

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement Littoral**



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master 2 et d'Ingénieur d'état en Sciences de la Mer**  
**Option : Gestion et protection du littoral**

**Thème :**

**Processus d'initiation et d'évolution des canyons sous-marins le long de la marge continentale du Golf de Bejaia**

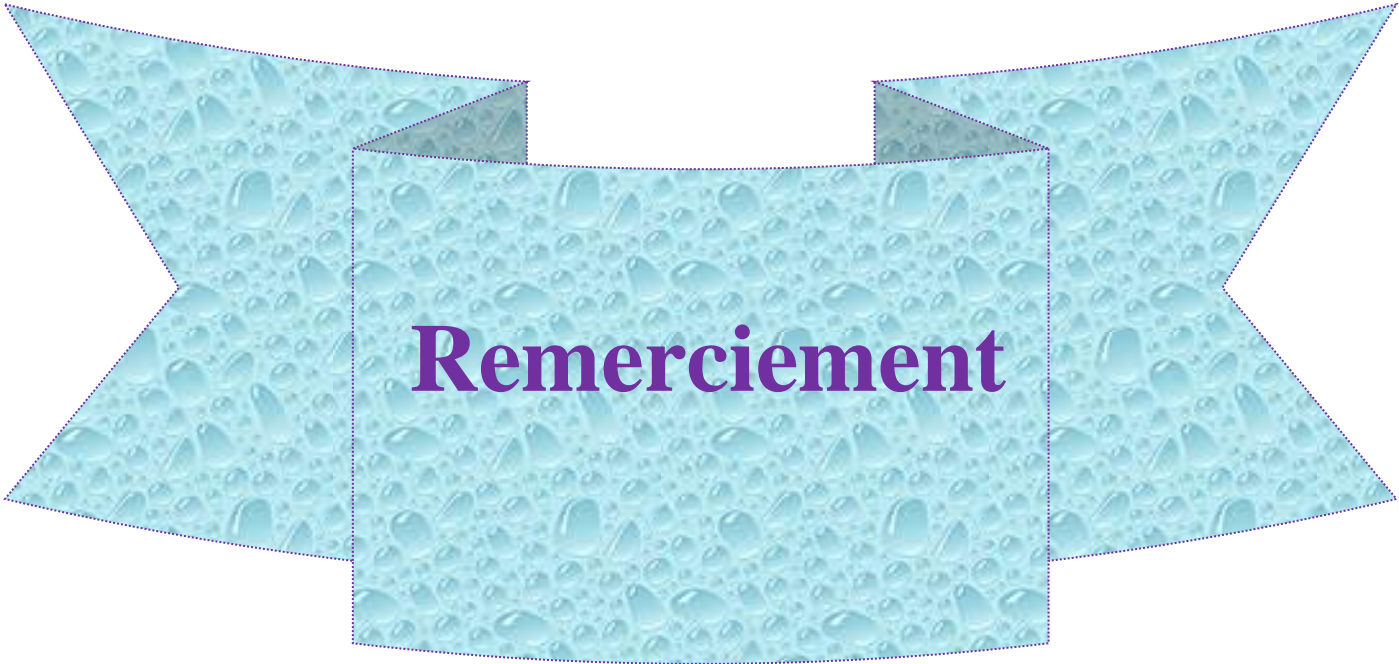
Présenté par :

**Melle DJEGHELAL Nabila**  
**Melle ZOUAREG Sabah**

Soutenu le 06/11/2021 devant le jury composé de :

<b>M<sup>f</sup> LAOUEDJ A.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>f</sup> FERNANE L.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M<sup>f</sup> OTMANI H.</b>	<b>M.C.B</b>	<b>ENSSMAL</b>	<b>Examineur</b>

**Année universitaire : 2020-2021**



**Remerciement**

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers notre créateur, pour sa clémence et pour nous avoir donné la volonté, l'espoir et surtout le courage pour réaliser ce travail.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à notre promoteur M. Fernane. L. On vous remercie de nous avoir accueillis, conseillés, encouragés soutenus à chaque moment et pour sa générosité, sa gentillesse, sa patience et ses précieux conseils pour l'établissement de ce travail.*

*Pour les conseils prodigués. Je remercie l'ensemble des enseignants de notre département.*

*Je remercie tout membre de jury qui nous ont honoré de leur présence. Nos remerciements s'adressent à Laouedj. A. Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury;*

*Nous remercions également M. Otmani. H. d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce présent travail;*

*Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, pour Leurs soutiens moraux dans la réalisation de ce projet.*

*Nabila*

*Sabah*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :*

*Mes très chers parents, ma très Chère mère, pour le sacrifice tout au long de ma vie ;*

*Toute ma grande famille ;*

*Mes frères ;*

*Tous mes amis sans exception ;*

*Ma chère binôme Sabah et sa famille.*

*Et à tous ceux que j'aime et ceux qui pensent à moi.*

*Nabila*

# *Dédicace*

*Je tiens à dédier ce modeste travail à:*

*Mes chers parents pour leur aide, vous étiez et vous resterez mon premier exemple et ma grande fierté;*

*A mes très chers*

*A mes chères amies*

*A mon binôme Nabila et sa famille;*

*A toute la promotion.(Enseignants et étudiants)*

*Merci.*

*Sabah*

## SOMMAIRE

Introduction.....	1
CHAPITRE1 : Synthèse biographique.....	4
1 Historique des canyons sous-marins.....	5
2 Définition des canyons sous-marins.....	5
3 Morphologie des canyons sous-marins.....	6
3.1 Tête.....	6
3.2 Corps.....	6
3.3 Embouchure .....	7
4 Classification des canyons sous-marins.....	8
5 L'origine des canyons sous-marins.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5.1 L'hypothèse des rivières submergées .....	10
5.2 L'hypothèse d'érosion régressive du bas vers le haut .....	11
5.3 L'hypothèse d'érosion transgressive du haut vers le bas .....	12
5.4 L'hypothèse de la crise de salinité messénienne .....	12
6 Les intérêts d'étudier les canyons sous-marins .....	14
6.1 Chapitre 2 : Description de la zone d'étude.....	15
1Aperçu géographique.....	15
2 Aperçu géologique.....	16
3 Aperçu géomorphologique.....	17
3.1 Géomorphologie terrestre .....	17
3.2 Géomorphologie côtière .....	18
3.2.1 zone littoral Est.....	19
3.2.2 Zone littoral Ouest.....	20
3.3 Géomorphologie sous-marine.....	20
4 Aperçu hydrographique.....	21
4.1 Bassin versant.....	22
4.2 Le réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam .....	22
5 Aperçu sur les structures tectoniques.....	23
Chapitre 3 : Matériels et méthodes.....	24
1 Données.....	25
1.1 La campagne de MARADJA2 .....	25
1.2 Le sondeur multifaisceaux.....	25

2	Méthodes .....	26
	Chapitre 4 : résultats et discussions.....	27
1	Résultats .....	28
1.1	La carte bathymétrique de la zone.....	28
1.2	La carte des pentes de la zone .....	29
1.3	Les profils longitudinaux et transversaux.....	30
1.3.1	Les canyons de la zone Ouest.....	32
1.3.2	Les canyons de la zone centrale .....	37
1.3.3	Les canyon de la zone Est .....	40
2	Discutions .....	42
2.1	Maturité des canyons.....	42
2.2	Les facteurs qui contrôlent l'évolution des canyons.....	43
2.2.1	La forme et la taille du bassin de drainage.....	43
2.2.2	Le dénivelé de La pente du talus .....	44
2.2.3	La largeur de plateau.....	45
	Conclusion .....	47

# Listes de figures

- Figure 1: Profil type d'un canyon représentant les trois parties distinctes d'un canyon sous-marin (Gaudin, 2006)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 2 : Bloc 3D représentant la morphologie d'un canyon sous-marin..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 3 : Schéma 3D illustrant les principales différences géomorphométriques des canyons sous-marins présents sur les marges passives et actives (Harris et Whiteway, 2011).Figure 3 : Schéma 3D illustrant les principales différences géomorphométriques des canyons sous-marins présents sur les marges passives et actives (Harris et Whiteway, 2011). ..... 9
- Figure 4 : Principe de l'érosion régressive. (A) une première rupture se produit, elle engendre une fragilisation du matériel sus-jacent. (B) Ceci entraîne une déstabilisation en chaîne des sédiments en amont (rétrogression) dont les produits transitent ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Fig(5) : Une figure montrant la localisation géographique de la wilaya de Béjaïa et ses environs.Figure 5: Une figure montrant la localisation géographique de la wilaya de Béjaïa et ses environs..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 6: Carte géologique de la région de Béjaïa. .... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 7: Géomorphologie terrestre de la zone de Bejaïa et ses environs..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 9: Esquisse morphologique générale de la côte Ouest de Béjaïa (CNL béjaïa,) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 10 : Etude (3D) de la morphologie sous-marine du littoral de Bejaïa. la carte bathymétriques Leclaire (1972) couplées avec celles de la carte marine du littoral de Bejaïa ont été digitalisées pour l'élaboration des cartes bathymétriques 2D et 3D..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 11 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam. .... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 12: Carte du réseau hydrographique du bassin versant de oued Soummam. .. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 13: la carte de la localisation des structures tectoniques sur la marge du Golg de Béjaïa ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 14: La technique des faisceaux croisés ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 15 :.La carte bathymétrique du golf de Béjaïa ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 16:La carte des pentes du golg de Béjaïa ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 17: profil longitudinal d'un canyon de la zone ouest..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 18: profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé à l'Ouest.. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 19: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé à l'Ouest. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 20: profils transversal au niveau de tête d'un canyon situé à l'Ouest. . **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 21: profil longitudinal d'un canyon situé au centre ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 22: profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé au centre .. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 23: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé au centre **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 24: profil transversal au niveau de tete d'un canyon situé au centre... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 25: profil longitudinal d'un canyon situé à l'Est..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 26: . profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé à l'Est. .. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 27: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé à l'Est..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 28: . profil transversal au niveau d'un canyon situé à l'Est ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 29: Affichage des données bathymétriques (MNT) dans Arc Gis. .... 50
- Figure 30: Image précisant la fenêtre « Propriétés» dans Arc Gis et l'option « Classé » ..... 51

Figure 31: image montrant l'affichage de la fenêtre ArcToolbox et l'option « isoligne ».....	51
Figure 32: . image montrant l'affichage de la fenêtre « isoligne» et les paramètres d'entrées .....	52
Figure 33: image montrant la carte bathymétrie intégrée dans logiciel Arc Gis.....	53
Figure 34: image montrant le traçage d'une ligne sur l'axe du canyon .....	54
Figure 35: image montrant le profil longitudinal résultant. ....	55

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Mise en évidence des caractéristiques morphométriques des canyons des marges actives et des marges passives. (D'après Harris et Whiteway, 2011). .....	9
--	---

# **Introduction**

## Introduction

---

### Problématique

Les marges continentales passives ou actives, depuis les hautes latitudes jusqu'à l'équateur, représentent la zone de transition entre continents et bassins océaniques et sont, de ce fait, la voie préférentielle des transferts sédimentaires terre-mer au cours du temps. En dehors des variations tectoniques, la morphologie d'une marge évolue constamment en réponse aux processus sédimentaires qui y ont lieu. En effet, il existe sur une marge différents éléments architecturaux dont la morphologie est principalement contrôlée soit par les processus d'érosion, soit par les processus de dépôt.

Au sein de ces marges, les pentes continentales sont plus particulièrement soumises à des processus gravitaires érosifs, plus ou moins intenses et diversifiés, parmi lesquels on distingue principalement :

- les glissements en masse, dont l'enregistrement géologique consiste en une cicatrice d'arrachement et un corps déstructuré pouvant atteindre plusieurs mètres à centaines de mètres d'épaisseur ;
- et les écoulements gravitaires, qui sont générés de façon quasi continue au cours du temps et qui sont responsables du dépôt de strates individuelles centimétriques à métriques.

