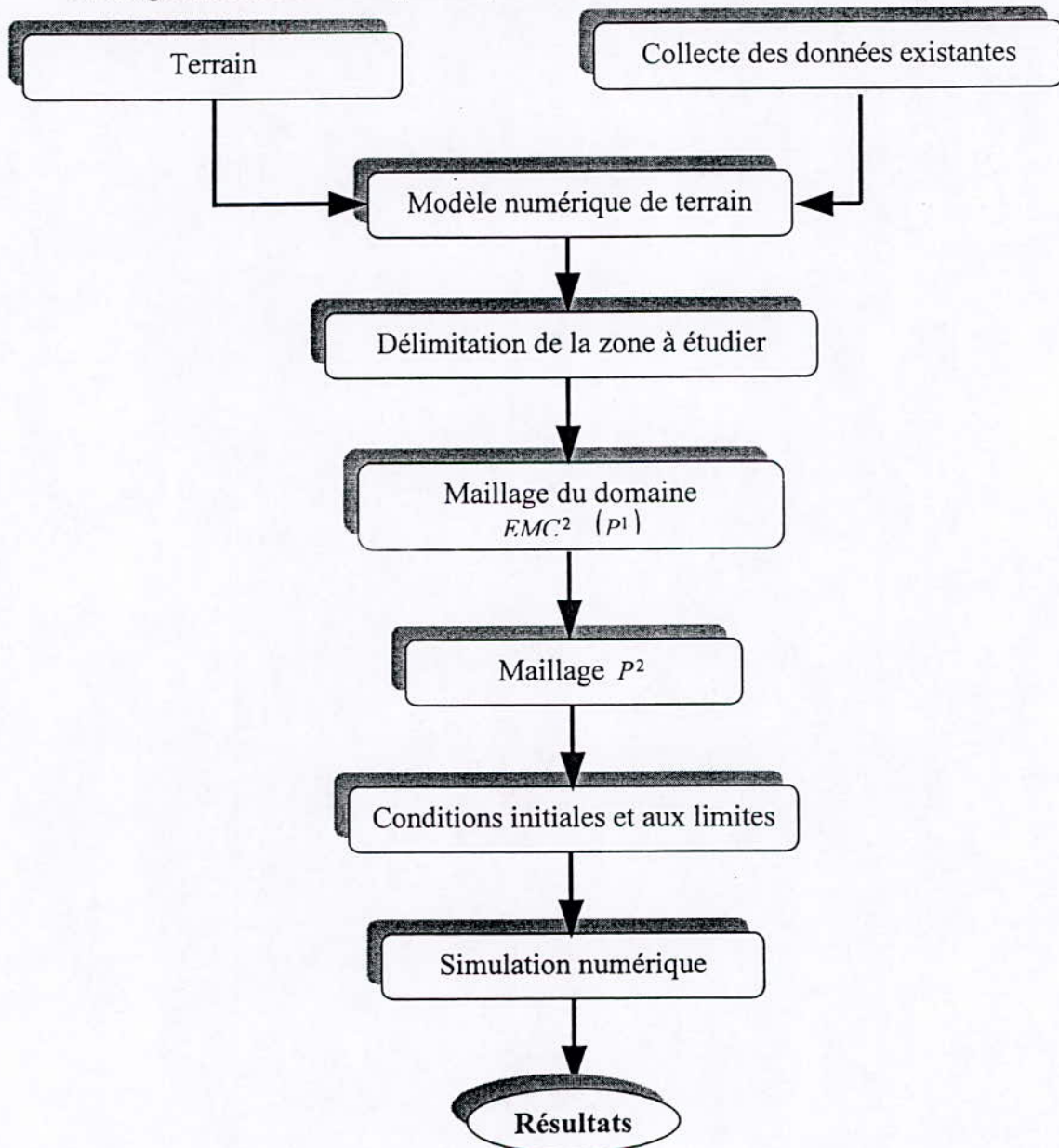


Figure V.1 : Diagramme générale de la simulation hydrodynamique

En œuvre de la simulation des crues de la Soummam dans un contexte générique

2. MISE EN ŒUVRE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE FESWMS

C'est ici que commence réellement l'activité de la simulation proprement dite des écoulements. Il s'agit de spécifier toutes les conditions nécessaires à l'opération du modèle et d'initialiser celui-ci. Dans ce cas, il s'agit plus particulièrement :

- De définir une stratégie de résolution par tronçons et par phase ;
- D'établir les conditions aux limites ;
- D'initialiser le modèle c'est-à-dire étalonner ses paramètres ;
- Définir et appliquer un instrument de validation.

Le tronçon que nous avons décidé d'étudier est trop gros, pour passer sur la machine de calcul (ordinateur). Pour cette raison on a décidé de résoudre plusieurs petits problèmes au lieu d'un seul gros, qu'en pratique ne peut être solutionné pour des raisons de manque de moyens informatiques. Il existe trois façons de faire scinder le maillage hydrodynamique en plusieurs :

- Couper le maillage au droit des points où on a la courbe de tarage pour imposer le niveau d'eau à l'aval.
- Identifier les zones qui contrôlent l'hydraulicité du cours d'eau, c'est-à-dire il s'agit d'identifier s'il existe des zones où physiquement on observe un découplage hydraulique sur le tronçon : autrement dit s'il y a des zones où on observe un changement de régime d'écoulement, passage de fluvial à torrentiel. En effet, la condition sur le niveau d'eau en aval de la zone torrentiel n'aura pas d'influence sur la partie amont. On peut dans ce cas couper le maillage au droit de la zone torrentielle. La condition limite à imposer influencera peu ou pas du tout l'écoulement en amont.
- Si la pente du cours d'eau est faible et relativement constante, alors on peut découper le maillage en plusieurs tronçons. La condition à l'aval de chaque tronçon est une condition essentielle quand il s'agit d'un écoulement en régime fluvial, car c'est elle qui va définir l'allure de la courbe de remous à l'amont. Elle est définie par l'élévation d'eau h_i par rapport au niveau de la mer de chaque nœud de la section aval. La formule utilisée pour les calculer est la formule de Manning suivante :

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} J^{1/2}$$

où, Q : débit ; A : surface de la section transversale ; R : rayon hydraulique ; J : coefficient de frottement et n : coefficient de Manning.

Cette relation ne peut être résolue directement, le rayon hydraulique et la section mouillée dépendent de l'élévation d'eau h_i que l'on cherche à déterminer. Pour cela une méthode itérative est utilisée en faisant varier la cote du niveau d'eau h_i à l'aval (figure 5.2) jusqu'à ce qu'on obtienne le débit désiré.

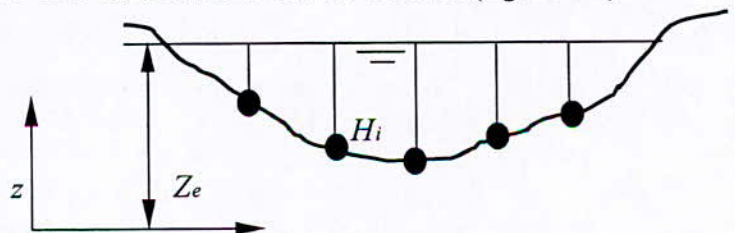


Fig N°V.2. : Section transversale aval

Faute de l'indisponibilité d'une courbe de tarage tout le long de l'Oued, et de l'inexistence de section qui contrôle l'hydraulicité du cours d'eau, la formule de Manning est utilisée pour spécifier les conditions à l'aval de chaque tronçon à étudier.

3. Maillage du domaine d'écoulement

Dans notre travail, le tronçon que nous avons choisi pour faire la simulation est représenté sur la figure V.3.

Dans le cadre de la modélisation hydrodynamique, le solveur éléments finis qui permet la résolution des équations aux dérivées partielles nécessite un couplage avec un module d'introduction de données et d'édition de maillage (discrétisation du domaine géographique à étudier en éléments simples). La tâche de génération de maillage est une étape difficile. La difficulté est liée à la complexité du domaine d'écoulement.

Avant de procéder au maillage, on doit tracer les limites physiques de la zone d'étude. On délimite par une ligne l'étendue de l'étude, de telle façon que les niveaux d'eau, que l'on veut étudier, ne risquent pas d'en sortir. Ces limites sont fonction des dimensions de la section transversale. Si le domaine d'étude comprend des accidents bathymétriques comme des bosses, les limites de l'étude doivent également être tracées autour d'elles, car elles constituent des limites solides à l'écoulement.

L'étendue de l'étude étant tracée, on procède à son maillage.

Une des difficultés de la méthode des éléments finis, est la définition du domaine de calcul Ω . Etant donné que l'on est amené à résoudre un problème proche de la réalité, et devant la complexité du domaine de calcul, le temps a passé pour définir la géométrie et générer les maillages peut devenir exorbitant si l'on ne dispose pas d'outils adéquats. C'est pour cette raison qu'on a recouru à l'utilisation du logiciel *EMC2* (Edition de Maillage et de Contour en 2 dimensions).

L'application des outils de maillages au tronçon de l'oued Seybouse étudié ont suivi les procédures suivantes:

i. Utilisation du sig Mapinfo

Les points (en X Y Z) sous Mapinfo ont été enregistrés dans un fichier appelé « Ana » à l'aide des fonctionnalités du logiciel Mapinfo (voir Annexe2)

ii. EMC2

Le fichier Ana.TXT est introduit sous *EMC2*. Ce dernier est un logiciel portable, graphique et interactif d'édition de maillages et de contours en deux dimensions. Il permet de générer inter activement des maillages bidimensionnels pour la méthode des éléments finis en définissant la géométrie, la discrétisation des contours, les sous domaines et les numéros de référence (afin d'introduire un lien avec la physique, *i.e.*, les conditions aux limites). Les maillages, formés de triangles ou de quadrangles, sont essentiellement de type grille ou de type Delaunay.

Les étapes suivies pour construire le maillage avec *EMC2* sont :

1. Tracer le contour (limite du maillage).
2. Choix de l'élément géométrique (triangulaire).
3. Lancer le maillage Avec *EMC2* on récupère le fichier « Ana » et on réalise un maillage premier (c'est un maillage très grossier qu'on ne peut pas utiliser pour faire des calculs numérique) .voir figure V.3.

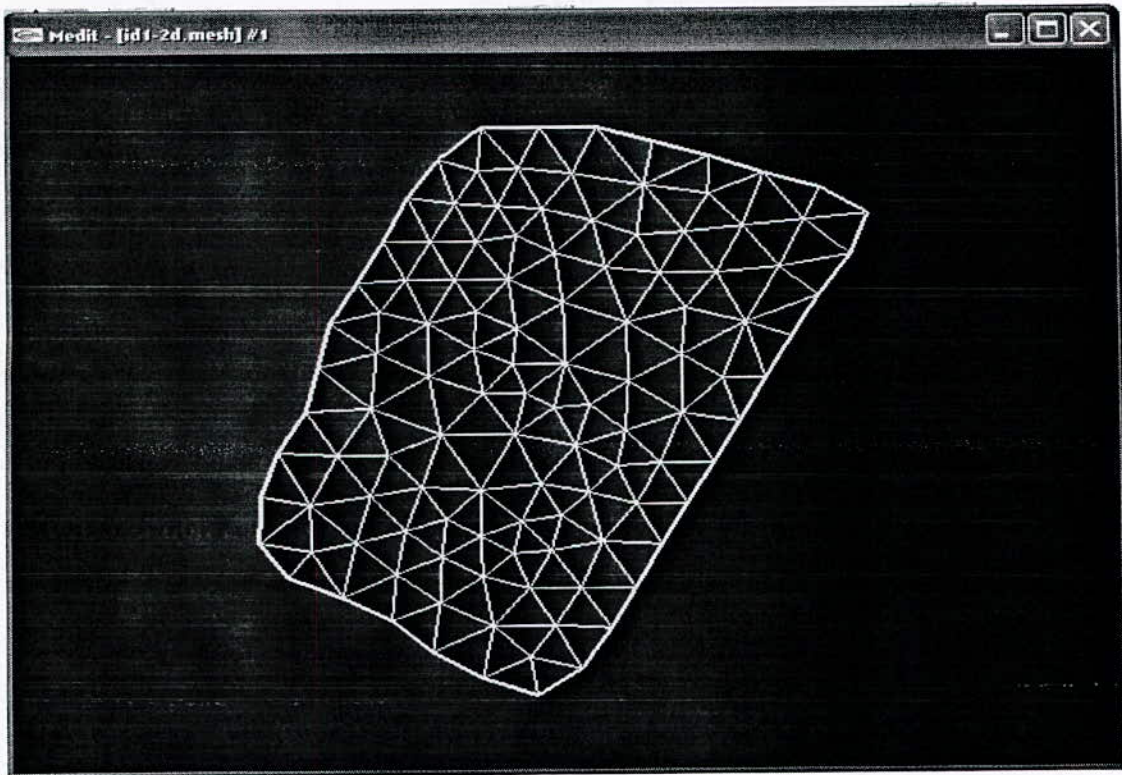


Fig N°V.3 : maillage génère par EMC2

iii. MESH2D3D

Pour la simple raison que, *EMC2* n'étant pas un mailleur 3D et ne dispose pas de fonction générique d'interpolation de la composante z . Les points de base sont gardés pour pouvoir leur affecter la composante z . Pour cela, le réseau de maillage est superposé sur le MNA, et on associe à chaque nœud la cote du point qui lui est proche de la grille du modèle numérique d'altitude. Le maillage 2D courbe (tridimensionnelle) sera donc obtenu par affectation à chaque nœud de la triangulation, d'une composante verticale z .