L'action de ces processus gravitaires génèrent le creusement et l'entretient des canyons sous-marins qui constituent un élément architectural majeur des pentes continentales, les canyons sont en grande partie responsables des modifications de la morphologie de la pente **continentale (Shepard, 1981 ; Posamentier et Vail, 1988 ; Posamentier *et al.*, 1988)**. Ces structures (Canyons sous-marins) présentent en effet une large distribution spatiale et sont présentes sur tous les types de marge qui ont fait l'objet d'investigations (**Harris et Whiteway, 2011**). Les canyons sous-marins sont caractérisés par des morphologies en forme de V ou U, variant de 100 à 1000 m de profondeur en moyenne et pouvant atteindre plus de 2000 m de profondeur (**Normark et Carlson, 2003**).

Le cours d'un canyon est principalement guidé par les variations eustatiques et la topographie, cette dernière étant étroitement liée à l'activité tectonique. Un profil longitudinal d'un canyon est dit à l'équilibre aura une forme concave, alors qu'un profil de canyon jeune (n'ayant pas encore atteint le stade d'équilibre) ou le cours d'un canyon perturbé par des mouvements tectoniques leur conférant une forme plus convexe.

De ce fait le cours des canyons peut-être un bon indicateur de la déformation d'une marge et de son évolution future. Une autre approche utilisant le cours des canyons permet la mise en

## Introduction

---

évidence de la tectonique dans une région par l'observation d'éventuelles déviations des canyons. De plus, les profils transversaux évoluent progressivement d'un V à un U, mais dans certains cas, ils peuvent alterner entre V et U résultat des mouvements verticaux.

Située au sud de la méditerranée occidentale, la marge Algérienne est une marge passive cénozoïque, formée en position de bassin arrière-arc de la subduction Téthysienne, actuellement réactivée en compression, cette activité peut se traduire sous forme de structures tectoniques (failles, plis, escarpements...). Plusieurs types d'objets géologiques permettent d'identifier, par des moyens indirects, le jeu de failles en profondeur, tels que : (1) les instabilités sédimentaires, (2) la déformation des sédiments superficiels, et (3) le cours des canyons.

### Objectifs de l'étude

Ce travail de thèse a été réalisé sur la marge Est Algérienne au sud de la Méditerranée occidentale : une marge passive en cours de réactivation. Il se concentre principalement sur l'étude des canyons sous-marins, car les instabilités sédimentaires et la déformation des sédiments superficiels ont déjà fait l'objet de plusieurs travaux (**Domzig, 2006 ; Matougui, 2008**). Les principaux objectifs de cette étude sont :

- faire ressortir les principales caractéristiques morphométriques des canyons, telles que le profil topographique longitudinal du thalweg, son inclinaison, son indice de sinuosité, la largeur du canyon et du thalweg, la profondeur d'incision, la morphologie transversale du canyon, ou encore leur évolution amont-aval.
- analyser les différents éléments architecturaux au sein des canyons, tels que les cicatrices d'arrachements, les sur-incisions, les *knickpoints*, les rides sédimentaires ou les terrasses, afin de comprendre leur relation avec les différents paramètres morphométriques généraux des canyons, ainsi que leur mode de mise en place et d'évolution.
- analyser l'évolution des canyons au cours du temps on les intégrant au contexte tectonique régional pour déterminer les forçages tectonique, climatique et/ou glacio-eustatique contrôlant leur formation et leur dynamique sédimentaire.
- faire une analyse des bassins versants associés à chaque canyon sous-marin afin de comprendre l'impact de l'influence des apports sédimentaires sur la formation et l'évolution des canyons.

## **Introduction**

---

Les données utilisées dans cette étude ont été acquises lors des campagnes océaniques MARADJA 1 et 2 (2003 et 2005). Ces campagnes ont permis l'acquisition d'un relevé bathymétrique complet de la Marge Algérienne. La bathymétrie a été collectée à l'aide d'un Simrad EM300, utilisé pour les hauts/moyens fonds (Talus et bassin profond). Sa précision verticale peut atteindre 2 mètres pour le faisceau central et sa résolution est au maximum ~25 mètres. Cet outil fournit des données bathymétriques ainsi que des données d'imagerie acoustique. Les informations bathymétriques permettent de réaliser une étude précise de la morphologie des fonds, et les données d'imagerie permettent d'étudier les changements de réflectivité des fonds.

### **Description de manuscrit**

Ce mémoire comprend 4 chapitres :

Chapitre 1 : consacré à une introduction au sujet, définir les canyons sous-marins leurs morphologie et les processus intervenants dans leur création.

Chapitre 2 : décrire les traits de la zone d'étude, géomorphologiques et géologique

Chapitre 3 : détaille les outils utilisés, les données acquises et les méthodes d'analyses des données utilisées dans ce mémoire.

Chapitre 4 : présente les résultats de l'étude en proposant des explications et des conclusions.

---

# Chapitre 1 : synthèse bibliographique

## 1 Historique des canyons sous-marin

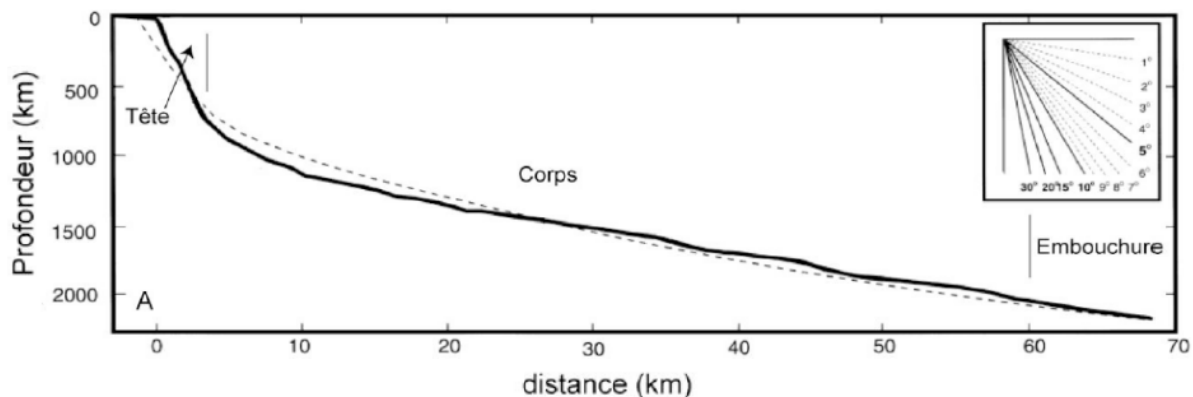
L'étude des fonds marins est relativement récente à l'échelle des disciplines scientifiques, car **(Vanney and Stanley, 1983)** s'affranchir de la tranche d'eau nécessite un savoir technique qui ne fut maîtrisé que lors de la première moitié du 19<sup>ème</sup> siècle. Quelques éléments morphologiques étaient déjà connus au 18<sup>ème</sup> siècle, notamment la rupture de pente décrite dès 1725 par Marsili. Mais c'est à partir des premières campagnes à la mer, de la première moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, que l'exploration sous-marine en tant que telle prend son essor. En effet, sous l'impulsion des grands scientifiques naturalistes de cette époque, se met en place dans de nombreux pays une politique de cartographie de leur territoire sous-marin. C'est ainsi par exemple que le président des Etats-Unis Thomas Jefferson donne naissance à la **Coast Survey (en 1807)**, organisme d'étude des côtes chargé au départ de travailler à la compréhension du Gulf Stream. Les travaux de sondages effectués lors de ces campagnes mettent en évidence à partir de 1850 la morphologie générale d'une marge continentale incluant la plateforme et la pente en passant par le rebord de la pente. La première indication de l'existence d'un canyon sous-marin date de 1853 dans la baie de Monterey en Californie avec la parution de la première carte de la baie produite par le **Coast Survey (Greene et al. 2002)**. A peu près au même moment les travaux de cartographie marine de la côte landaise effectués par La Roche-Poncie en 1860 (dans **(Froidefond et al. 1983)**) permettent de dessiner les contours d'une dépression qui s'avèrera être la tête du canyon de Capbreton. Grâce au développement de l'exploration des fonds marins, les scientifiques connaissent, dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la morphologie générale des marges et de la pente continentale.

## 2 Définition des canyons sous-marins

Les canyons sous-marins sont définis comme «des vallées sinueuses aux parois abruptes avec des sections transversales en forme de V, des axes inclinés vers l'extérieur aussi continuellement que des canyons terrestres coupés par des rivières et un relief comparable même au plus grand des canyons terrestres » **(Shepard, 1963)**. Les canyons constituent des voies de transport des sédiments du plateau continental vers le bassin profond par divers processus sédimentaire tels que les glissements sous-marins et les courants de turbidité **(Nittrouer and Wright, 1994 ; Babonneau et al., 2002 ; McHugh et al., 2002 ; Normark and carlson, 2003 )**.

### 3 Morphologie de canyons

Les nombreuses études dédiées aux canyons sous-marins depuis leur découverte, ont montré la grande variété de sa morphologie. Il est cependant possible d'en extraire des caractéristiques communes. Ils se composent généralement de trois parties distinctes, dont la distinction n'est pas toujours facile, d'amont en aval ; la tête, le corps, et l'embouchure (Cronin, 1994) (Fig.1).



**Figure 1: Profil type d'un canyon représentant les trois parties distinctes d'un canyon sous-marin (Gaudin, 2006).**

#### 3.1 La tête

C'est la partie la plus proche de la côte avec une pente dont la valeur est supérieure à la pente moyenne du canyon. Dans tous les cas, la longueur de la tête ne dépasse pas 10% de la longueur totale du canyon. Les têtes de canyons ont généralement une morphologie en forme d'amphithéâtre, évasée en direction de la côte, d'une largeur hectométrique (Fig.1).

#### 3.2 Le corps

Constitue la partie principale du canyon et s'étend depuis la tête jusqu'au pied de la pente continentale. La transition entre la tête et le corps est souvent marquée par une diminution nette de la pente et la disparition des morphologies ramifiées ou dendritiques. Sa longueur peut varier de quelques dizaines à plusieurs centaines de kilomètres. Il est caractérisé par une vallée en forme de V ou de U dont la profondeur par rapport aux bords du canyon augmente

rapidement pour quelquefois atteindre l'ordre du millier de mètres (Shepard and Dill, 1966) (Fig.1).

### 3.2 L'embouchure

Est la partie terminale d'un canyon, se situe en pied de pente continentale. En aval de l'embouchure se développe souvent un système chenal-levées puis des lobes. La limite entre l'embouchure du canyon et le système chenal-levées peut être marquée par un point d'inflexion dans le profil longitudinal. Le plus souvent on observe une baisse graduelle de la pente qui prend alors des valeurs inférieures à  $0,5^\circ$ . Cette diminution de la pente s'accompagne généralement d'une brusque diminution de la profondeur du chenal par rapport aux flancs du canyon c'est le cas par exemple entre le canyon du Zaïre (**Babonneau et al. 2002**) (Fig.1).