C'est le programme **MESH2D3D** qui permet de transformer le maillage 2D d'*EMC2* en un maillage 3D. il permet de comparer le fichier donné par le SIG et le maillage donné par *EMC2* et affecter pour chaque point du maillage sa troisième coordonnée z (l'altitude). Le maillage obtenu est illustré dans la figure V.4.

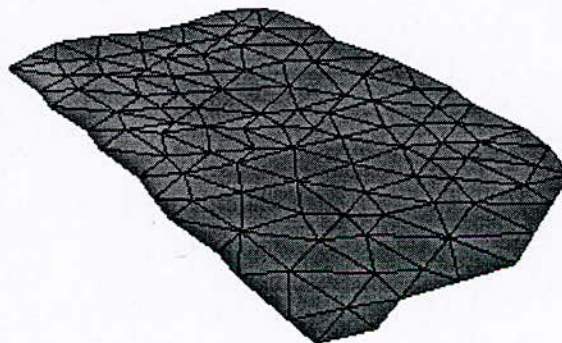


Fig N°V.4 :maillage en 3D

iv. YAMS

Avec Yams, on raffine le maillage grossier. C'est tout simplement un enrichissement par augmentation du nombre de point du maillage initial. Ce maillage est de type P1. Il est illustré dans la figure V.5..

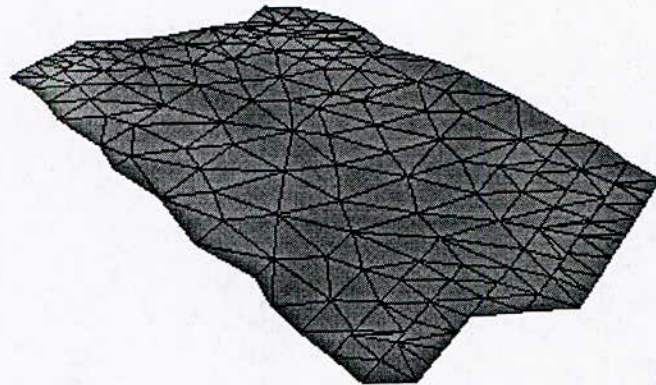


Fig N°V.5 :maillage de type P1 génère par Yams

v. Création d'un maillage P2.

Le code numérique FESWMS, emploie des mailles triangulaires à six nœuds pour la discrétisation de l'espace et l'approximation des variables U, V et H . Pour cela, le maillage généré par *EMC2*, n'est pas près à être utilisé par le code. Un programme est écrit pour générer des nœuds au milieu de chaque coté de chaque élément triangulaire à trois nœuds (figure V.6).

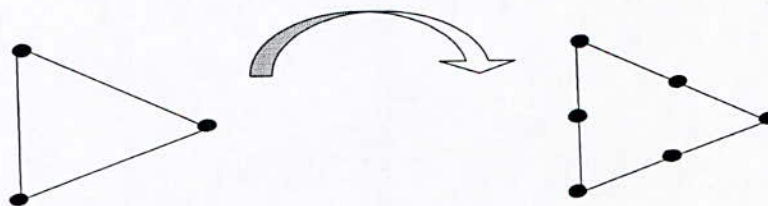


Figure N°V.6 :Génération d'un élément triangulaire à 6 noeuds

A l'aide du programme MeshToNet » on crée ce maillage. Pour la visualisation de ce dernier, le Logiciel SMS est le plus adapté. C'est à l'aide de ce logiciel qu'on visualise les maillages de type P2 De plus, ce logiciel est un post processeur adapté pour le FESWMS.

4. Simulation numérique

4.1. Les conditions initiales

Les conditions initiales où encore les conditions à l'itération 1, portent sur U, V et H c'est-à-dire, vitesse et profondeur.

Dans le cas général, on ne connaît pas ces conditions surtout en bidimensionnel. Ces variables sont souvent inconnues, à priori. L'expérience est donc nécessaire pour spécifier physiquement les valeurs réelles. Dans notre cas nous considérons que l'état initial correspond à un état hydrostatique c'est-à-dire :

$$U_i^0(x,y,0) = 0$$

$$V_i^0(x,y,0) = 0$$

$$H_i^0(x,y,0) = C$$

C est une valeur arbitraire positive constante pour tout le domaine de calcul.

4.2. Les conditions aux limites

On distingue essentiellement deux types de frontières : fermées et ouvertes.

➤ *Frontières fermées*

Il s'agit des frontières telles que rives ou murs auxquels sont imposés les conditions suivantes :

1. La condition de non adhérence pour la composante tangentielle (glissement).
2. La condition d'imperméabilité pour la composante normale : $U_n = 0$

➤ *Frontières ouvertes*

On considère ici les entrées et les sorties du tronçon. Le régime d'écoulement est le critère principal pour le choix des conditions à imposer. Celles-ci portent sur les paramètres de vitesse, de hauteur ou bien de débits. Dans notre cas, les conditions aux frontières ouvertes sont le débit $Q(t)$ à l'entrée et l'élévation d'eau h à la sortie. Cette hauteur est égale à la hauteur normale de l'écoulement. Elle est calculée moyennant la formule de Manning, c'est-à-dire, on considère que le régime est uniforme à la section aval.

4.3. Analyse paramétrique

Le noyau du code de calcul FESWMS est relativement performant mais il nécessite un choix judicieux de certains paramètres. En effet, ce code s'appuie sur des données à caractère physique et hydraulique telles que les coefficients de frottement, de viscosité turbulente, et d'autre à caractère numérique telles que le facteur de relaxation, la taille des maillages éléments finis, et la tolérance pour mouiller les éléments.

5. Résultats obtenus :

Masse volumique eau (kg/m^3)	Masse volumique air (kg/m^3)	Coefficient de Manning	Viscosité cinématique	C_μ	Tolérance (m)	Relaxation ω
999	1.225	0.027	10^{-6}	0.2	0.03	0.5

Tableau V.1

Notre souhait a été au début, de faire une simulation d'une crue dont on connaît l'hydrogramme, les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement enregistrés à l'aval de la section où l'on a mesuré la crue. Ne disposons pas de ces informations, la simulation a été faite pour des débits de crue choisis arbitrairement à partir de la fig N° V.7.:

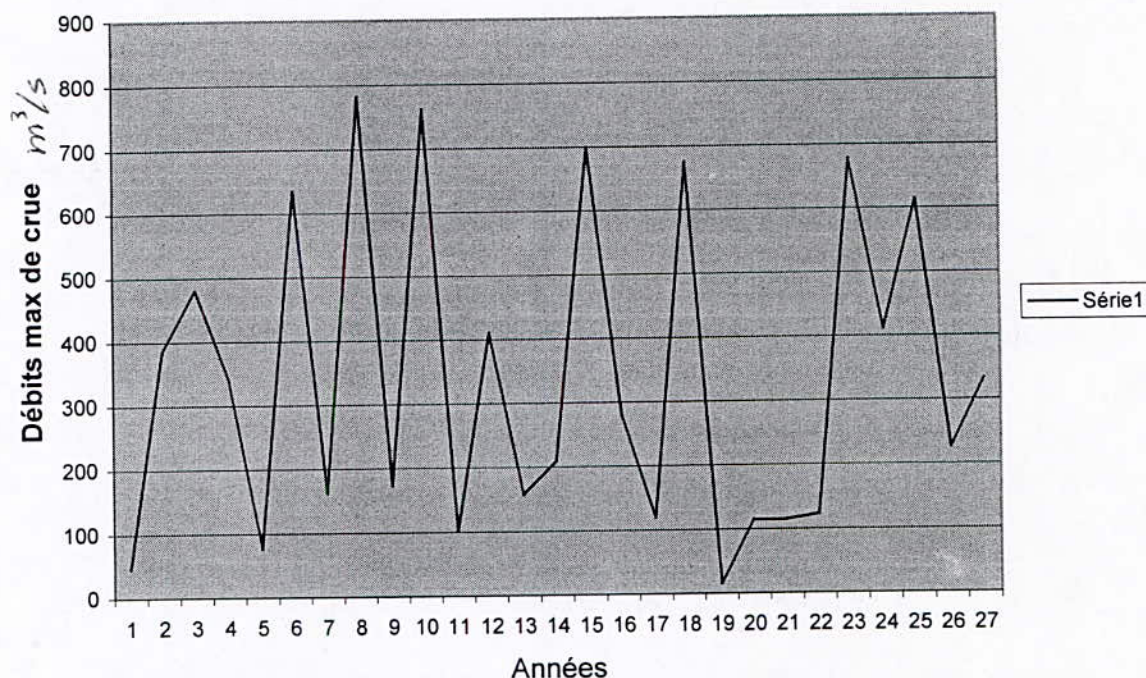


Figure N° V.7: Historique des Débits Max de la station de Mirbek (1968-1994)

Les simulations que nous présentons sont celles de trois écoulements permanents dans le tronçon d'étude. Les données que nous utilisons sont représentées dans le tableau V.1. Le but de ces simulations est :

- De tracer les limites d'écoulement pour chaque débit ;
- Déterminer le champ de vitesse ;
- Suivre la variation de la ligne d'eau.