Le profil de pente général d'un canyon sous-marin diminue progressivement de l'amont vers l'aval. De ce fait, l'inclinaison de la tête du canyon est forte sur une petite distance puis diminue dans le corps pour atteindre des valeurs inférieures à  $2^\circ$  (figure 3)

(**Gaudin, 2006 ; Arzola et al., 2008**) pour se stabiliser dans l'embouchure à une inclinaison généralement inférieure à  $1^\circ$  (**Arzola et al., 2008**).5.( Figure 1

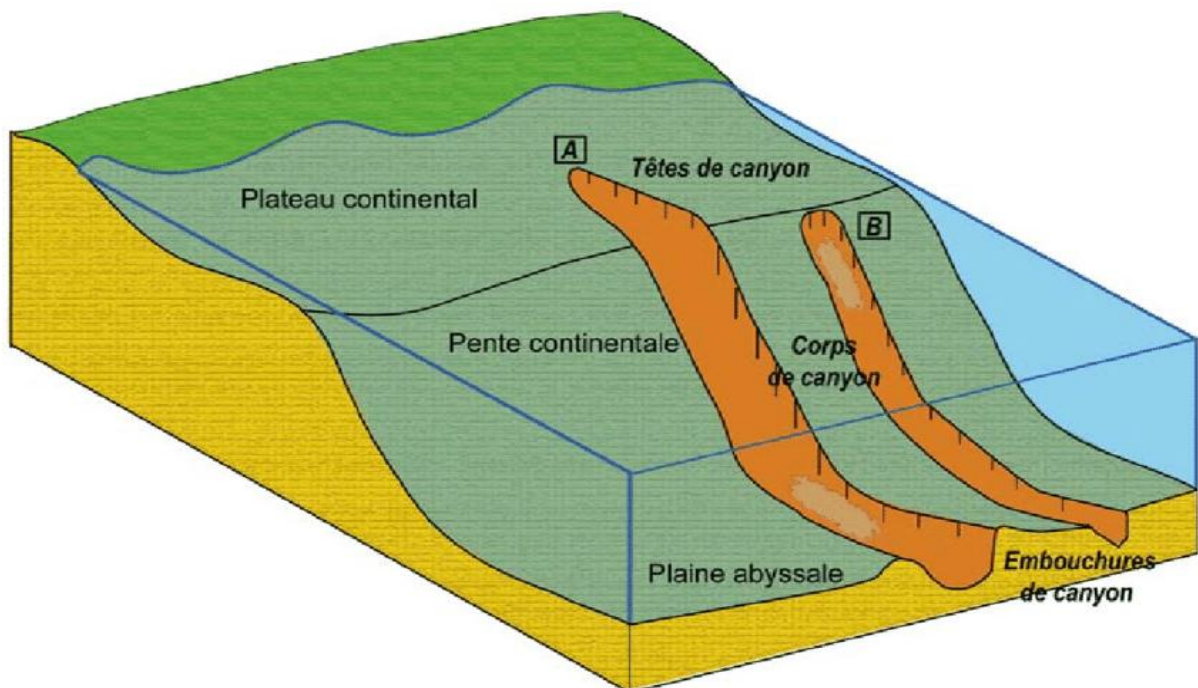
## 4 Classification des canyons-sous-marins

**Harris et Witheway (2011)** ont étudié la répartition globale des grands canyons sous-marins. Ils ont réalisé l'inventaire des 5849 canyons sous-marins qui ont incisé les marges continentales du globe afin d'étudier leur distribution, le contexte géologique et océanographique dans lequel ils évoluent, et leur conservation. Ils ont réalisé une classification en trois grands types de canyons (Fig 2) :

- Les canyons de *type 1* incisent le plateau continental et sont connectés à un système fluvial sur le continent.
- Les canyons de *type 2* incisent le plateau continental mais ne sont connectés à aucun système fluvial sur le continent.
- Les canyons de *type 3* n'incisent pas le plateau continental, mais seulement la pente.

Selon **Harris et Witheway (2011)** la morphologie des canyons varie entre les marges actives et passives (Fig. 3). La morphologie de la marge passive est contrôlée par les processus d'érosion et de dépôt alors que la morphologie de la marge active est contrôlée par des processus tectoniques / magmatiques. Les canyons des marges actives sont globalement plus

nombreux (+15%), plus courts, plus raides, moins espacés, et plus ramifiés que leurs homologues des marges passives (Tableau 1).

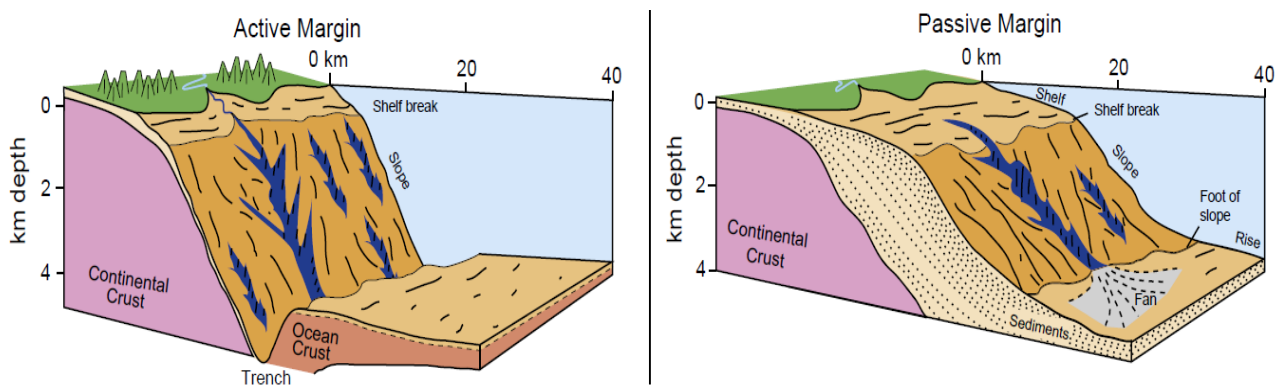


**Figure 2 : Bloc 3D représentant la morphologie d'un canyon sous-marin.**

**A : Canyon incisant le plateau ; B : Canyon confiné à la pente.**

**Tableau 1 : Mise en évidence des caractéristiques morphométriques des canyons des marges actives et des marges passives. (D'après Harris et Whiteway, 2011).**

	Marge active	Marge passive
Fréquence des canyons	2586	2244
Fréquence des canyons type 1	118	34
La pente du canyon (°)	$5.4 \pm 3.5$	$3.8 \pm 2.7$
L'espace entre canyons (km)	$26.5 \pm 21.5$	$39.2 \pm 38.2$
La longueur du canyon (km)	$39.9 \pm 21.5$	$53.7 \pm 40.8$
Dendricité (Ramification) par km <sup>2</sup>	$7.2 \pm 6.6$	$3.3 \pm 4.1$
Profondeur des canyons (m)	$2003 \pm 878$	$1984 \pm 842$
Sinuosité	1.133	1.102



**Figure 3 : Schéma 3D illustrant les principales différences géomorphométriques des canyons sous-marins présents sur les marges passives et actives (Harris et Whiteway, 2011).**

D'après les études de la géomorphologie mondiale des canyons (**Harris et Whiteway, 2011; Harris et al., 2014**). Les canyons méditerranéens sont plus rapprochés, plus dendritiques (plus de membres par unité de surface), plus courts. Ils ont la plus petite superficie moyenne, sont parmi les plus raides et ont une gamme de profondeur plus petite que les canyons qui se produisent dans d'autres régions du monde.

## 5 L'origine des canyons sous-marins

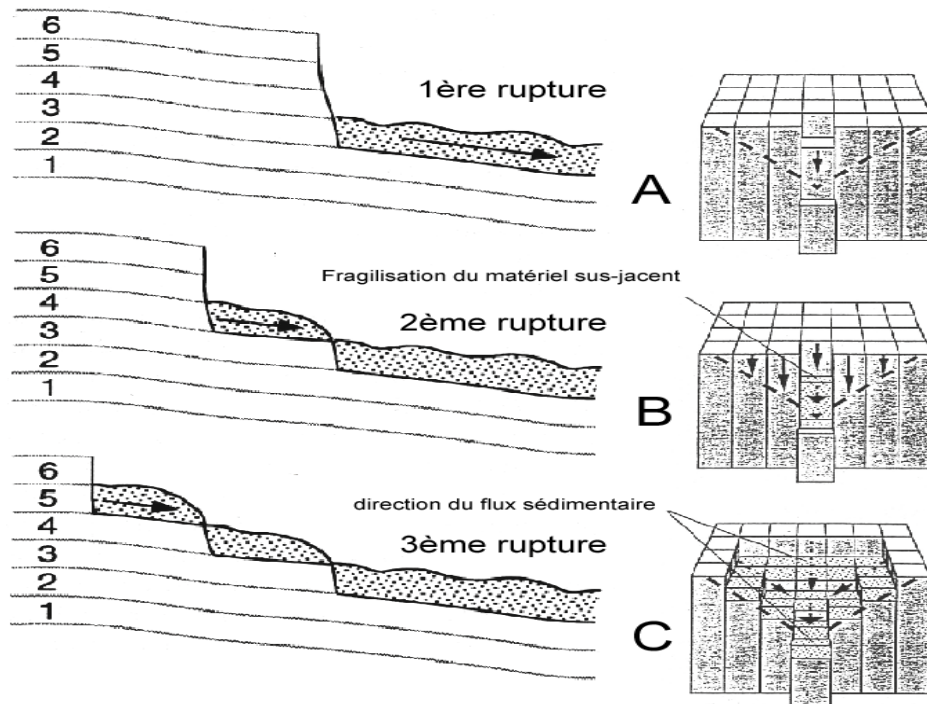
La genèse des canyons sous-marins reste jusqu'à présent enveloppée de mystère. Au sujet de leur formation il existe plusieurs opinions. La majorité d'entre eux considèrent que Les principales hypothèses mises en avant sont :

### 5.1 L'hypothèse des rivières submergées

Les premiers canyons sous-marins découverts incisent le rebord de la pente et la plateforme continentale et leur tête se trouve souvent très près de la ligne de rivage non loin de l'embouchure d'un fleuve. Les premiers auteurs ont tout de suite établi un lien morphologique entre les canyons sous-marins et les réseaux fluviaux. Dès 1903, Spencer propose que ces structures correspondent à des anciens lits de rivières submergés. Cette hypothèse est contredite par **Bourcart (1958)** qui s'appuie sur les travaux des géologues du Quaternaire pour préciser que les régressions marines ne pouvaient dépasser 200 m.

### 5.2 L'hypothèse d'érosion régressive du bas vers le haut

**Farre et al. (1983)** proposent que la formation des canyons sous-marins se fasse à partir de ravines créées au bas de la pente par des déstabilisations. Ces déstabilisations fragilisent matériel sus-jacent qui est à terme lui aussi déstabilisé. Ainsi les ravines remontent la pente par érosion régressive. Cette hypothèse définit des degrés de maturité pour la formation des canyons sous-marins depuis un canyon juvénile lorsqu'il est confiné sur la pente continentale jusqu'à un canyon mature lorsqu'il a incisé la plate-forme et s'est connecté à un système fluvial. (Figure 4).



**Figure 4 : Principe de l'érosion régressive. (A) une première rupture se produit, elle engendre une fragilisation du matériel sus-jacent. (B) Ceci entraîne une déstabilisation en chaîne des sédiments en amont (rétrogression) dont les produits transitent.**

### 5.3 L'hypothèse d'érosion transgressive du haut vers le bas

Déjà en 1936, Daly supposait que les canyons provenaient d'érosion le long de la pente provenant de courants de turbidité initiés sur le plateau continental. **Heezen et Ewing en 1952**, renforcent l'idée des courants de turbidité dans la formation des canyons en donnant pour la première fois des vitesses de courant (100km/h) prouvant ainsi leur fort pouvoir érosif. **Pratson et al. (1994)** vont par la suite montrer le lien entre les canyons et les sédiments du plateau continental en introduisant le concept de formation des canyons du « haut vers le bas ».

### 5.4 L'hypothèse de la crise de salinité messénienne

Une hypothèse relative à la mer Méditerranée, elle propose que les canyons sous-marins se sont formés à la fin du Miocène durant la "Crise de salinité messénienne" (par exemple **Loti et al., 2005; CIESM, 2007**) où le détroit de Gibraltar s'est trouvé fermé sous l'effet de la

poussée vers le nord de la plaque africaine, une évaporation accrue a provoqué l'abaissement de niveau de la mer (plus de 1500) conduisant au développement d'une surface d'érosion subaérienne avec des canyons profondément incisés devant les principaux systèmes fluviaux (**Ryan et Cita, 1978; Clauzon, 1982**).

- Autres facteurs pouvant contrôler la formation des canyons sous-marins :

➤ **Les sorties des fluides**

Les sorties de fluides ou de gaz sur la pente peuvent aussi générer des instabilités et donc créer des écoulements puis des incisions comme l'ont montré par exemple **Orange et Breen (1992)** sur la marge de Cascadia.

➤ **la tectonique**

Les mouvements le long des failles étant génèrent des déstabilisations. Lorsque ces zones de faiblesse sont à proximité d'apports sédimentaires, elles constituent le chemin le plus facile pour les écoulements gravitaires et le développement de canyons sous-marins. C'est ainsi que les canyons de Sakarya (**Algan et al., 2002**) se seraient formés. Aussi Le soulèvement tectonique d'une marge va contribuer au creusement des fleuves au niveau de leur embouchure. Ce phénomène sera amplifié en période de chute niveau marin absolu. La combinaison de ces deux mécanismes aurait conduit à la formation du canyon de Dhorn dans la baie de Naples (**Milia, 2000**).

## **6 Les intérêts d'étudier les canyons sous-marins**

Les canyons sous-marins influencent les processus océanographiques, le transport des sédiments, la productivité et la biodiversité benthique du plateau continental au talus et au-delà.

- La topographie des canyons sous-marins peut influencer les remontées et descentes locales des masses d'eau et générer des marées et des vagues internes qui peuvent remettre en suspension les sédiments et les transporter vers le bas du canyon et à travers la rupture du plateau en améliorant les échanges de nutriments( par exemple chlorophylle-a, carbone et azote organiques, lignine) ce qui offrent des habitats à diverses espèces benthiques ( **Shepard et al., 1974a , Shepard et al., 1974b , Gardner, 1989b , Kunze et al., 2002**). , de **Stigter et al., 2007 , Puig et al., 2013** ). De plus, les canyons peuvent

fournir un refuge naturel contre les activités de pêche ( **Yoklavich et al., 2000** ) et abriter des espèces reliques ( **Gili et al., 2000** , **Palanques et al., 2005** ).

- Les canyons sous-marins sont autant de facteurs favorables au déclenchement de glissements sous-marins, donc lors de l'installation des infrastructures maritimes, la connaissance de la topographie y compris l'existence des canyons sous-marins sont primordiales pour éviter les risques de glissement sous-marins qui peuvent engendrer l'effondrement des ports (Tsunamis) et la rupture des câbles de communication sous-marins.
- Les canyons sous-marins sont des structures érosifs, leur présence rend certaines zones vulnérables à l'érosion, ils présentent des puits à sédiments.

Chaque étude liée aux canyons sous-marins présente des intérêts pour la gestion des zones côtières, la protection environnementale et le développement socio-économique et touristique des territoires littoraux à long terme.

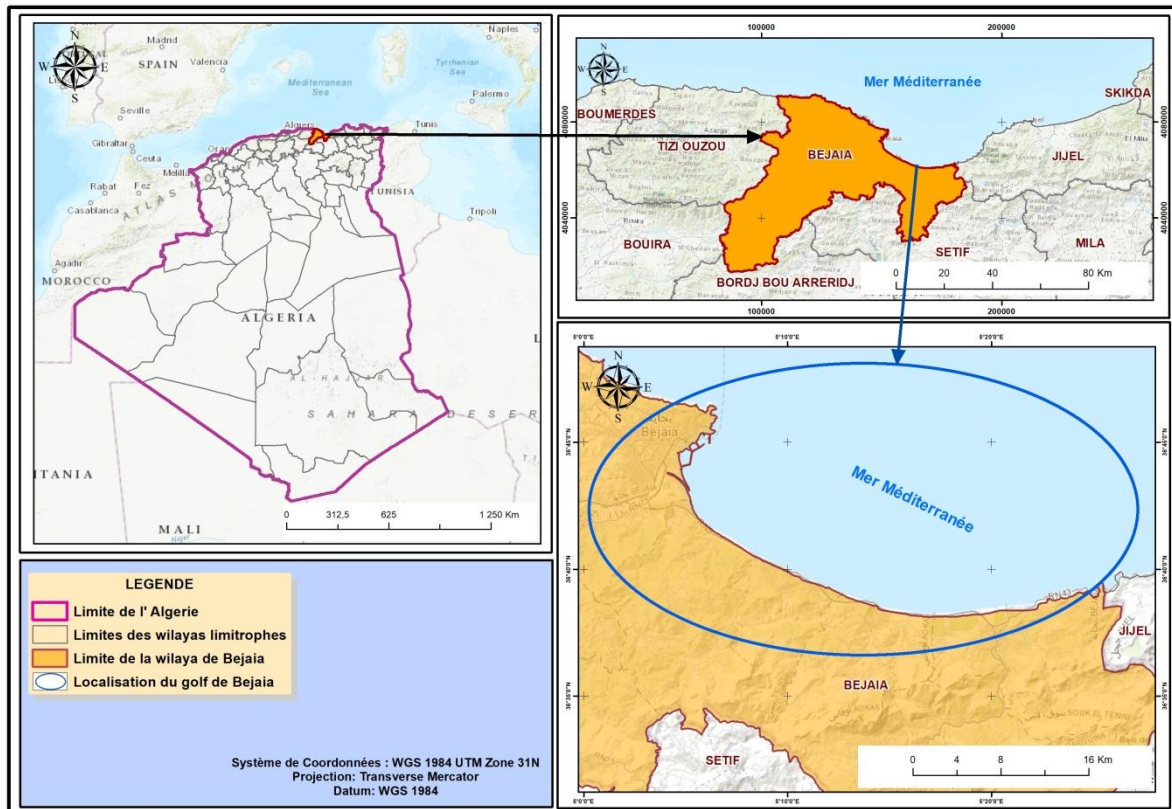
---

# **Chapitre2 :**

## **Description de la zone d'étude**

## 1. Aperçu géographique

La wilaya de Bejaïa est située au nord-est de l'Algérie, elle est limitée administrativement par cinq wilayas : Tizi-Ouzou et Bouira à l'Ouest, Jijel à l'Est, Sétif et Bordj Bou Arreridj au Sud et bordée au Nord par la Mer Méditerranée, elle s'étend sur un linéaire côtier de 110Km. La wilaya occupe une surface de 3328.5 km<sup>2</sup> (Korichi,2011). (figure 5).



**Figure5 : Une carte montrant la localisation géographique du golf de Béjaia et ses environs.**

## 2. Aperçu géologique

Les terrains sédimentaires qui affleurent sont constitués des sédiments évaporitiques du Trias, des séries à dominance calcaire et marno-calcaire du Lias.(figure 6).

Le Trias est la formation la plus ancienne dans la région. Les dépôts évaporitiques de cette formation (marnes gypsifères, dolomies), ainsi que des blocs de calcaires et de grès du jurassique, apparaissent sous forme de pointements extrusifs au cœur des terrains récents ou de lambeaux à la base des chevauchements, comme semelles de nappes. (figure 6).

Le Crétacé est représenté par des formations marneuses, des calcaires, des flyschs, des formations argileuses et des bancs de grès. (figure 6).

Le Tertiaire est représenté par: (a) des flyschs paléocènes (b) un Oligocène charrié, représenté principalement par la nappe numidienne constituée de grès avec de rares intercalations d'argilites ; et(c) un Miocène post-nappe (Burdigalien inférieur), composé principalement de grès, de marnes, de calcaire sableux et de brèches sédimentaires de couleur gris bleuâtre très caractéristique. (figure 6).

La basse vallée de la Soummam est entaillée par une terrasse alluviale d'âge Quaternaire

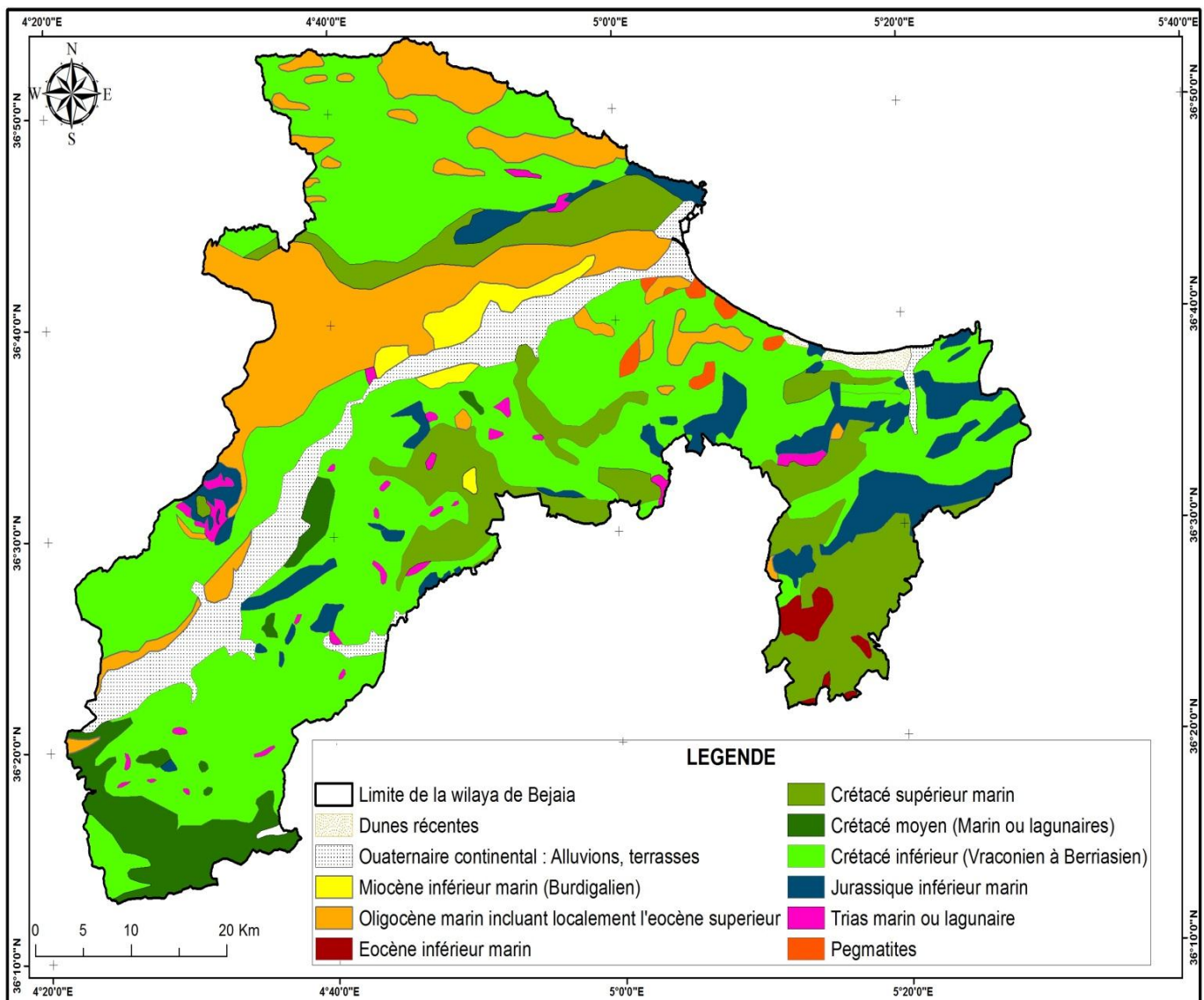


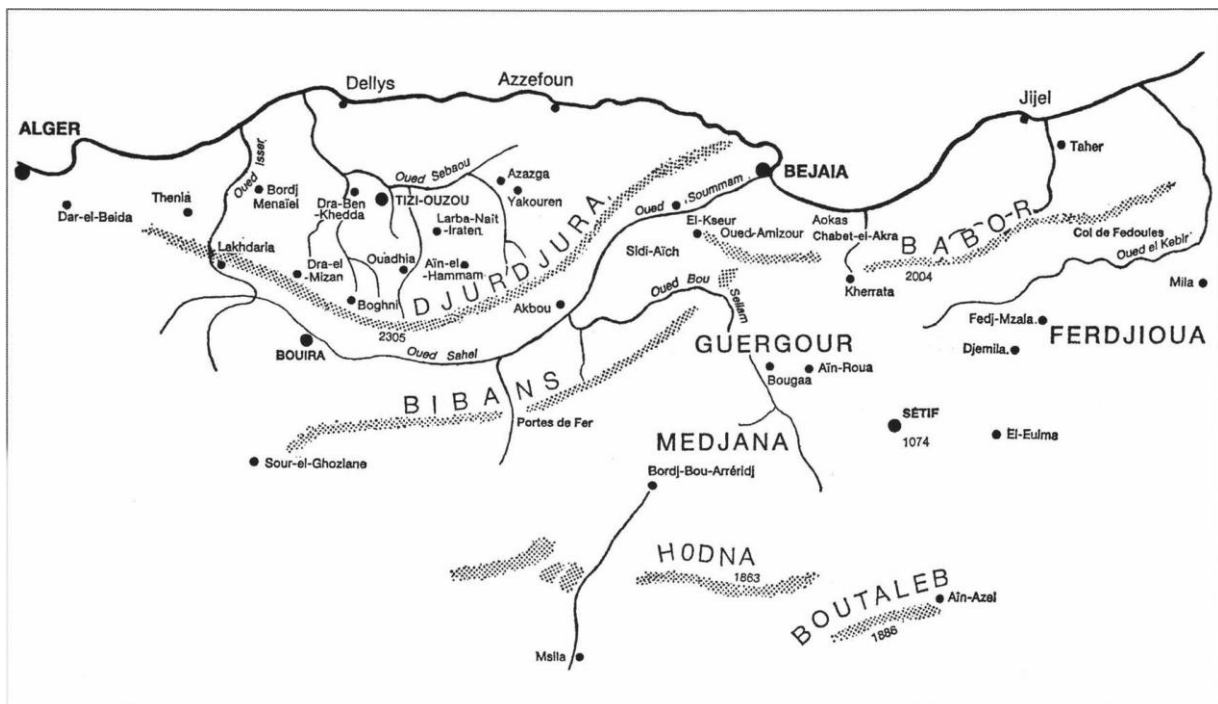
Figure 6: Carte géologique de la wilaya de Bejaia.