Débit Q (m^3/s) (amont)	Hauteur H (m) (aval)
700	7.00
500	5.80
1	0.20

Tableau V.2

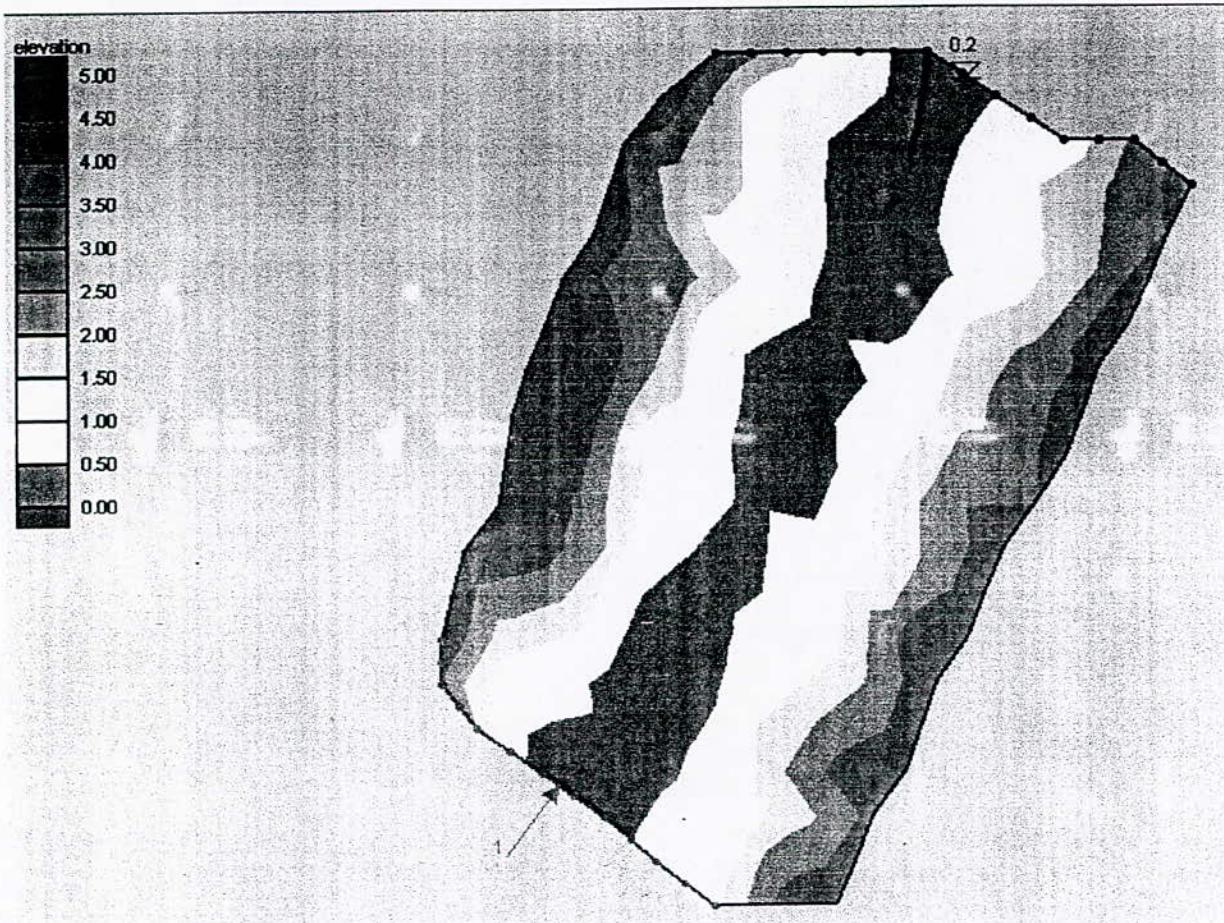


Fig V.7 : hauteur de fond par rapport au niveau de la mer

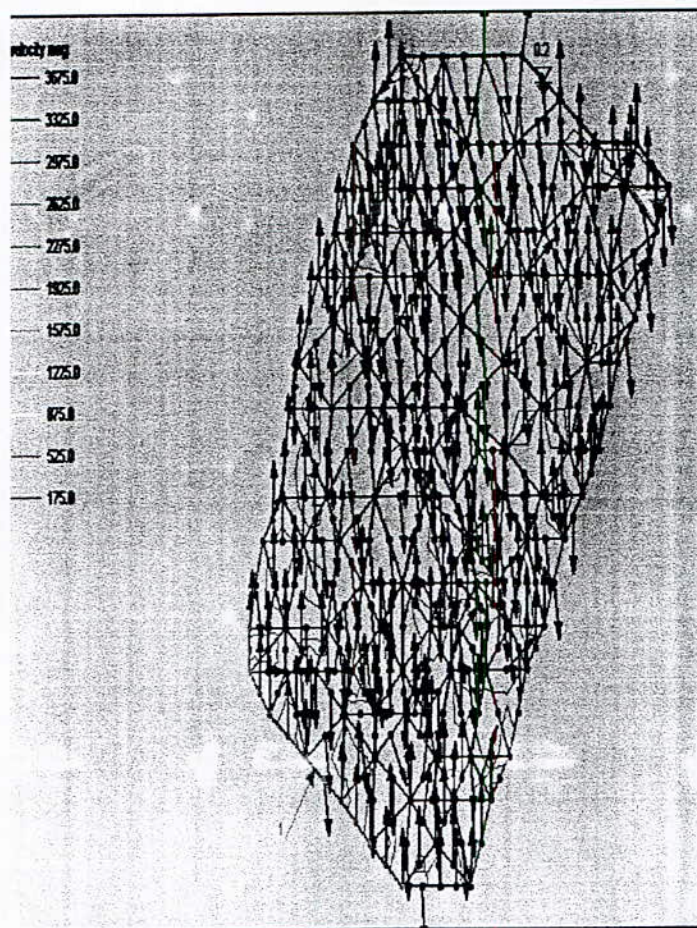


Fig V.8 : Champ de vitesse pour
 $Q = 1 \text{ m}^3 / \text{s}$

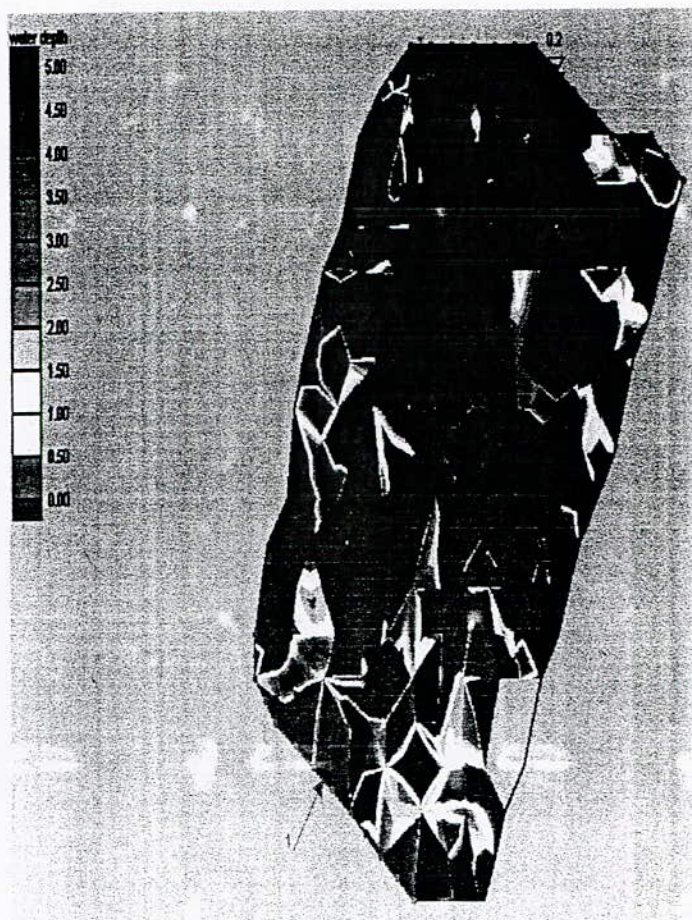


Fig V.9 : Variation du niveau d'eau
pour $Q = 1 \text{ m}^3 / \text{s}$

Sur les figures V.8, V.10, et V.12, on visualise les champs de vitesse dans les domaines mouillés dans la partie du maillage correspondants aux débits $1,500$ et $700 \text{ m}^3 / \text{s}$.

Les vecteurs sont représentés aux nœuds sommets de chaque élément triangulaire. On remarque que les vitesses aux frontières solides ne sont pas nulles. Ces vitesses sont des vitesses tangentielles. Cela provient des conditions aux limites imposées à ces frontières et qui sont :

- Glissement de la composante tangentielle ;
- La composante normale égale à zéro.

Les vitesses calculées sont des vitesses moyennes sur la verticale. On a considéré que le profil de vitesse sur la verticale est uniforme (profil logarithmique), ce qui ne reflète pas vraiment la réalité, vu le développement d'une couche limite près du fond, très accentuée si le fond est rugueux, et cela conduit à des écarts entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées, particulièrement dans les régions peu profondes.

Sur les figures V.8, V.10 et V.12, on remarque la présence de rouleaux de recirculation augmente avec le débit proche des parois solides dus à la présence d'un gradient de pression positif. Ainsi à la géométrie du cours d'eau (élargissements, rafraîchissements, changement de pente....).

Les figures V.9, V.11, et V.13 présentent l'élévation de la surface d'eau par rapport au niveau de la mer pour chaque débit. L'élévation d'eau augmente aléatoirement. ça qui me pose beaucoup de questions, J'ai pas trouvée la solution a cause du manque des information sur ce code .