### 3. Aperçu géomorphologique

#### 3.1 Géomorphologie terrestre

Le territoire de la Wilaya de Bejaia se présente comme une masse montagneuse compacte et bosselée, traversée par le couloir formé par la vallée de la Soummam. On peut distinguer trois ensembles de reliefs :

L'ensemble des montagnes: elles occupent 75% soit 3/4 de la superficie totale de la Wilaya. Il est constitué des chaînes des Bibans, des Babors et du Djurdjura. (figure 7)



**Figure 7: Géomorphologie terrestre de la zone de Bejaïa et ses environs.**

L'ensemble des piémonts: Il a une morphologie ondulée constituée d'une succession de collines. Il apparaît moins accidenté que la zone de montagne. Il représente la zone intermédiaire entre la plaine et la montagne.

L'ensemble des plaines: Il est composé des plaines de la vallée de la Soummam qui apparaît comme une bande sinueuse de 80 Km de long sur une largeur maximale de 04 Km. La plaine côtière, séparant la mer et la chaîne des babors, se présente comme une bande étroite qui s'étend de l'embouchure de l'Oued Soummam à celui de l'Oued Agrioun, soit une trentaine de Kilomètres (figure7).

### • 3.2 Géomorphologie côtière



• **Figure 8: Esquisse morphologique générale de la côte Ouest de Bejaia (CNL Bejaia2019).**

**3.2.1 Zone littorale Est :** correspondante au Golf de Bejaia qui s'étend de la rive droite de l'Oued Soummam à l'Ouest jusqu'au Kef Ziama à l'Est (commune de Melbou), elle est composée essentiellement de :

- **Des falaises :** Les côtes à falaises se localisent en bordure des caps, Cap Carbon, de Tichi, d'Aokas et à l'Est en bordure de Cap Melbou. Ces falaises sont caractérisées par des dénivelées plus ou moins importants pouvant atteindre des dizaines de mètres et par des talus escarpés et sinueux.
- **Des plages :** les plages essentiellement dans la partie centrale du golfe occupent 25 km du linéaire côtier avec une granulométrie de sables fins à moyens (Boukhelifa ; Tichi; Aokas ; Souk El Thenine ; Melbou), (CNL Béjaia).

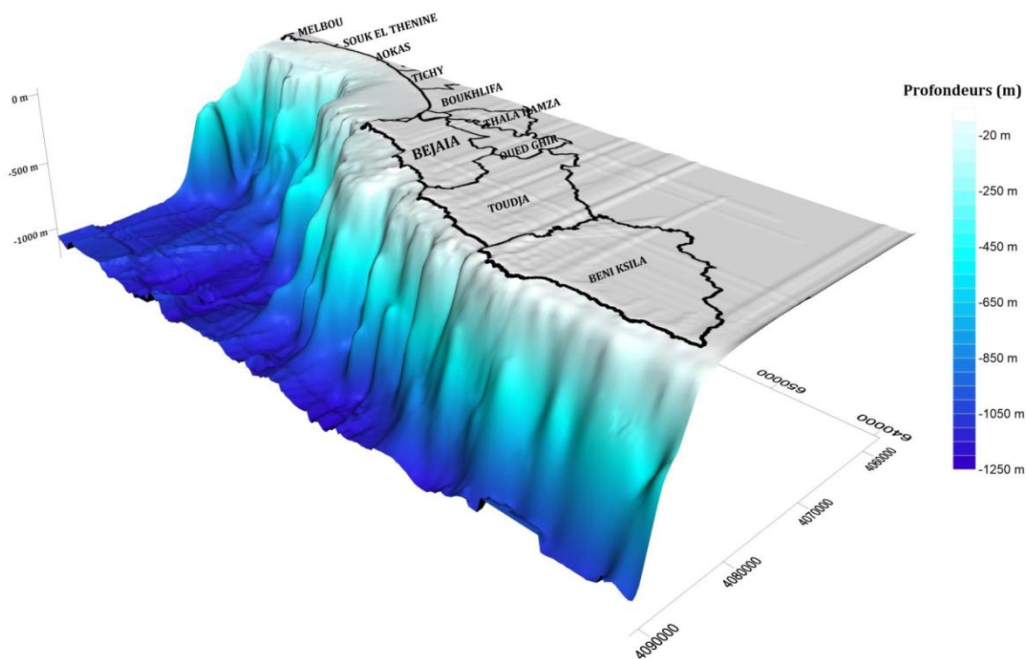
**3.2.2 Zone littorale Ouest :** .La ligne de rivage de la zone ouest de la wilaya de Béjaia peut être divisée en trois principaux secteurs morphologiques :

- Le premier secteur allant de Cap Carbon à la pointe de l'île aux Pisans : s'étend sur une longueur de 9km, elle est orientée selon une direction NW-SE. Celle-ci est formée de falaises très escarpées (> 40m de dénivelée). De l'extrémité ouest d'Adrar Oufarnou jusqu'à la pointe Mezaia, les falaises disparaissent et laissent place à une côte rocheuse, les sédiments issus de ces roches mères sont composés d'un large éventail de tailles et sont généralement composés de graviers, de galets, et des blocs rocheux. (figure 8).
- Le second secteur morphologique s'étale de la pointe de l'île aux Pisans jusqu'à la limite Est de cap Sigli : entre la pointe de l'île au Pisans et l'extrémité est de Cap Sigli la côte est

alignée, NNE-SSW, elle est dominée par la présence d'une série de longues et larges plages de sable, telles que Boulimate, Sekat, Tighramet, Tais et Oued Dass. (figure 8).

- Le troisième secteur se prolonge de la limite Est de Cap Sigli jusqu'à la frontière ouest de la wilaya de Béjaia : A l'est de ce secteur, Il est représenté par la côte rocheuse à falaises plus ou moins abrupt de Cap Sigli et à l'ouest par la côte rocheuse de Beni Ksila. D'est en ouest, on dénombre les plages suivantes : (BeniKsila, Ait Mendil, les plages du village de Beni Ksila et la plage d'Azaghar). (Figure 8).

### 3.3 Géomorphologie sous-marine



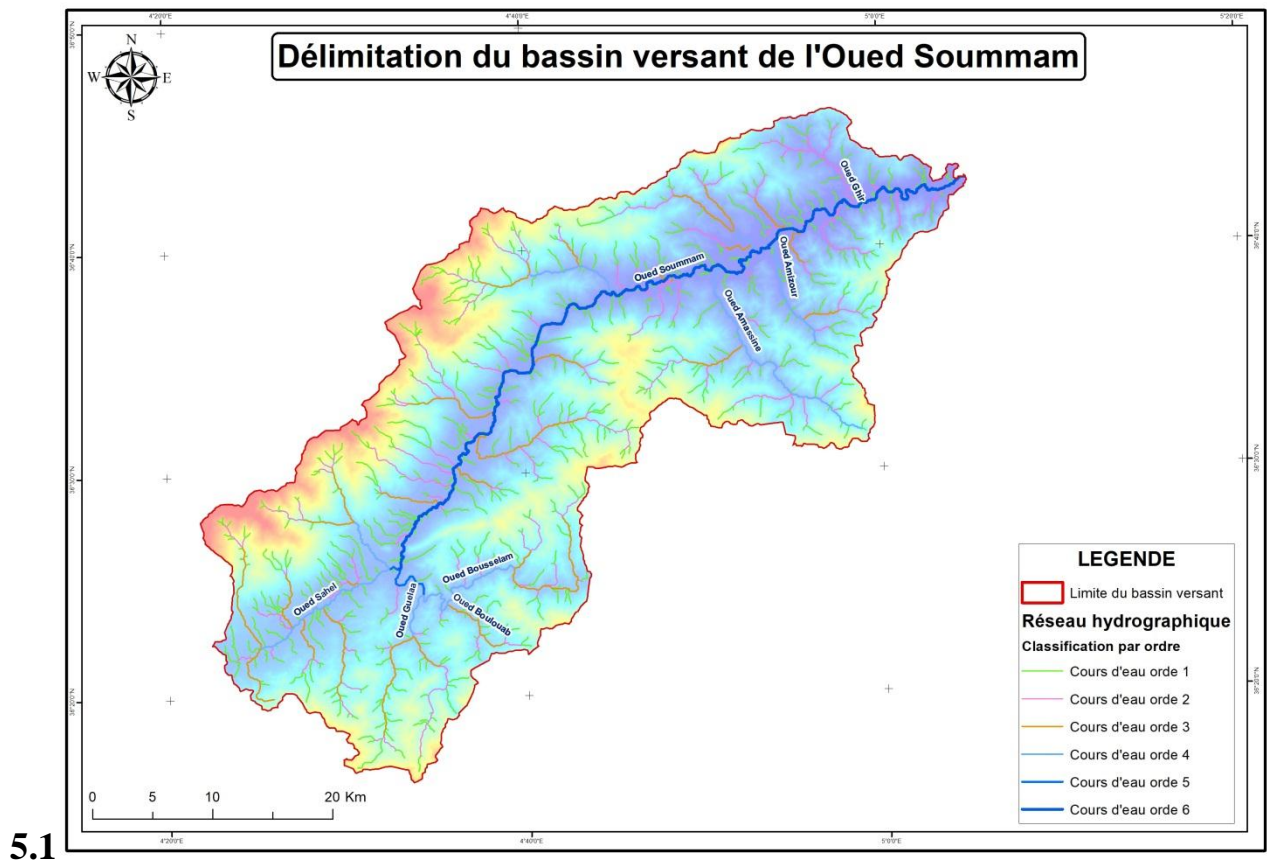
**Figure 9 : Etude (3D) de la morphologie sous-marine du littoral de Bejaia. la carte bathymétriques Leclair (1972) couplées avec celles de la carte marine du littoral de Bejaia ont été digitalisées pour l'élaboration des cartes bathymétriques 2D et 3D (CNL Bejaia 2019).**

L'observation de la morphologie sous-marine proche des petits-fonds du littoral de Bejaia montre d'une manière générale :

- Le plateau continental est plus étroit au niveau des communes côtières de Beni Ksila et Touja et tend à augmenter sensiblement au niveau des littoraux des communes de Bejaia (partie centrale et SE) et Boukhelifa (environ 10 km de largeur).
- Au niveau des promontoires (eg, Cap Sigli, Cap Carbon, Cap Bouak), l'écart entre les isobathes se rétrécit et les pentes y deviennent plus abruptes. Par conséquent, les fonds côtiers dissipent peu l'énergie des vagues et ces dernières deviennent plus érosives.
- Les fonds côtiers de la commune côtière de Boukhelifa se caractérisent par la présence d'un canyon sous-marin dont la pointe atteint des isobathes d'environ 40 m. Cette forme côtière sous-marine peut influencer l'hydrodynamisme marin (vagues et courants) ;
- Les pentes les plus importantes sont observées au niveau des caps. Des pentes assez douces sont également observées au niveau des plages de Sid Ali Levhar, Javia, Oued Afalou, les Hammadites et la partie NE de Tichy. Toutefois, les pentes sous-marines tendent à augmenter légèrement et abruptement, respectivement au niveau des parties orientale (Aokas, Souk Letnine, Melbou) et NW (NW de Bejaia, Touja, Beni Ksila). (figure 9).