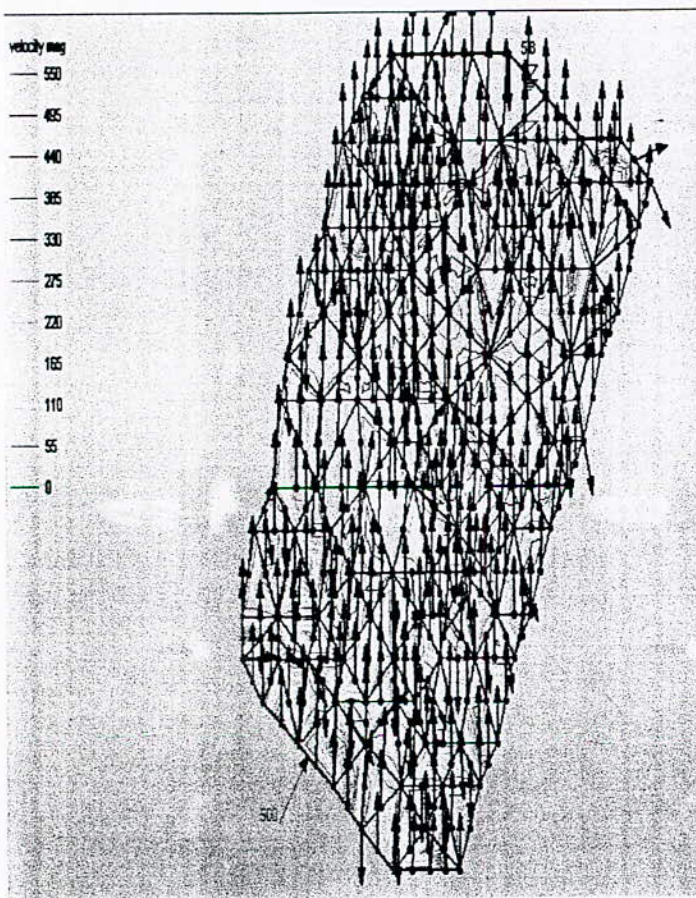


Fig V.10 : Champ de vitesse pour $Q = 500 \text{ m}^3 / \text{s}$

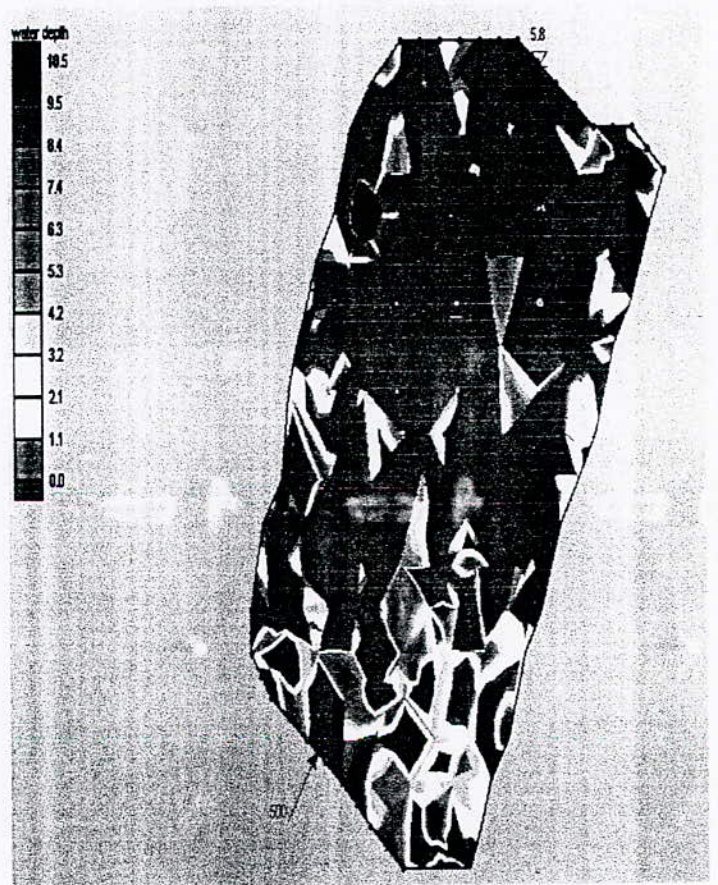


Fig V.11 : Variation du niveau d'eau pour $Q = 500 \text{ m}^3 / \text{s}$

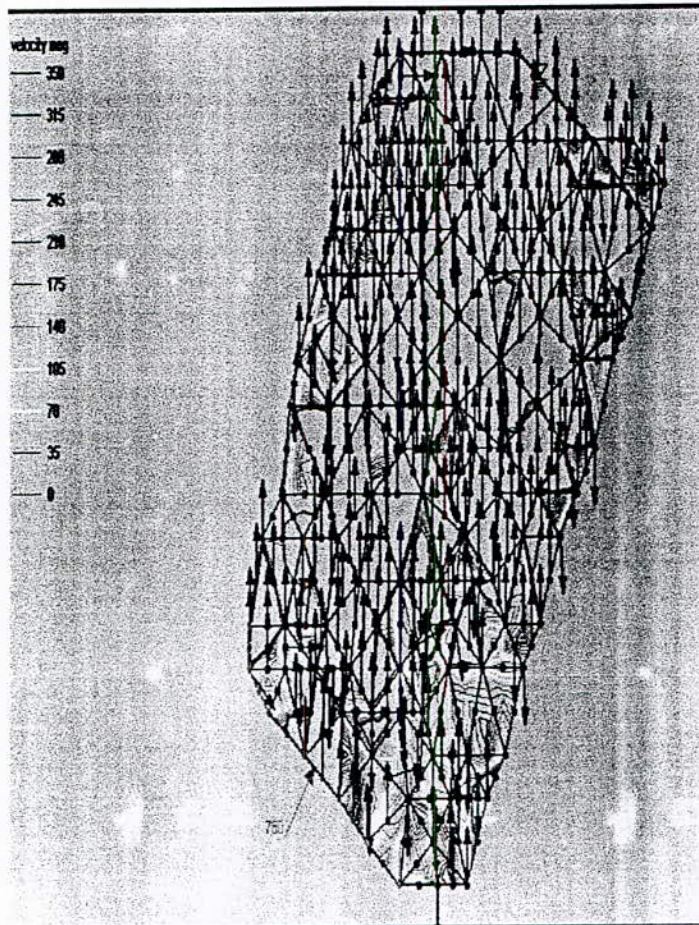


Figure V.12 : Champ de vitesse pour $Q = 700 \text{ m}^3 / \text{s}$

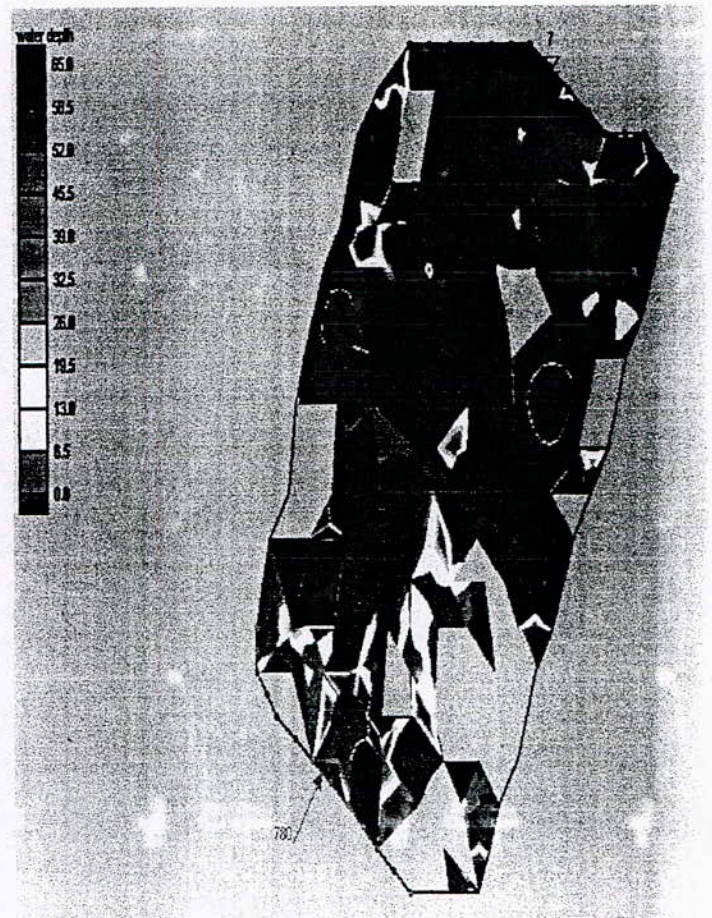


Fig V.13 : Variation du niveau d'eau
Pour $Q = 700 \text{ m}^3 / \text{s}$

CONCLUSION

Conclusion générale :

Dans la nature il existe plusieurs phénomènes, les plus dangereux d'entre eux sont les inondations. Car ils entraînent de lourdes conséquences sur le plan économique et sur le plan humain. C'est pour ces raisons que les spécialistes dans ce domaine sont toujours à la recherche de méthodes de plus en plus fiable pour la protection contre ce phénomène.

Parmi ses méthodes, la simulation numérique permet de mieux comprendre ce phénomène et le reproduire autant de fois que l'on veut. Elle permet ainsi de trouver la bonne solution dans la gestion des risques d'inondations et d'établir des systèmes d'alertes adéquates, disponibles sous forme de plusieurs types de codes numériques.

L'objectif de ce travail est de trouver les zones inondables et de donner aux décideurs et responsables de régions un outil pour une délimitation des zones à risques. L'aval de L'oued Seybouse et une partie de la ville de Annaba ont été ciblés comme application des simulations numériques.

Cette simulation a été fait en plusieurs étapes :

La première étape a consisté en la collecte de l'information très éparse notamment les données topographiques et hydrographiques de la zone d'étude.

La deuxième étape était d'élaborer le modèle numérique d'altitude MNA. Il existe plusieurs logiciels qui permettent de faire cela : Mapinfo, Arcview, Arcgis, Erdas..., Mapinfo ainsi que le logiciel d'interpolation Vertical Mapper V2.6 ont été choisis et utilisés dans ce travail.

La troisième étape qui a été la plus longue, consiste en un traitement des données numériques extraites du MNA à l'aides de plusieurs logiciels très complexes (EMC2, yams, mesh2Dto3D...). Elle se termine par l'exécution du code FESWMS.

La dernière partie du travail a consisté à simuler un certains nombre de scénaris de débits de crues pour tester l'hydrodynamique du tronçon de la Seybouse étudié. Cette partie comporte l'adaptation des conditions de simulation ; débits, et conditions aux limites des niveaux d'eau.

Les résultats obtenus par ces simulations numériques montrent la puissance de ces outils très performants dans le cas d'un tronçon d'oued. Il reste néanmoins un long chemin pour pouvoir simuler l'ensemble de l'oued Seybouse et ainsi déterminer l'ensemble des zones susceptibles d'être inondés de la grande plaine de Annaba ainsi que de la ville elle-même.

Bibliographie :

- Adjab. S. les inondations exceptionnelles de Novembre 1982(Anrh de Annaba).
- Adjab. S , les inondations de décembre 1984 (Anrh de Annaba).
- Bennour. M , notation de base et concepts utiles pour la compréhension de la modélisation synthétique des régimes des crues des bassins versants au sens des modèles Q d F (Mémoire d'ingénieur , ENP). 2001.
- Cherrouf . K , Djelloul ,B .M , étude statistique et spatiale des pluies journaliers maximales dans le bassin de la Seybouse. (Mémoire d'ingénieur , ENP). 1996.
- Demargne, C. L., (2001). «Qualité des modèles numériques de terrain pour l'hydrologie Application à la caractérisation du régime de crues des bassins versants » Université de Marne La Vallée.
- Driouèche. M ,Premiers pas avec Mapinfo V 6.5 fonctionnaliste de base (ENSH.).
- Ghachi. A , les précipitations exceptionnelles de décembre 1984 et leurs conséquences hydrologiques. Le cas de l'Est Algérien.(Anrh de Annaba).Novembre 1985
- Graf Walter H. & Atlinakar M.S., *Hydrodynamique*, Eyrolles, Paris, 1991.
- Graf Walter H. & Atlinakar M.S., *Hydraulique fluviale*, Tome 1, Traité de Génie Civil de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1993.
- Hammouche .A ,Simulation hydrodynamique des crues –Cas de l'Oued Soummam-
Thèse de Magister, Université Mira de Bejaia, Algérie 2003.
- Hecht, F. & Saltel, E., (1990). « EMC2 un logiciel d'édition de maillages et de contours bidimensionnels » Rapport technique N° 118, INRIA, Avril
- Henine .H , Interfaces conviviales via l'intégrateur ESIMEAU entre un SIG et des modèles numériques de simulation (Mémoire d'ingénieur , ENP- Algérie, INRIA-France(Mémoire d'ingénieur , ENP),2002..
- Ider. k, modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau –Application a l'Oued Soummam-
Thèse de Magister, ENP- Algérie, INRIA-France,2004.
- Luc, F., (1997). «Traitement automatique des modèles numériques de terrain pour l'analyse géomorphologique .Application aux Afars et à Taiwan, thèse de doctorat, université Toulouse le Mirail, Toulouse II.
- Shaftar . N , Enquête sur les crues exceptionnelles du 27-28 Mars 1973 (bureau des études du milieu de Annaba) Juin 1973.
- Talamali S., *L'hydrodynamique des rivières et les systèmes d'information géographique*,
Thèse de Magister, ENP- Algérie, INRIA-France), octobre 2002.
- Vertical Mapper V 2.6 –Livret 1(ENSG),Juin 2002.

ANNEXE

ANNEXE 1

Vertical Mapper V2.6

Vertical Mapper est un logiciel complémentaire important de MapInfo. Les principaux apports de Vertical Mapper concernent :

- Mise à disposition de nouvelles techniques d'analyse des informations localisées qui varient de manière continue dans l'espace,
- Capacité de comparaison et d'analyse sur de multiples couches de données,
- Des visualisations originales-

Outre les types de données connues sous Map Info que sont les Points, les Polygones et les Polygones, Vertical Mapper introduit un nouveau type le **GRID FILE** mieux adapté pour représenter des données qui varient de manière continue dans l'espace comme l'ensoleillement, la pollution, la température ou l'altitude.

I- Introduction

I-1 Qu'est ce qu'un grid ?

Il s'agit d'une information de type image raster composée d'une succession d'éléments carrés disposés de manière organisée en lignes et colonnes sur une zone donnée.

La puissance réelle des grids réside dans leur capacité à faire des requêtes spatiales sur des données variées en exploitant des caractéristiques aussi diverses que la proximité, la vision directe en point à point ou la pente.

Les grids portent de l'information spatiale par interpolation, là où elle n'est pas connue par une mesure.

I-2 Quelle est la structure d'un grid ?

Map Info distingue les grids numériques qui contiennent une information numérique et les grids classifiés qui contiennent une information alphanumérique.

Un grid est physiquement représenté par 2 fichiers. Un fichier de description de structure « .Tab » qui permet de pointer sur le fichier de données. (GRD ou GRC) . Le fichier de données est lui même divisé en 2 sections.

La première -le header- contient les informations suivantes

Nom de la carte

Taille de la carte (nombre de ligne et de colonnes)

Taille d'une cellule

Coordonnées de la première cellule

Projection du grid

Unité.

La seconde section contient les informations successives de chaque cellule

I-3 Interpolation et Modélisation

Les Grids sont créés en plaquant une grille de nœuds sur la table à analyser. Ces points régulièrement placés vont hériter d'une nouvelle valeur par interpolation ou modélisation par rapport aux valeurs des objets de la table en entrée, situés à proximité.

Plusieurs méthodes d'interpolation et de modélisation peuvent être utilisées pour créer des grids sous Vertical Mapper.

Les méthodes d'interpolation: permettent d'obtenir une grille résultante qui représente la même variable que la table sous-jacente, caractérisée par la même unité.

Vertical Mapper met 5 méthodes d'interpolation à disposition:

- par pondération inverse à la distance (*Inverse Distance Weighting*)

- par triangulation avec lissage (TIN -based) qui est une triangulation de Delaunay
- par interpolation rectangulaire qui utilise les 4 points les plus proches (*bi-linear*)
- par méthode géométrique du plus proche voisin (*Natural Neighbour*) ou (diagrammes de Voronoï)
- par méthode géostatistique utilisant à la fois l'éloignement et la variance des valeurs représentées (*kriging*)

Les **méthodes de modélisation** créent des grilles de valeurs dérivées, par exemple en mesurant des caractéristiques d'attractivités en pourcentages. Dans ce cas la grille résultante ne possède pas la même unité que la table de points originale.

Vertical Mapper met 2 méthodes de modélisation à disposition:

- *Location Profiler* qui crée un grid permettant d'évaluer tout noeud de la grille en fonction de points prédéterminés en fonction d'un critère sémantique et d'un critère spatial
- *Trade Area analysis* qui calcule un grid déterminant la probabilité de contacter des clients dans une zone de chalandise.

I-4 Les types de GRID

Vertical Mapper propose deux types de grid les grids numériques qui portent une information numérique (un MNT par exemple) et qui sont stockés dans des fichiers ".GRD "et les grids classifiés qui portent une information alphanumérique et qui sont stockés dans des fichiers ".GRC ".

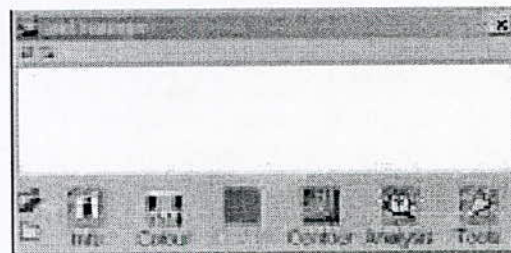
II Le GRID Manager - Informations et sémiologie

Il joue un peu le rôle du Gestionnaire de couche de Map Info mais il y a de nombreuses différences, notamment le Grid Manager liste tous les grids qui sont ouverts dans la session qu'ils soient ou non actifs dans la fenêtre.

On l'active par le bouton suivant de Vertical Mapper



Et il apparaît ainsi :



menu MapInfo

II-1 Ouverture d'un Grid existant

Cette opération peut se réaliser soit à partir du standard « Table/ Ouvrir Table »qui permet D'ouvrir des tables standards et des grids, soit par le bouton du Grid Manager Qui ne permet d'ouvrir que des grids.



2 L'outil Info de Vertical Mapper

Comme Map Info, Vertical Mapper dispose d'un outil Info, mais cet outil ne donneront que des informations sur des grids

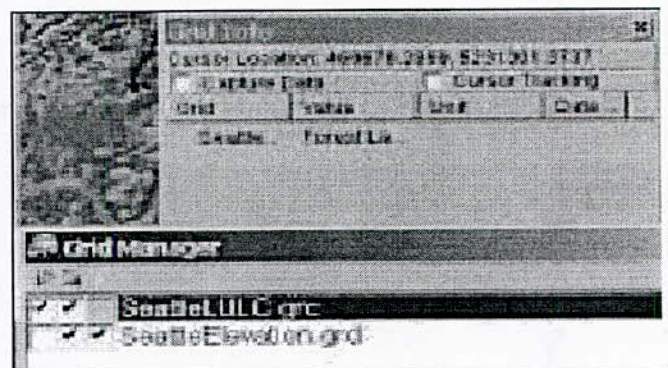


On remarque que lorsque l'outil est activé le curseur change de forme sur l'image. Ainsi par un click on peut obtenir de l'information sur la cellule du grid qui se trouve sous le curseur. Plus précisément si plusieurs grids sont ouverts on obtient l'information de celui

Dont la case à cocher est validée dans le Grid manager dans la colonne i?

Si dans la fenêtre Grid Info la case à cocher Capture Data est activée. Chaque clic souris va enregistrer dans la table « VmCapture » l'information du nœud visé. Et la case à

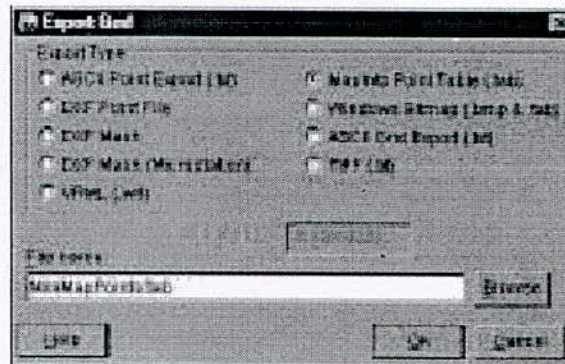
Cocher Cursor Tracking permet de connaître par affichage, les coordonnées rectangulaires du nœud visé.



II - 3 Le Grid Nod

En réalité, ce n'est pas une cellule surfacique qui contient de l'information mais un point situé au **centre** du carré virtuel contenant de l'information mais un point situé au **centre** du carré virtuel représentant la cellule.

Pour visualiser ces concepts réaliser l'exercice suivant :



II- 4 L'outil Info du Grid Manager

Sélectionner un grid dans le grid manager et Choisissez l'outil :



zone

Le Grid Manager laisse alors apparaître vers le bas une D'information, composée de 5 onglets.

L'onglet Info donne des informations élémentaires sur le grid ; taille de la cellule, dimension, paramètres d'éclaircement.

L'onglet Z-Units donne l'unité de mesure en Z

L'onglet Meta-Data donne des informations sur les métadonnées

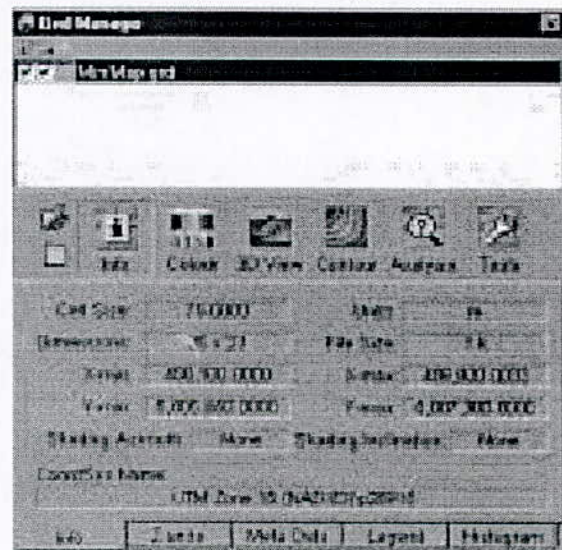
L'onglet Legend affiche la légende utilisée pour afficher le grid.

L'onglet Histogramm affiche l'histogramme de distribution de la variable. Les grids classifiés n'affichent pas d'histogramme.

Ces informations sont statiques et ne peuvent pas être modifiées

Ce niveau. Pour intervenir sur la representation il faut utiliser l'outil

« Colour ».



II- 5 L'outil Colour du Grid Manager



Sélectionner l'outil « Colour »

Une fenêtre flottante, représentant

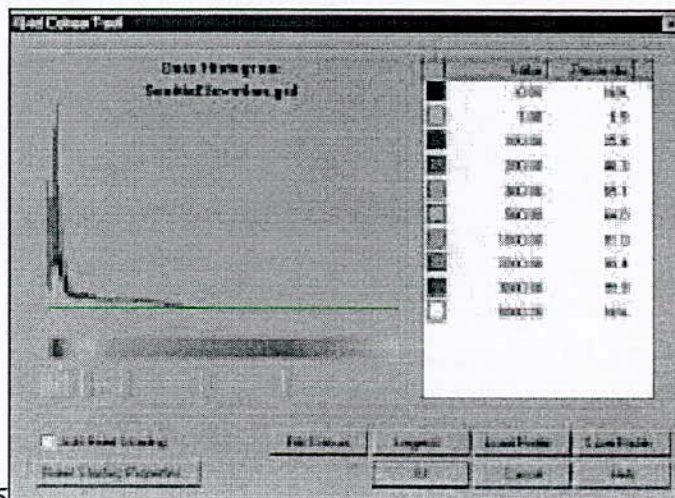
l'histogramme de la distribution de la valeur contenue dans le grid apparaît. Les valeurs des bornes des classes, les symbolisations de chaque classe ainsi qu'un certain nombre de boutons qui vont permettre d'agir sur ces paramètres.

La courbe affichée sur le coté gauche indique le nombre

De cellules qui possèdent une valeur attributaire Identique.

L'échelle des couleurs sous la courbe indique la couleur qui est affectée aux cellules qui portent cette valeur. Les flèches grisées en dessous indiquent les points, d'inflexion dans l'échelle des couleurs (les bornes).

Sur la droite la boite de dialogue indique les limites;



C'est à dire la borne supérieure et inférieure de chaque plage de couleur. La colonne « percentile » indique le pourcentage des valeurs qui sont inférieures à la valeur

De la borne.

Chaque ligne dans cette boîte de dialogue correspond à une flèche qui pointe sur une couleur d'inflexion. Cette relation est dynamique.

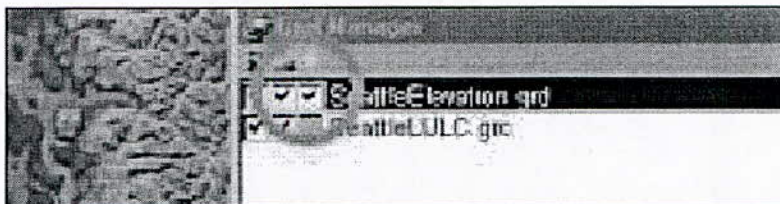
- Si l'on sélectionne une flèche alors la ligne associée est aussi sélectionnée.. et inversement.
- Si l'on souhaite changer une borne on peut donc soit sélectionner une flèche et la faire glisser, soit modifier la valeur de cette borne dans la boîte de dialogue.

Pour supprimer un point d'inflexion, sélectionner cette borne, puis, tapez sur le bouton « Delete » du clavier. Le « Color Tools » permet donc beaucoup de manipulation sur un grid. Il est possible d'enregistrer ses choix d'affichage de manière à les réutiliser en cliquant sur le bouton « Save Profile... » du Color Tool. Cette option crée un fichier d'extension « .vcp » qui va sauvegarder les valeurs des bornes et les couleurs qui leurs sont affectées.

II - 6 L'estompage calculé

Quand l'option « Add Relief Shading » (Ajouter l'estompage) est cochée dans le Color Tool, la couleur affectée à chaque cellule est modifiée en utilisant l'estompage calculé sur la base d'une source lumineuse

Simple. Le résultat donne l'impression d'une visualisation en 3D.



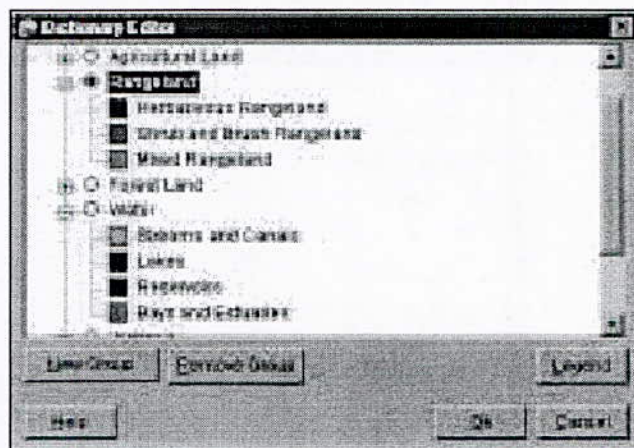
Une fois que l'estompage est calculé, il est écrit dans le fichier grid. Il est alors accessible depuis le Grid Manager par la case à cocher située dans la colonne sous l'icône en forme de soleil.

II - 7 Création d'une légende pour les grids numériques

Cette option crée un fichier « .vml » éditable ainsi qu'une table MapInfo nommée « _Legend.Tab ». Cette table est manipulable et modifications de sémiologie, mise à l'échelle...- comme toute les tables MapInfo. Cependant cette table est un simple dessin que l'on peut insérer dans une fenêtre « mise en page ». Elle ne peut pas être affichée dans la même fenêtre carte que le grid dont elle est issue.

II - 8 Utilisation du Dictionnaire de données avec les grids classifiés

Les grids classifiés contiennent des attributs alphanumériques. Les traitements sont donc différents des grids numériques



III Préparation des données pour Vertical Mapper

Vertical Mapper est un logiciel « associé » à Map Info. Cependant il n'est pas édité par MapInfo Corp USA. Mais par la société canadienne Northwood.

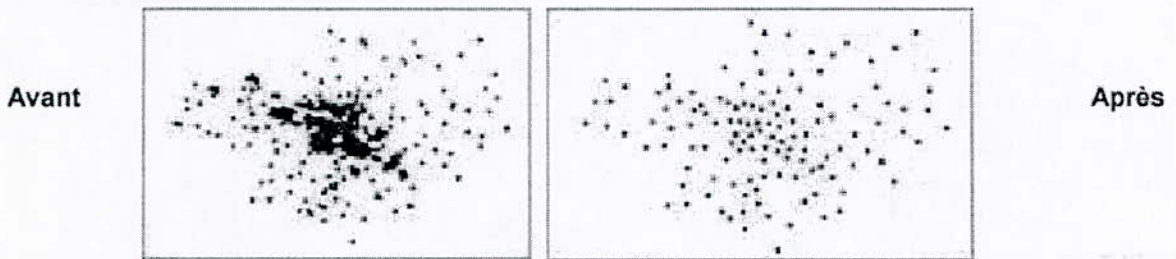
Contrairement aux Etats-Unis, le Canada utilise le système métrique. Il est donc recommandé par le constructeur -en entrée de VM -de changer la projection native de la table à utiliser pour la passer en système métrique. Ce qui tombe plutôt bien en France... car c'est en général le cas!

III -1 L'agrégation de données

C'est un processus qui permet de **réduire le nombre de points dans une table**. Le but des diverses méthodes est de regrouper les points spatialement et de réaliser une moyenne statistique de leurs attributs. Ainsi, il est possible de produire une table réduite de points. Cette opération ne se contente pas de réduire numériquement le nombre de points, elle crée aussi une distribution plus uniforme.

Plusieurs raisons peuvent pousser à agréger des données :

- plusieurs valeurs sont situées sur un localisant identique,
- les données sont trop imprécises et une meilleure représentation de la valeur est obtenue en calculant une moyenne,
- la somme des données est recherchée dans un périmètre particulier,
- la localisation des données n'est pas très précise,
- la table source possède trop de points pour permettre un traitement optimal,
- une vision analytique complète et continue du territoire est



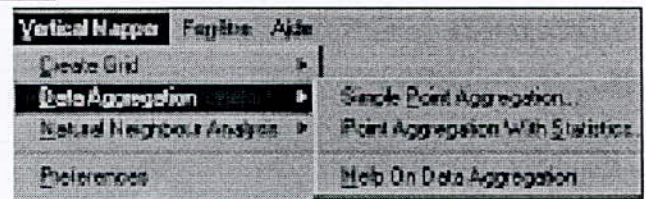
nécessaire.

III - 2 Les méthodes

Vertical Mapper propose 2 options d'agrégation et 4 méthodes.

« Simple Point Aggregation » qui est une méthode rapide et « Point Aggregation with Statistics » qui garde les paramètres spatiaux et mathématiques associés à chaque agrégation.

Plus précisément ces deux options sont accessibles à travers 4 méthodes :



- **Simple point.**

Il s'agit d'une méthode rapide (de la première option- de regroupements de points qui peuvent être groupés ou relativement distants. (Exemple de collecte d'échantillons de sols sur des parcelles). Cette méthode est aussi utilisée comme processus de lissage des données dans le cas de création de réseaux de triangles irréguliers (TIN). Le poids de chaque objet regroupé est indépendant de la distance à l'objet de regroupement.