#### **4. Aperçu hydrologique**

##### **4.1 Bassin versant de la Soummam**



**Figure 10 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam.**

Le bassin versant de la Soummam est situé dans la partie centre Est au Nord de l'Algérie et occupe 13960 km<sup>2</sup> de superficie. Le bassin est de forme allongée suivant la direction de parallèle (35° 45' et 36° 45'). La plus grande longueur du bassin de la Soummam est d'environ 176 Km tandis que sa largeur mesurée sur la ligne qui lie les crêtes des montagnes de Hadjar el Abiodet d'El ktef, est d'environ 96 km.(figure 10).

## 5.2 Le réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam



**Oued Soummam :** Oued Soummam est né de la confluence de deux oueds importants : Oued Boussellam qui prend sa naissance aux hauts plateaux de Setif et de Oued Sahel formé par la jonction de l'oued Ziane et l'oued Eddous provenant de Bouira, il atteint la mer méditerranéenne à Bejaia.(figure 11).

### **5.Aperçu sur les structures tectoniques**

la marge algérienne est une marge passive en cours de réactivation, déformation récente semblant s'intensifier progressivement vers le pied de la marge algérienne, la création de nouveaux plis en pied de pente de la marge etc.... ont été démontré dans des plusieurs études (Domzig 2006).

Sur la marge du golf de Béjaia une faille inverse, dont la structure tectono-sédimentaire est un pli asymétrique profond ; elle se trouve à une distance de 20km de la cote, d'âge de fin de quaternaire, sa largeur est de 10km.

Deux linéaments tracent cette marge, correspondants à des accidents de l'écores terrestres dont l'influence se fait sentir sur des millions d'années au cours de phases tectoniques successives . (figure 12).

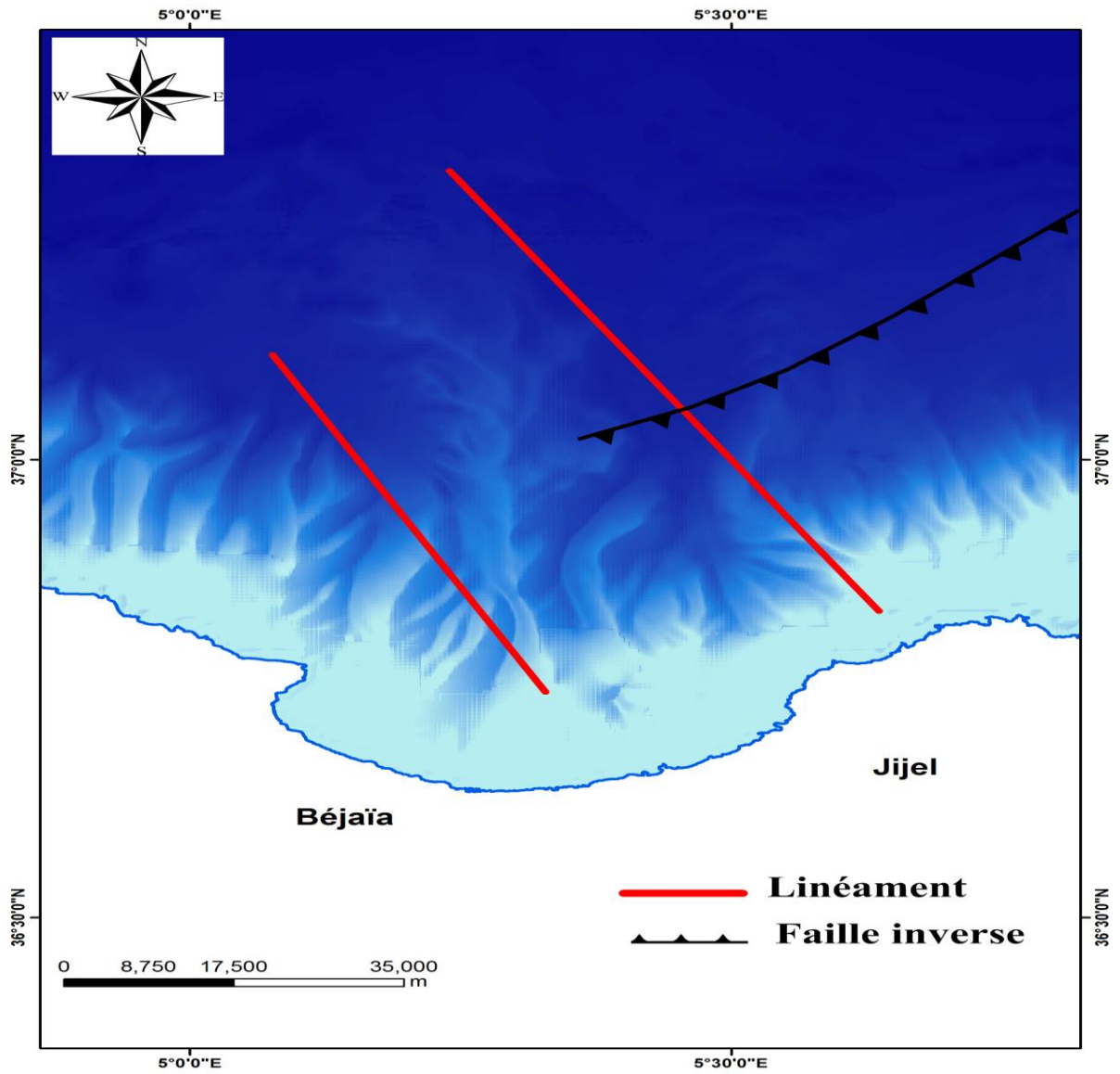


Figure 12 : carte de la localisation des structures tectoniques sur la marge du Gulf de Bejaia.

---

# **Chapitre 3 :**

# **Matériels et méthodes**

## 1 Données

Notre travail s'appuie essentiellement sur les données bathymétriques de la campagne de MARADJA2 2005 à l'aide d'un sondeur multifaisceaux et un capteur Simrad EM 300 qui est généralement utilisé pour les profondeurs moyens.

### 1.1 La campagne de MARADJA2

Après le violent séisme de Boumerdès, la campagne intitulée MARADJA 2 (marge Active "el DJAZaïr") avait été reprogrammée pour le mois d'Août 2003 dont l'objectif est de réduire le risque sismique et gravitaire en Algérie et faire une étude approfondie sur la marge algérienne. Cette première fut suivie en 2005 par la campagne Maradja2 ou la couverture bathymétrique de la partie Est de la marge algérienne (Jijel-Bejaïa-Collo) a été élaboré.

### 1.2 Le sondeur multifaisceaux

Il s'agit d'un système acoustique sous-marin permet d'obtenir la bathymétrie des océans. C'est une information de base pour étudier la morphologie du fond des océans, et donc toutes les structures géologiques qui peuvent s'y trouver : dorsales océaniques, volcans, failles, canyons, glissement de terrain, etc. Il est installé généralement sous la coque du navire, le sondeur multifaisceaux envoie des impulsions sonores sous le bateau et écoute les échos renvoyés par les obstacles rencontrés. La distance est ensuite obtenue par la mesure du temps écoulé entre l'émission et la réception de l'écho. Cela permet de déterminer ainsi la profondeur et la typologie des reliefs. Ce sondeur mesure simultanément la profondeur selon plusieurs directions, ce qui permet d'explorer le fond sur une large bande. Figure (13)

Les systèmes d'acquisition de bathymétrie multifaisceaux furent de 2 types : Kongsberg Simrad EM300 ou EM1000. Ces sondeurs utilisent la technique des faisceaux croisés (figure13) . Et leur portée peut aller jusqu'à 5 fois la profondeur d'eau. Pour notre travail on s'intéresse l'EM300, le sondeur principalement utilisé pendant MARADJA 2003, il est optimale (5000 m) pour des profondeurs de l'ordre de 1000 à 3000 m. Sa précision verticale peut atteindre 2 mètres pour le faisceau central et sa résolution est au maximum ~25 mètres.

Ainsi, nous voyons qu'avec les données bathymétriques provenant de l'EM300 nous ne pourrions guère produire de Modèle Numérique de Terrain (MNT) avec une maille inférieure à 25 m sous peine de risque de sur échantillonnage, et par conséquent, pixellisation de l'image. Mais, grâce à une très bonne précision verticale, il est en théorie possible avec l'EM300 de distinguer des reliefs de quelques mètres de haut.(Domzig 2006).

cet outil mesure également l'intensité de l'échos réfléchi, ce que l'on nomme la **réflectivité**. Cette grandeur est directement liée à la nature du fond :

- plus le fond est constitué de sédiments meubles (boue, vase), plus la réflectivité est faible.
- À l'inverse, plus le fond est dur (cailloutis, roche), plus la réflectivité sera grande.

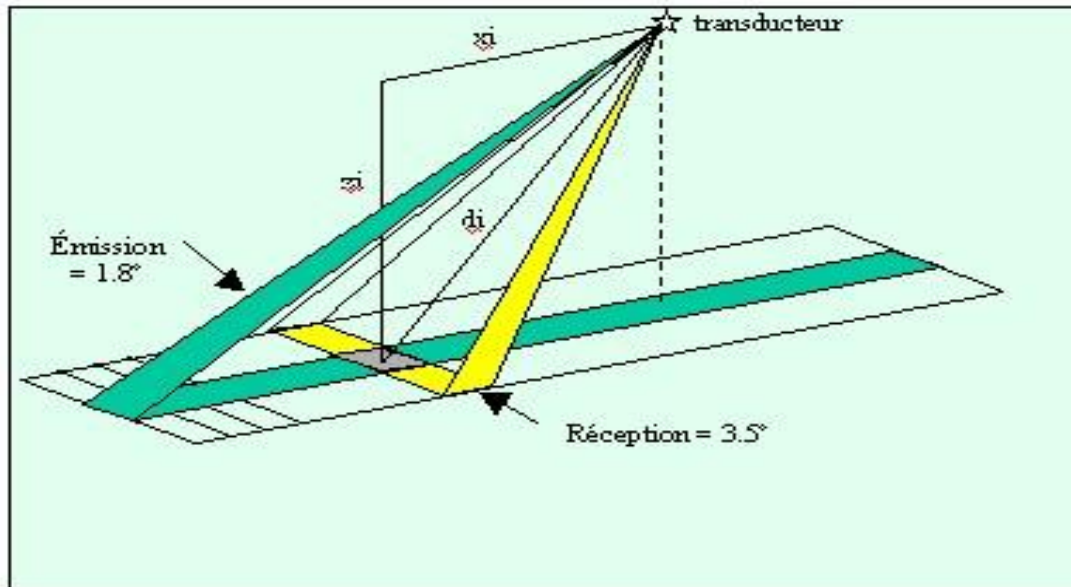


Figure13: La technique des faisceaux croisés.

Les MNT obtenus ont été importés dans le logiciel ArcGis pour avoir des profils topographiques longitudinaux et transversaux et pouvoir mesurer certains paramètres morphométriques.

Les étapes suivies pour la réalisation de la carte bathymétrique sont :

- Téléchargement des données piézométriques du golf de Bejaia
- Traitement des données téléchargées
- Interpolation des données pour avoir une surface avec le logiciel Arc Gis en utilisant l'outil Interpolation
- Réalisation des courbes bathymétriques
- Superposition des courbes sur la surface interpolée
- Mise en forme et la mise en page de la carte
- Exportation de la carte sous format JPEG

Réalisation des profils longitudinaux se fait avec l'outil 3 D analyses et l'exportation sous format JPEG.