- **Forward stepping**

Il s'agit d'une méthode qui relève de la deuxième option. Méthode rapide et efficace qui peut être employée quand la distribution des données est aléatoire. Le « Forward stepping » trie les données de gauche à droite et de haut en bas. La recherche commence à partir du point situé le plus en haut à gauche (Nord_Ouest) avec un cercle dont le rayon dépend de la distance d'agrégation. Tous les points trouvés dans ce cercle sont associés au premier centre et marqués pour ne plus être redistribué. Le centre du second cercle est alors calculé et le cercle déterminé et ainsi de suite.

- **Cluster density**

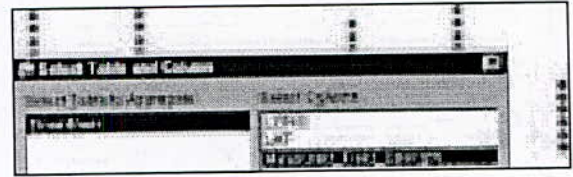
Il s'agit d'une méthode qui relève de la deuxième option. Cette méthode est appliquée lorsque les données présentent visuellement un effet d'attractivité. Par exemple, les données démographiques en zones rurales.

- **Square cell**

Il s'agit d'une méthode qui relève de la deuxième option. Cette méthode est appliquée lorsque les données sont représentatives d'un endroit spécifique. Par exemple pour produire une carte des densités de logements neufs par kilomètres carrés. Cette méthode produit un modèle numérique du terrain.

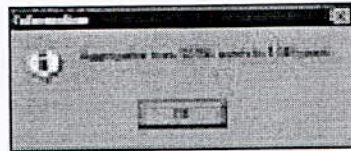
Chaque technique produit une nouvelle table qui contient les données agrégées et préserve la table originale inchangée.

Nous disposons de la table Downtown.xls qui contient des points test de réception de signaux de télécommunication. Ces points ont été enregistrés automatiquement en parcourant les rues d'une ville avec un GPS embarqué à bord d'un véhicule. La variation de la vitesse du véhicule a une incidence sur la distribution des points. Si le véhicule roule lentement plusieurs points sont très proches. Cette table possède 32766

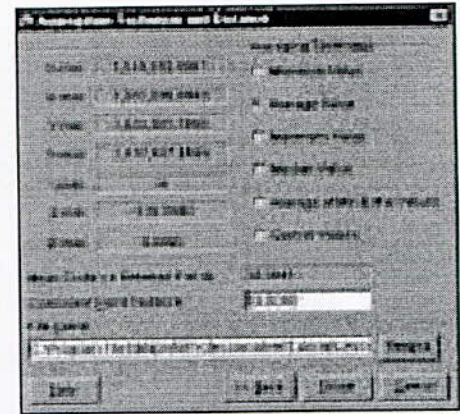


des
vont

Enregistrements, mais certaines informations sont redondantes. Il est donc approprié de regrouper certaines informations avant de créer un grid.



La valeur de « Coincident Point Distance » est pré affecté à 10% de la valeur moyenne des distances entre les points. Affecter zéro à ce paramètre agrègera les points qui sont confondus géométriquement. On dispose alors d'une nouvelle table avec moins de points. Chaque nouveau point possède en attribut la moyenne des attributs des points qu'il a « capturés » par l'option « Average ». Les nouveaux points sont situés au centre des groupes de points agrégés, sauf si les options « minimum » ou « maximum » sont retenues. Dans ce cas le point issu de l'agrégation a la géométrie du point qui portait la valeur.



Value

IV Créer des grids en interpolant des données Map Info

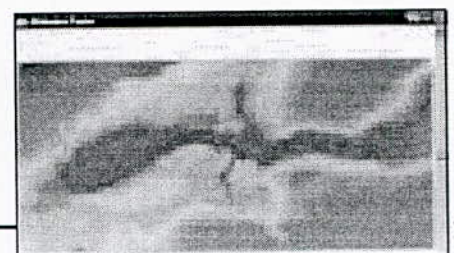
La possibilité de générer des grids à partir des lots de données des utilisateurs est une des fonctionnalités importante de Vertical Mapper. En général le processus de création de grille créé un maillage imaginaire rectangulaire. L'interpolation est alors faite à partir des cellules de ce maillage. Choisir une technique de création de grille parmi les différentes solutions possibles dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des données, leur distribution, l'utilisation postérieure attendue du résultat et de savoir si l'on veut obtenir un grid numérique ou un grid classifié.

IV - 1 Interpolation par triangulation irrégulière (TIN)

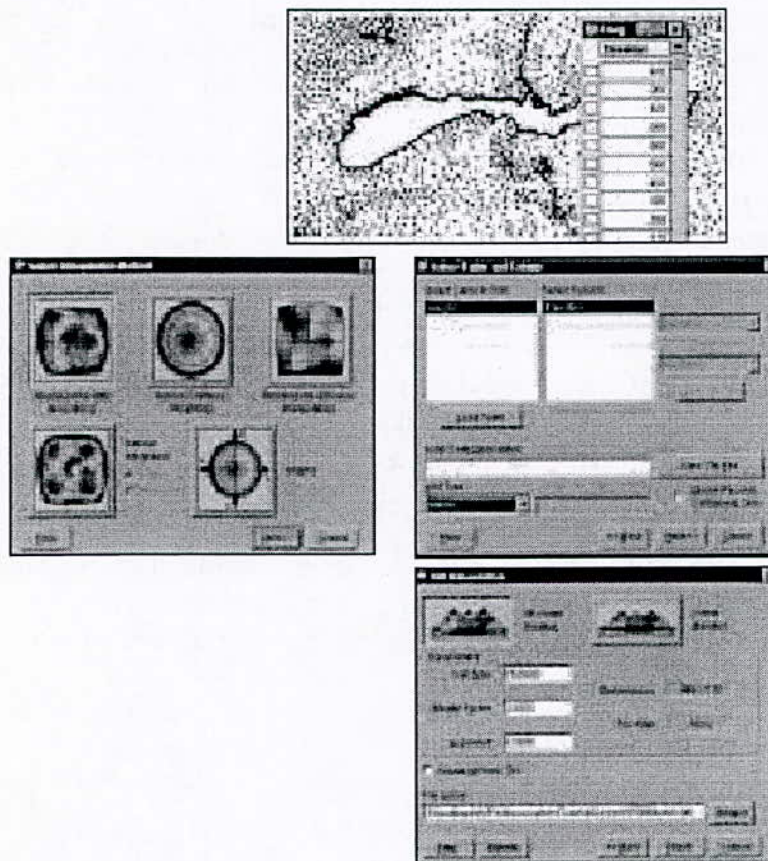
La triangulation de Delaunay est appliquée pour construire des grids avec des données qui ne nécessitent pas de moyennes locales. Les MNT sont de bons exemples. La triangulation irrégulière utilise un réseau de triangles aussi équilatéraux que possible qui vont connecter les points du lot de données. Cette triangulation est appelée triangulation de Delaunay. Cette solution est très utile pour travailler sur des lots de données de répartition spatiale quelconque où l'on souhaite faire participer chaque information à la constitution du résultat.

Cette triangulation est produite par un procédé qui connecte tous les points originaux par un réseau de triangles réguliers, aussi équilatéraux que possible. C'est la règle de Delaunay qui fixe que chaque triangle formé définit un cercle circonscrit qui ne contient aucun autre sommet de triangle.

Une expression polynomiale lisse alors la surface suivant les X et Y lisse alors pour chaque face de triangle (option « 5 th order Solution ») afin de déterminer la valeur de chaque facette du grid. L'autre option « Linear



Solution », calcule l'attribut de chaque point de chaque face en résolvant l'équation linéaire du plan



IV - 2 Interpolation inversement proportionnelle à la distance (Inverse Distance Weighting)

Cette technique associe à chaque nœud de la grille une valeur qui est calculée par moyenne pondérée (ou non) des valeurs des points qui se trouvent à proximité du nœud. Cette pondération est linéairement inverse à la distance de chaque point et du nœud considéré.

Cette technique est contrôlée par un certain nombre de paramètres, qui vont influencer le résultat.

_ Rayon de recherche : Ce paramètre définit la taille du rayon de recherche autour de chaque nœud de la grille à l'intérieur duquel les points seront sélectionnés et inclus dans le calcul d'interpolation.

_ Rayon d'affichage : définit la distance autour du lot de données où la grille va être calculée.

_ Minimum et Maximum de points : définit le nombre mini ou maxi de points à prendre en compte pour calculer l'interpolation.

Les grilles obtenus dépendent donc du choix de α . Plus α est élevé, plus on approche de la réalité. Mais S'il

$$Z = \sum_{i=1}^n (Poids_i \cdot Z_i) \quad Poids_i = \frac{1}{Distance_i^\alpha}$$

est trop élevé les valeurs calculées deviennent surestimées. La méthode est efficace lorsque la densité des points de mesure varie peu (on fixe généralement α entre 1 et 9.)

IV - 3 Interpolation bilinéaire (Rectangular interpolation)

Cette technique associe un cercle à chaque nœud de la grille. Ce cercle est divisé en 4 quadrants, à l'intérieur desquels le point le plus proche est sélectionné. Ces points sélectionnés vont servir à affecter une valeur au nœud de la grille.

Cette méthode est utilisée quand la distribution spatiale des points à interpoler est régulière et où la valeur de chacun d'entre eux n'est pas à prendre en compte. (Changement du pas d'un MNT par exemple.)

IV - 4 Par plus proche voisin (par diagrammes de Voronoï)

Cette méthode géométrique consiste à générer autour de chaque point une région de voisinage. Elle offre deux possibilités «simple» ou «avancée» pour l'interpolation. L'opération simple permet aux utilisateurs débutants de paramétrer l'algorithme en deux étapes.

La première consiste à préciser la distance minimale d'agrégation et le pas du Grid.

La seconde permet de choisir la méthode de calcul de la valeur du grid.

-linéaire : moyenne des points voisins (situés à une distance inférieure à la distance minimale !)

-smoothed without overshoot : calcul utilisant la moyenne des pentes des points voisins. Les minis et maxis locaux se voient affecter une pente de 0. Le résultat est plus lissé que le précédent.

-smoothed value allowing overshoot. Même méthode mais en faisant passer une surface au dessus ou en dessous des points minimaux ou maximaux locaux. Le résultat est plus lissé que le précédent.

Pour cela on joint les centres des cercles circonscrits des triangles de Delaunay.

La région entourant un point du semi initial est dite région de Voronoï.

De manière très simple cette méthode peut utiliser une pondération pour recalculer une nouvelle valeur pour chaque point de la grille.

Pour ces quatre méthodes les paramètres indispensables à fournir sont identiques (Table de points, attribut portant l'information et unité de mesure. Parfois des éléments spécifiques sont nécessaires :

Search radius (rayon de recherche) du cercle autour du point dans lequel on trouve les points servant à l'interpolation

Aggregation Distance ou Coincident Point Distance :

Distance minimale entre plusieurs points, à partir de laquelle le logiciel considère que l'ensemble des points est un point unique affecté d'une valeur calculée, définie par le choix de Aggregated Value ou Coincident Point Aggregation (Mini, maxi, moyenne..)

XV Les Visualisations 3D

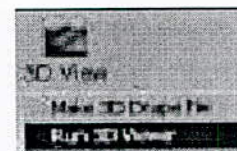
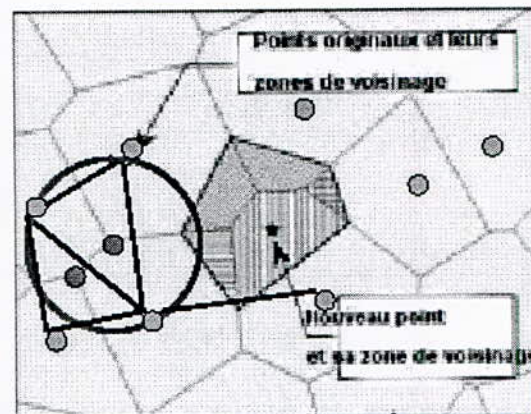
Une autre manière d'exploiter les grids est de produire une visualisation en 3 dimensions. L'outil GridView possède plusieurs options permettant de manipuler tous les aspects du 3D comme l'éclairage, le point de vue, la réflectance, l'estompage. Grâce à l'utilisation de fichier de drapage (fichiers de textes, de traits, d'images, il est possible de créer des représentations 3D assez réalistes.

XV - 1 Lancement de l'outil Grid View

L'outil Grid View peut être lancé de plusieurs manières différentes.

_ Par le bouton Run3D Viewer du grid Manager et par l'option 3D View. Cette méthode assure que le grid sélectionné dans le Grid Manager sera le MasterGrid « *Grid principal* » dans la visualisation 3D résultante.