# **CHAPITRE 4 :**

## **Résultats et discussions**

- 1. Résultats**
- 2. 1.1 La carte bathymétrique de la zone d'étude**

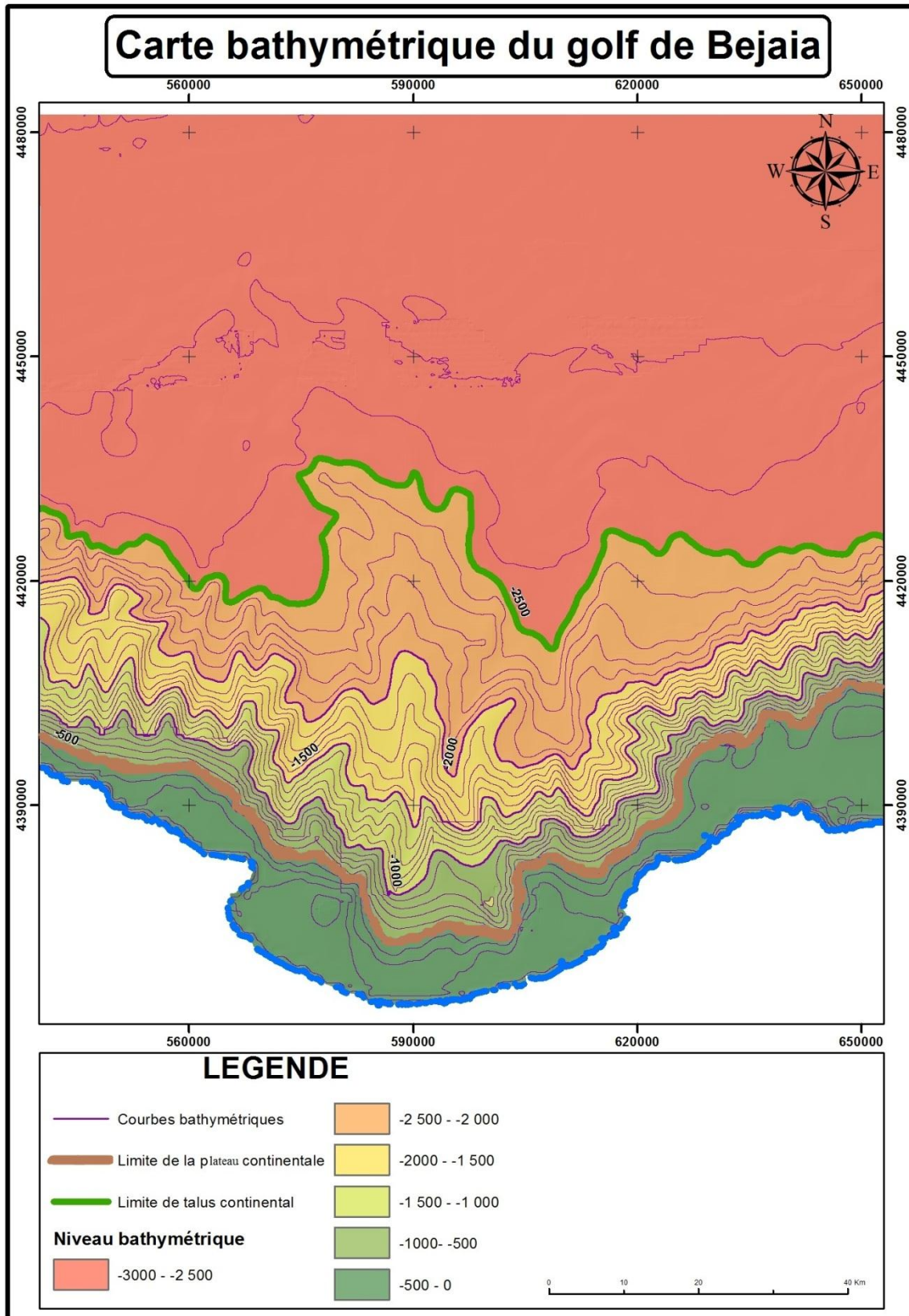


Figure14: La carte cartographique du golf de Bejaia

D'après la carte cartographique la zone d'étude se singularise par une morphologie particulière avec un plateau peu étendu et une forte pente (les isobathes sont serrées), ou il se trouve plus de dix canyons qui incisent le plateau et la pente continentale. Leur orientation générale est vers le SN de forme rectiligne.

Les canyons qui se trouvent aux extrémités Ouest de la marge sont confinés à la pente continentale, par contre, les canyons qui se situent au centre incisent le plateau et atteignent parfois une profondeur plus de -200 m.

Les canyons de la zone centrale sont ramifiés et plus longs, tandis que les canyons qui se situent à l'Est et à l'Ouest sont courts et non ramifiés. (figure 14).

## **1.2 La carte des pentes de la zone d'étude**

Toute la marge continentale de notre zone d'étude présente une pente moyenne entre 6° et 12°, entaillée par des fortes pentes de 12° à 20°, de forme linéaire parfois un peu sanieuse, c'est les fonds des canyons sous-marins. Le plateau continentale qui s'apparait avec une douce pente (de 0° à 6°) est plus large au centre et à la zone Est, à la zone Ouest la pente continentale est très étroite (Figure 15).

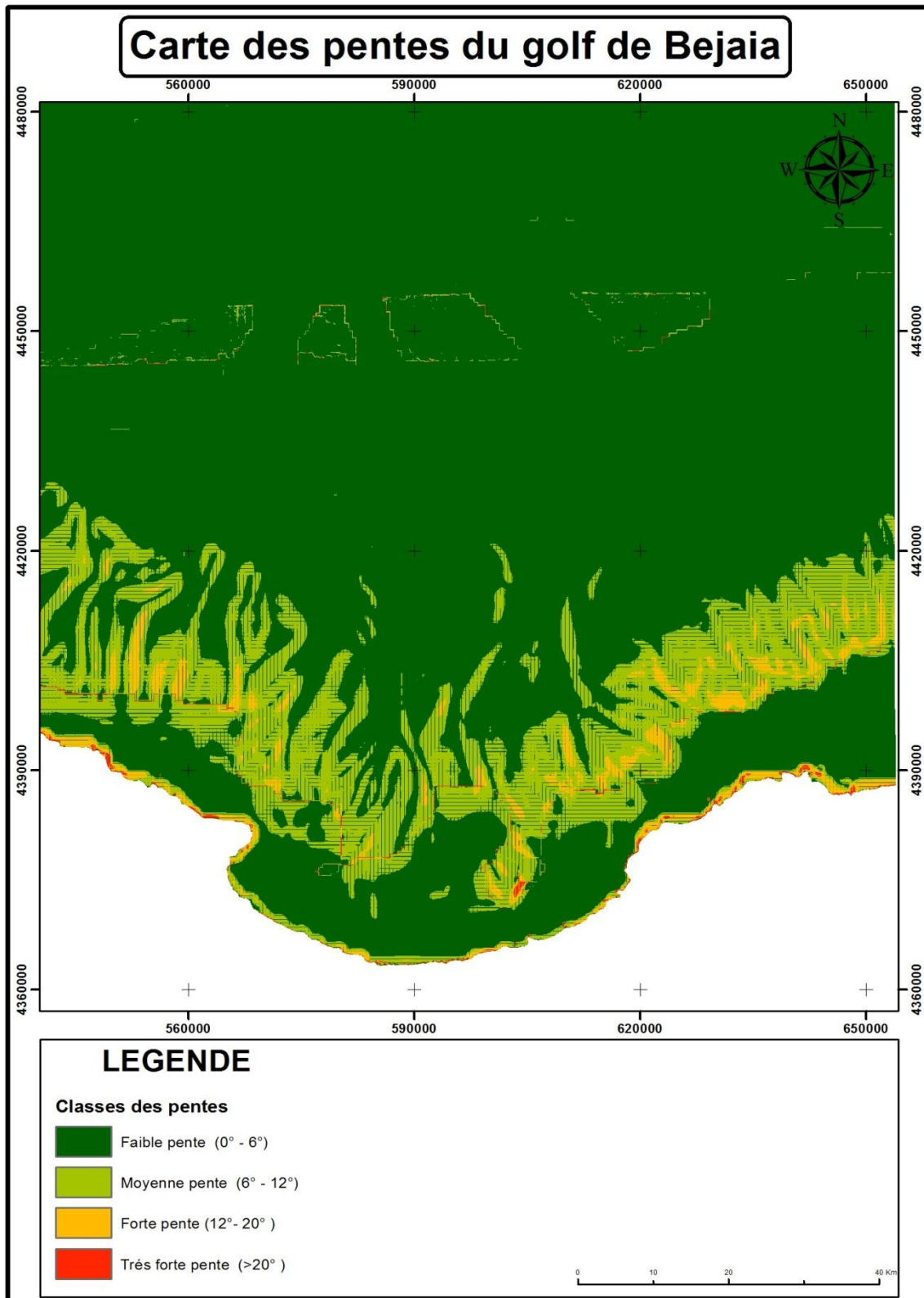


Figure15: La carte des pentes du golf de Bejaia.

### 1.3 Les profils longitudinaux et transversaux

Pour chaque zone un seul canyon sera décrit : un canyon de la zone Ouest (n'incise le plateau continental et n'est pas connectés à aucun système fluvial), un canyon de la zone centrale (incise le plateau continental et est connectés à un système fluvial) , et un canyon de la zone Est (n'incisent pas le plateau continental, mais seulement la pente). Pour chaque canyon étudié, nous avons élaboré un profil longitudinal et trois profils transversaux : à la tête, au corps et à l'embouchure.

Les profils longitudinaux présentés mettent en évidence les trois parties principales des canyons sous-marins : les parties les plus profondes et les parties faiblement entaillées.

Les profils transversaux ont permis de connaître les caractéristiques géométriques des canyons (largeur, la profondeur d'incision, la morphologie des canyons...) et leur développement de haut jusqu'au bas.

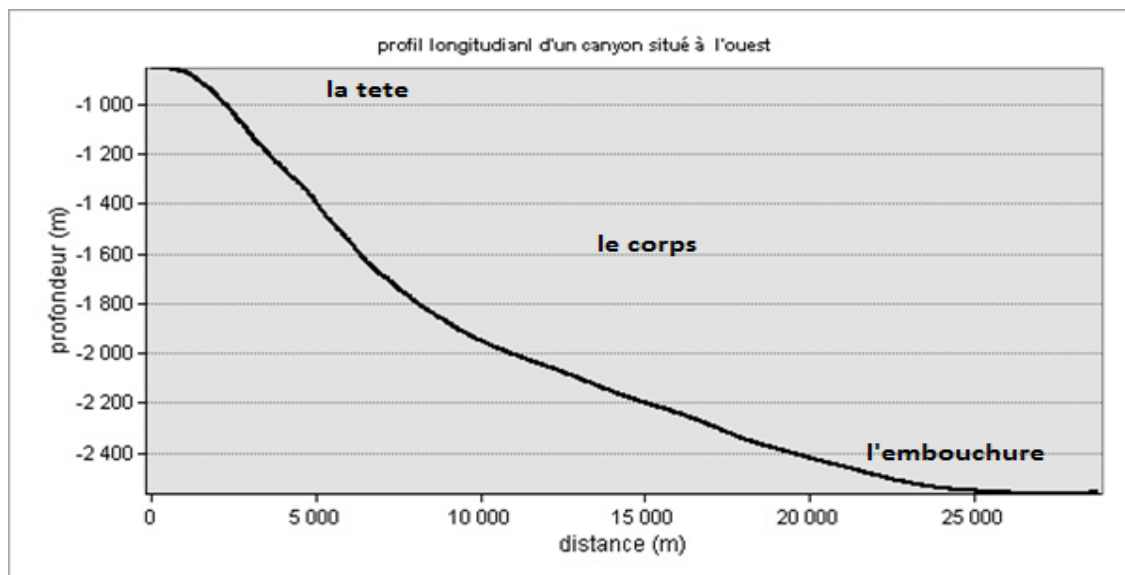
#### 1.3.1 Les canyons de la zone d'Ouest

- **Le profil longitudinal**

Le profil de ce canyon présente une forte pente depuis l'isobathe de la tête (-800m) jusqu'à la partie inférieure du corps, à la profondeur de -2200 la pente devient de plus en plus raide jusqu'à l'embouchure qui se situe à une profondeur de -2400m.

La distance parcourue par le canyon est de 25000m.