_ Par le bouton Grid View du dialogue Point-to-Point Visibility. Cette méthode assure



que l'utilisateur peut choisir précisément les points caractéristiques de la visualisation. (Point de vue, point de fuite.)

XV - 2 Spécification des propriétés d'une scène : La Viewing Table

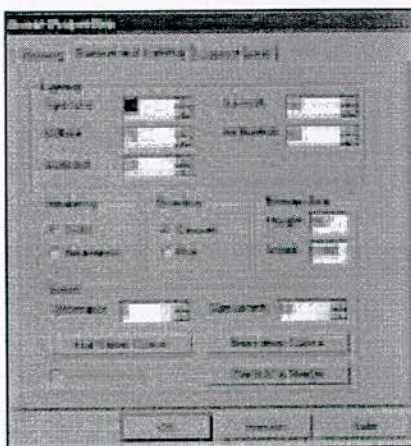
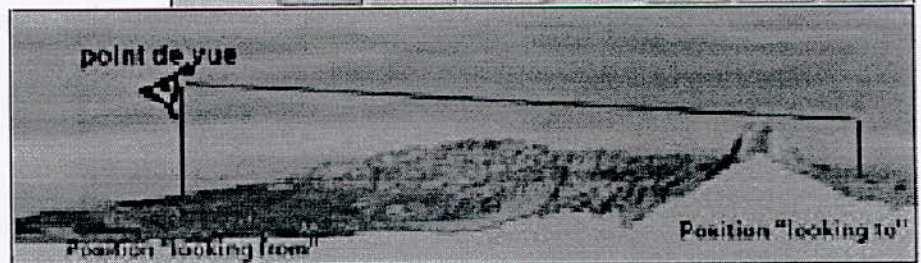
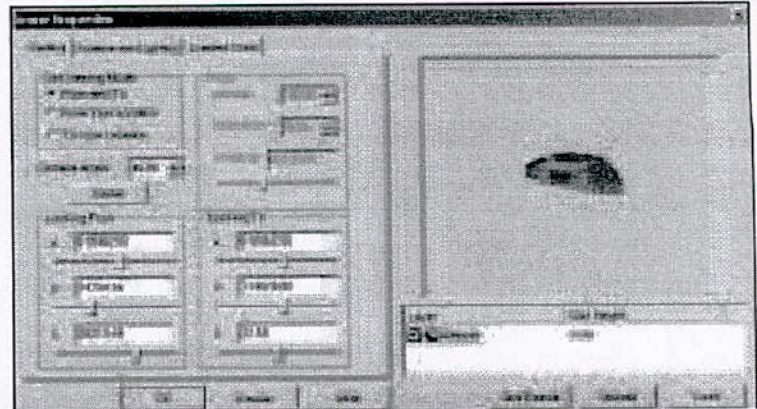
L'outil Grid View étant lancé, le premier dialogue apparaît : il permet de saisir les caractéristiques de la scène grâce à trois onglets.

L'onglet « Viewing » sert à gérer les caractéristiques de point de vue, de surface, d'éclairage et de couleur. Une fenêtre de prévisualisation permet de se rendre compte des effets des caractéristiques saisies.

La détermination du mode de visualisation permet de préciser la position du point de vue dans l'espace. Cela est possible de 3 manières, en jouant sur la détermination du point de vue, du point visé ou de ces deux points.

Le mode « From and to » requiert la saisie des X et Y du point où se trouve l'observateur et du point visé. De même l'utilisateur peut spécifier de combien il se situe en dessus ou en dessous du grid. Ce sont donc les valeurs X, Y et Z des deux points qui sont demandées.

L'onglet « Surface and Lighting » sert à gérer les caractéristiques



d'éclairage, de type de visualisation - solide ou filaire et ainsi que des caractéristiques d'affichage de la scène (couleur de fond, traitement colorimétrique des cellules dont la valeur est null...

Les boutons « Backdrop Colour » et « Backdrop Image » servent respectivement à changer la couleur du fond de la fenêtre du GridViewer ou bien d'y afficher une image au format BMP.

L'onglet « Loaded grid tab » change de nom dès qu'un grid est sélectionné. Il sert à caractériser le traitement de l'altimétrie. Notamment les coefficients applicables aux valeurs en Z, mais aussi l'apparence de la visualisation. Notamment l'épaisseur du bloc diagramme.

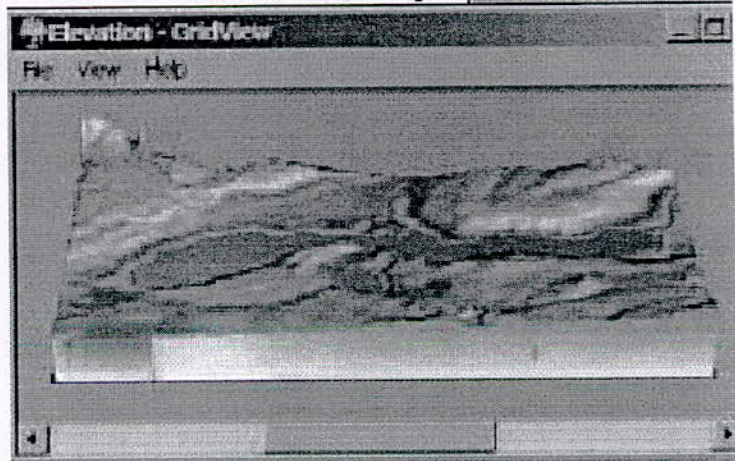
La fenêtre située à droite montre en temps



instantanément les effets des choix opérés. Valider les options choisies par OK affiche le bloc diagramme dans le viewer GridView

Ce visualiseur permet d'exporter cette représentation au format image (BMP..)

Si plusieurs grids sont ouverts avant la visualisation en 3D, la partie de l'interface nommée « Grid Layer Control » Control » permet de gérer la manière dont ces différents grids vont être utilisés dans la visualisation.



Annexe 2 :

GUIDE SIMPLIFIE D'UTILISATION DU LOGICIEL MAPINFO

Le système de gestion de base de données localisées MapInfo créé par MapInfo Corporation, un logiciel qui vous donne les moyens d'accéder et d'analyser des données d'intérêt organisationnel par la cartographie

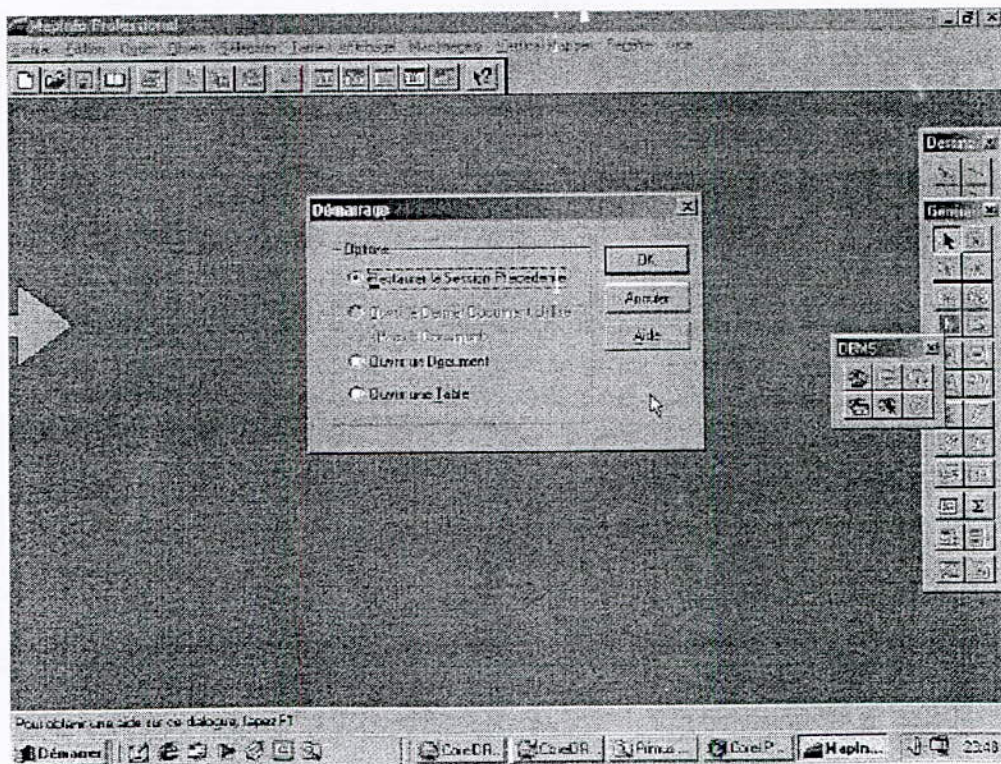
La technologie développée Par Mapinfo permet de réaliser, sur micro-Ordinateur, des opérations Jusque là réservées aux gros Systèmes.

La clé d'accès, un dénominateur commun la localisation géographique. En utilisant la géographie, vous pouvez mettre en corrélation des données qui proviennent de différentes bases de données dans une seule vue cartographique.

Avec MapInfo, vous serez rapidement en mesure de découvrir des relations, tendances ou modèles qui autrement seraient passé inaperçus. Utiliser des solutions géographiques, c'est se permettre de voir entre les lignes et les colonnes d'un tableur ou d'un rapport qui provient d'une base de données

Si vous avez à prendre des décisions dans des temps limités, désirez approfondir vos analyses, améliorer l'efficacité de vos opérations à l'intérieur de votre organisation ou augmenter votre compétitivité. Il est temps de passer au pouvoir de la géographie avec MapInfo.

- Base de Données Relationnelle intégrée.
- Puissantes fonctions d'analyses thématiques et géographiques.
- Connexion client/ serveur directe et standard à l'ensemble des bases de données distantes supportant ODBC.
- Accès permanent aux données associées aux cartes.



- Accès direct aux données Access.
Lecture directe des formats dBase, Excel, Access, Lotus 1-2-3 et ASCII

Cartographiez vos données

Superposez vos informations et visualisez rapidement les interactions entre vos données, en utilisant n'importe quelle combinaison de couches. Passez d'une vue générale aux moindres détails d'une carte grâce aux outils de zoom.

Gestion de tout type d'objets : points (localisation de villes, de clients, d'agences), polygones (Limites administratives, zones...), polygones (réseau routier, hydrographique...)

Caler des Cartes Raster

Affichage et calage géographique des images raster : plans scannés, photos satellites ou aériennes.

Géocoder

Fonction qui permet de localiser une donnée en la liant à une autre donnée dont la position est connue. Note.- En liant l'attribut code postale de l'entité poste de police district 1 à un fichier de codes postaux dont les positions sont connues, on localise ce poste de police.

Analysez vos données

Superposez vos informations et visualisez rapidement les interactions entre vos données, en utilisant n'importe quelle combinaison de couches. Passez d'une vue générale aux moindres détails d'une carte grâce aux outils de zoom.

Gestion de tout type d'objets : points (localisation de villes, de clients, d'agences), polygones (Limites administratives, zones...), polygones (réseau routier, hydrographique...)

Vues multiples interactives

MapInfo Professional dispose de trois modes dynamiques de visualisation des données : Carte, tableau et graphique. Toute modification des données dans l'une de ces vues se répercute immédiatement dans les autres vues.

Attachez des données aux objets.

Des données tabulaires peuvent être associées à tous les objets gérés par MapInfo Professional. Ces informations permettent l'analyse thématique des cartes.

Moteur de requêtes SQL intégré autorisant des sélections des plus simples aux plus complexes. Nombreuses fonctions de calcul : surface, périmètre, moyenne, somme, coordonnées..

Fonction de sectorisation avec simulation en temps réel du poids de chaque secteur

Générez des Analyses Thématiques

Choisissez le type de représentation thématique adapté et laissez vous guider par l'assistant Pour analyser vos données. Avec MapInfo Professional, l'analyse thématique est mono et Multi variable : dégradés de couleurs, symboles proportionnels, secteurs, histogrammes et Valeurs individuelles

Création de zones tampon

Délimitez automatiquement une zone autour d'objets sélectionnés. Sélection d'objets sélectionnés : par distance, par rectangle, par polygone ou simplement de façon manuelle.

Présentez vos cartes

Mise en page Agencez les éléments de votre document pour diffuser les résultats de votre analyse.

Extrait de cartes

Annotez des cartes avec des titres, des commentaires, des symboles, des images...

Étiquetez automatique ou manuel des objets d'une carte.

Dupliquez de la fenêtre Carte pour obtenir un "clone" de votre présentation.

Utilisez un pochoir pour ne visualiser que la portion de carte qui vous intéresse.

Serveur OLE

Placez vos cartes dans tout logiciel client OLE, comme dans votre traitement de texte par exemple, elles peuvent à tout moment y être modifiées.

MapBasic

Environnement de développement

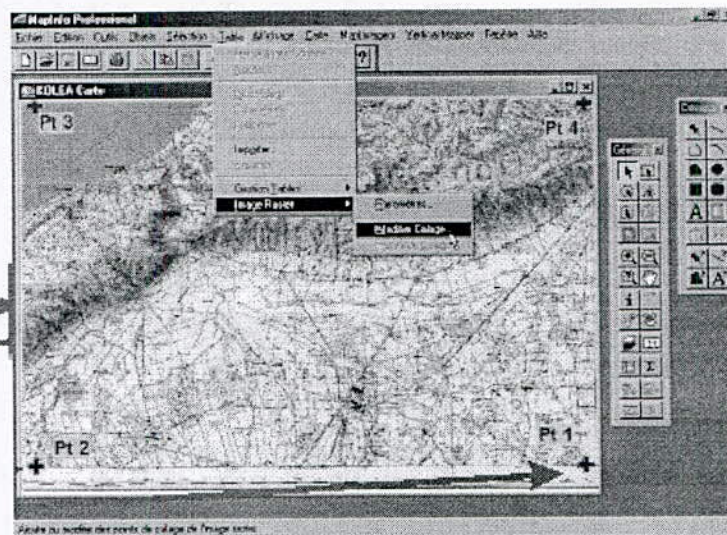
Pour MapInfo Professional

MapBasic est le langage de programmation idéal pour personnaliser une application MapInfo, Étendre ses fonctionnalités cartographiques, automatiser des traitements répétitifs ou intégrer MapInfo dans d'autres applications.

Combinaison des images raster avec les données vectorielles :

Dans cette leçon vous étudiez l'affichage et le calage d'une carte topographique Scannée, vous utilisez l'exemple d'un extrait de la carte topographique de Koléa au 1/ 50 000 ème, et la superposition de la table "Blida-Com".

Points de Calage



* Calage de l'image raster :

Le calage est le processus qui consiste à collecter des informations dans Un système de coordonnées (Référentiel cartographique) Ce qui va permettre La superposition des différentes tables et donner lieu à une Analyse géographique exploitable.

Comment faire !!!!

* Au préalable vous devez choisir au moins 04 points de calage (dite aussi points d'amers) bien connus et repérées sur la Carte topographique scannée (amorces, grille, quadrillage ...) ou des points calculées sur terrain à l'aide d'un DGPS. Ces Points ne doivent pas être alignés mais réparties sur les quatre coins de la carte, pour que Mapinfo puisse vous calculer la Marge d'erreur.

* Ouvrez l'image scannée à l'aide de Mapinfo et préparez le calage.

- Choisissez **fichier** → **Ouvrir Table**

Dans la case de la liste des fichiers de type.

Choisissez Image raster, puis choisissez le fichier

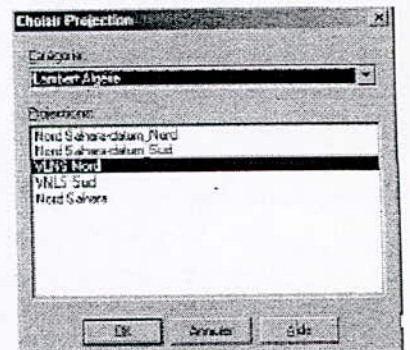
- Cliquez sur Ouvrir

* La boîte de dialogue " Calage de l'image apparaît et présente l'image raster dans sa partie inférieure

Sur l'image nous avons préparé pour vous quatre amorces avec leur coordonnées en projection LAMBERT ALGERIE NORD.

* Cette étape est destinée à préciser le référentiel géographique à utiliser pour le calage de l'image.

1* Cliquez sur le bouton "Projection" une liste de sélection des différents Systèmes cartographiques gérés par MAPINFO s'affiche. Choisissez dans le listing la projection Lambert Algérie. Cliquez dessus une deuxième fenêtre s'affiche sur la quelle est indiquée deux autres projections, choisissez Lambert Algérie Nord Cliquez sur OK.

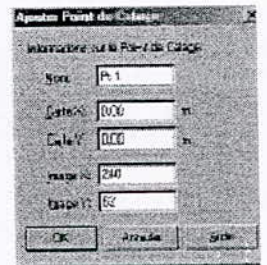


2- Vérifiez les Unités Utilisées, choisissez le mètre.

* Dernière étape est destinée à préciser les 04 points de calage. Le premier point se situe dans la partie inférieure gauche de l'image déplacez vous avec les ascenseurs de coté.

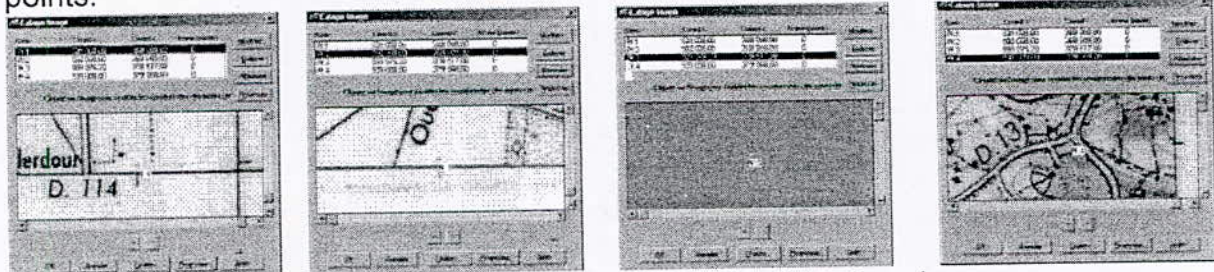
Allez vers l'emplacement précis du premier point de calage, qui doit coïncider avec avec la première croix (en rouge) Placez le curseur (+) a cet endroit et cliquez. La boîte d'introduction des coordonnées s'affiche à vous :

- Sur la case des X, tapez la valeur des coordonnées longitude X (indiquée sur l'image raster) .
- Sur la case des Y, tapez la valeur des coordonnées latitude Y (indiquée sur l'image raster) et cliquez sur OK.



Le premier point de calage apparaît.

Déplacez vous avec les ascenseurs vers la partie supérieure de l'image ou se situe la croix du deuxième point mentionné. Suivez la même procédure précédente pour le calage du 2ème et des autres points.



Pour améliorer le processus de calage, ajoutez des points de calage supplémentaires, Si vous désirez modifier l'emplacement du point de calage existant , mettez-le en surbrillance dans la boîte de dialogue calage de l'image, puis affecter lui le nouveau emplacement dans la fenêtre carte.

Remarque : Si l'erreur associée à un point de calage donné est très importante, ceci indique probablement que l'emplacement du point sur la carte n'est pas bon. Reprenez la procédure de calage dans le bon endroit ou carrément supprimez-le, et affectez un nouveau point.

Fermez toute les tables **Fichier** → **tout fermer**

* **Cartographie d'un levé topographique avec Mapinfo :**

- **Importation du fichier Excel vers Mapinfo :**

Il S'agit d'un levé Topographique d'une ferme pilote, réalisé avec une station totale "SOKKIA Set500". Cet appareil permet le transfert direct du levé vers le PC.

Le fichier se présente sous format Excel.

* Ouvrez le fichier Excel " Ferme_m.xls" sous Mapinfo

Fichier → Ouvrir Table (choisit le Type - Microsoft Excel)

Mapinfo déclare alors le fichier (Feuille de calcul) dans son environnement un fichier attributaire

(Tableau) est créé et une table sera affichée, néanmoins les données restent stockées et liés

Au fichier initial "Ferme_m.xls" aucun fichier graphique ".dat" n'est créé jusque maintenant,

Puisqu'il n'est pas possible d'afficher le semi de point dans une table graphique

*** Affichage du fichier excel dans une table graphique :**

Gardez la table d'attributs affichée et allez :

Table → Créer points

Une boîte de dialogue s'affiche, elle vous permet de déterminer

Les coordonnées x et y interpolées, le type de symbole des points et

Surtout la nature de la projection

Faites correspondre les coordonnées X avec la case de la colonne A

Faites correspondre les coordonnées Y avec la case de la colonne B

- Cliquez sur le bouton projection Allez à Lambert Algérie

- Cliquez dessus et sélectionnez la Projection VLNS Nord → Ok

Cliquez sur → Ok

Mapinfo procède au calcul de l'interpolation des points

La table graphique ne sera pas affichée automatiquement, mais vous

Devez l'afficher manuellement

Allez à → Fenêtre → Carte

Faites afficher ensemble les deux tables graphiques "Boufarik_50" et la table "Ferme_m", vous notez que les deux tables se raccordent parfaitement entre elles.

*** Digitalisation des polygones :**

* Agrandissez en zoomant suffisamment sur le fichier Raster "Parcellaire_Bof".

- Cliquez sur le bouton contrôle des couches et ajoutez le fichier aux couches Des tables.

Rendez ce fichier modifiable (en cochant à la case modifiable) OK

Dans cette couche vous allez dessiner uniquement avec les polygones

Toutes les limites des différentes parcelles.

- Choisissez, l'outil dessin par polygone et essayez de délimiter les parcelles

En reprenant le fond de carte comme support de dessin.

- Commencez par la parcelle verte et digitalisez le 1er rectangle de bas, au 4ème Noeud fermez le polygone en double cliquant avec le bouton gauche de la souris.

Continuez votre digitalisation avec le rectangle de haut et le reste des parcelles.

- Votre tâche n'est pas sans difficultés, même si vous êtes bien appliqué dans votre digitalisation les limites contiguës de deux parcelles ne se coïncident pas, les vides persistent entre elles

Mapinfo dans sa version 6.5, vous permet de détecter ces anomalies et même de les corriger

*** La digitalisation des Polygones :**

Le dessin du réseau routier (Pistes et Routes) nécessite la création d'une Nouvelle table.

* Créez une nouvelle table et ajoutez là à la pile des couches

* Après avoir affiché la table nouvellement créée, rendez là modifiable

* Choisissez dans l'outil dessin le bouton Polygones

* Digitalisez soigneusement en 1er les pistes et en second la route.

Vous pouvez vous contenter de la table pistes (en polygones) pour l'afficher avec la table parcellaire pour faire une impression papier par exemple. Sauf que la table

parcellaire ne sera pas complète, puisque entre les polygones le vide que devait occuper la table pistes ne peut pas être comblé par la table pistes (Polygones).
Il est préférable de réaliser une deuxième table pistes mais en polygones !!!
Le topographe a pris le soin de lever le centre des pistes, il a aussi noté la largeur Moyenne de ces pistes (4 m) et un accotement d'un mètre.
Mapinfo vous permet de réaliser une zone tampon tout autour de vos poly lignes en créant des objets polygones suivant une largeur spécifiée au préalable.

ملخص:

عنا بة مدينة تطل على ساحل البحر الأبيض المتوسط تقع محاذية لوادي سيبوس لذلك فقد تعرضت لفيضانات كثيرة وحرصنا على استعمال تقنيات حديثة لمعرفة أماكن وقوع الفيضانات في جزء من وادي سيبوس

في مرحلة أولى استعملت منهج للمعلومات الجغرافية لتحضير معطيات مرفولوجية الوادي التدايل الدقيق بوسائل آلية مختلفة للعرض أمكننا من استعمال هذه المعطيات كمدخل إلى مفتاح التنبؤ الرقمي هذا المفتاح بحل معادلات Saint Venant الثنائية انبعد من أجل حصول على تطور السطح الحر ومجالات السرعة إيجاد موقع السطح الحر يعتمد على الشروط الابتدائية والنهائية المطبقة في كل حالة

Résume :

Annaba est une ville méditerranéenne, se situant à l'embouchure de l'oued Seybouse. Elle est sujette ainsi à de nombreuses inondations. Une application d'outils nouveaux pour évaluer les zones inondables à un tronçon de l'oued Seybouse a été effectuée. Dans une première étape, un système d'information géographique pour la préparation des données de la morphologie de l'oued a été utilisé. Un traitement pré processeur de ces données par différents outils de maillage automatisés, a permis de les utiliser comme entrée à un code de simulation numérique. Ce code résout les équations de Saint Venant 2D pour obtenir l'évolution de la surface libre et les champs de vitesse. La détermination de la position de la surface libre dépend des conditions initiales et aux limites appliquées à chaque cas.

Abstract :

Annaba is a mediteranean city, situated in the monthpiece of Seybouse oued. So it it subjects on many inundations. An application knew tools to progress inundables regions, to a stump of Seybouse oued .Was been effectuated in a first stape a geographic information system for the preparation of morphologie's given of l'oued was been used .A preprocessor treatment of these givens by diffrent tools of automatised maillage, have permitted to use them as acces to a numerical simulation code.This code resolves the Saint Venant 2D equaatons in order to obtain the free surface's evolution and the speed's field. The determination of the free surface's position depends of initials conditions and applayed limits in each cas.