Cette zone est bien entaillée au niveau de la tête et au niveau du corps, elle est moins creusée dans la partie inférieure où la courbure commence à s'incliner doucement. (Figure 16).



**Figure16: profil longitudinal d'un canyon de la zone Ouest.**

- **Profils transversaux**

Le canyon de cette zone présente un profil de section transversale en forme de V qui s'élargit légèrement au niveau du corps, cela explique le début du creusement qui est encore en train d'attaquer le fond, ce canyon est juvénile. La largeur varie entre 4000 et 3500m.

Dans la partie intermédiaire ou le corps, le creusement est de 110 m et la largeur atteint 4000m. (figure18) À l'embouchure la profondeur d'incision est de 70m avec une largeur de 3500m (figure 17).

À la tête la profondeur d'incision est de 200m et la largeur est de 3500m. (Figure19).

Ces variations de morphologie interne des canyons précisent leur évolution au cours du temps.

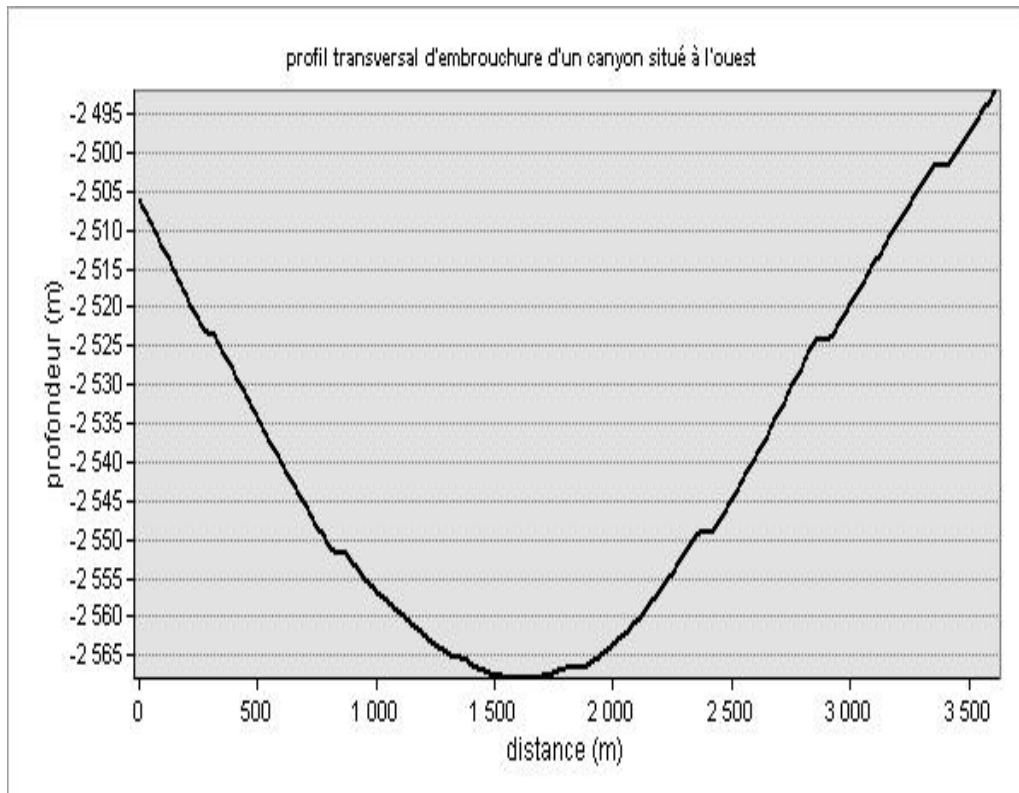


Figure17: profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé à l'Ouest.

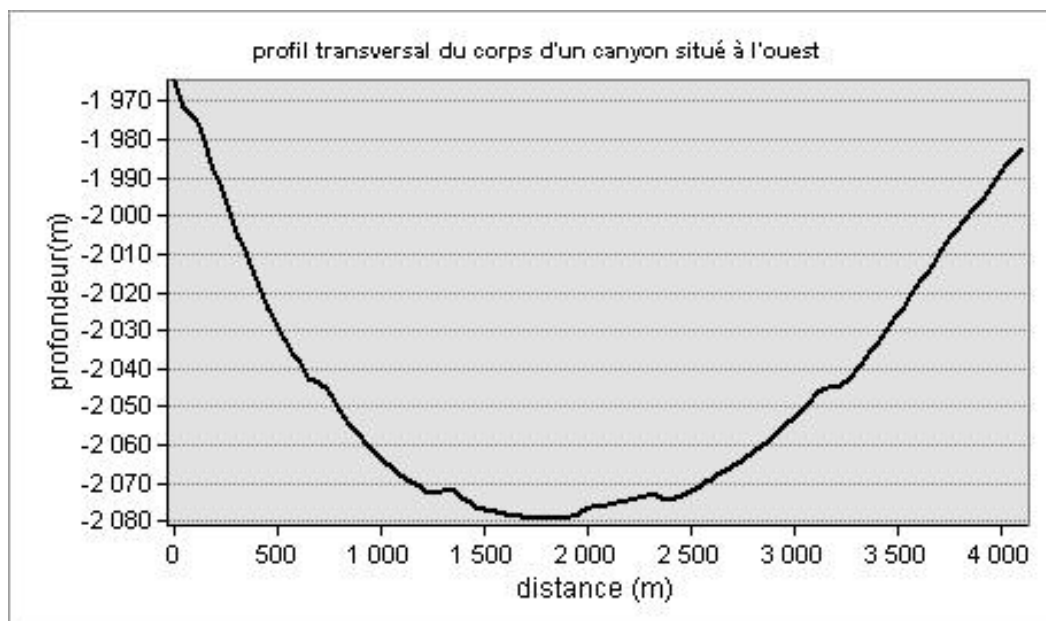
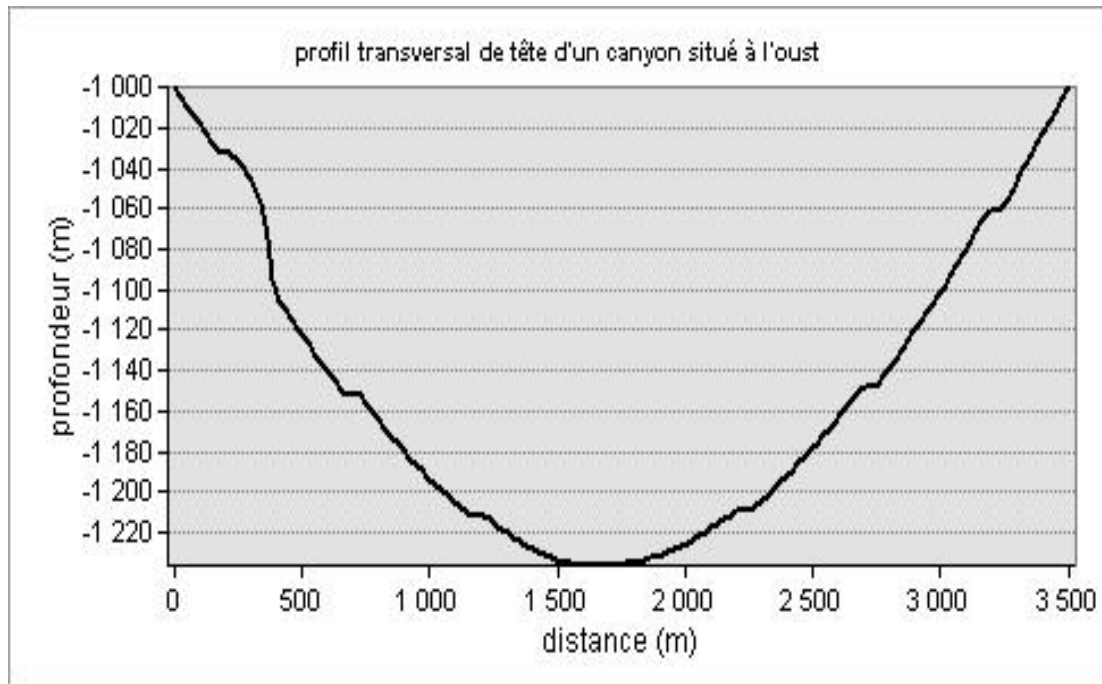


Figure18: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé à l'Ouest.



**Figure 19: profil transversal au niveau de la tête d'un canyon situé à l'Ouest**

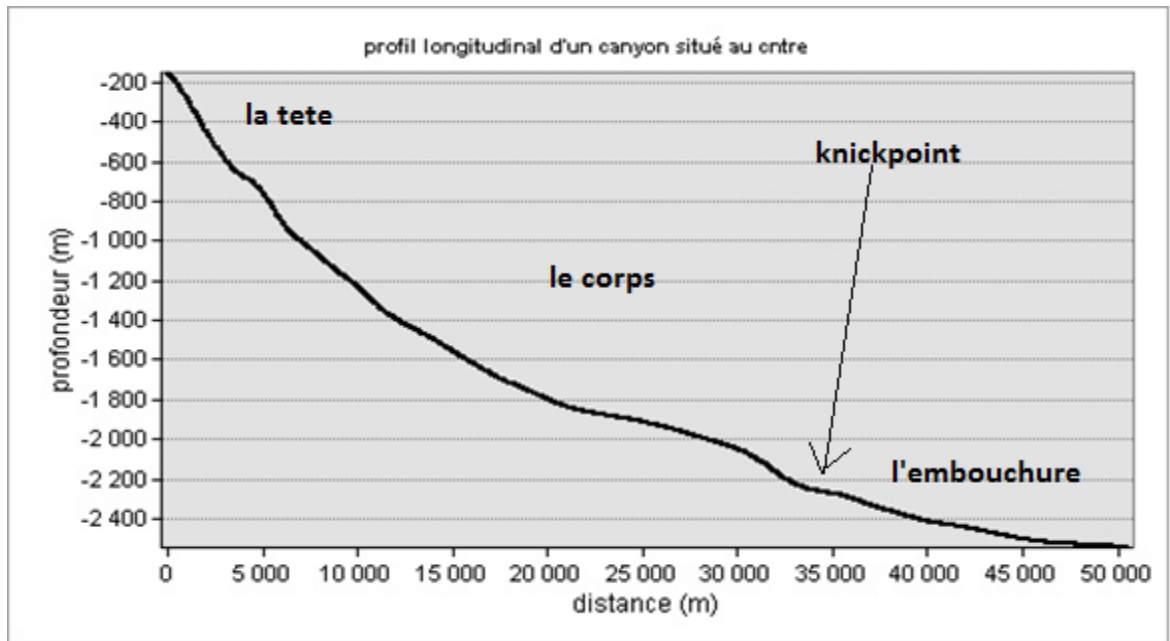
### 1.3.2 Les canyons de la zone centrale

- **Profil longitudinal**

En observant le profil longitudinal (Figure20) ou il est clair que les canyons sous-marins au centre de notre zone d'étude incisent presque toute la marge, en commençant le creusement depuis la plaine abyssale jusqu'au talus ; c'est un canyon mature.

Les têtes sont proches du trait de côte actuel, elles trouent fortement le talus à une profondeur d'environ -200 m, en traçant une pente abrupte au début du canyon qui se montre sur le profil avec une courbe rectiligne et qui évolue par la suite au niveau du corps où l'incision diminue petit à petit jusqu'au où l'axe du canyon prend une forme un peu convexe. La partie inférieure du corps est la partie la moins incisée.

La profondeur d'incision au niveau de l'embouchure devient de plus en plus faible jusqu'à la disparition du canyon à une profondeur de -2400m.(figure20).



**Figure20: profil longitudinal d'un canyon situé au centre.**

- **Profils transversaux**

La largeur augmente de 2000m à la tête jusqu'à 4500m à l'embouchure, la morphologie de la vallée prend une forme de V tout au long du canyon, c'est le début du creusement qui s'apparait au fond du canyon en donnant la forme de V. La profondeur de creusement s'accroît rapidement vers le bas.

Dans la partie intermédiaire, le creusement est de 85 m et la largeur atteint 4500m. (figure22) À l'embouchure la profondeur d'incision est de 100m avec une largeur de 2800m.(figure 21). À la tête la profondeur d'incision est de 65 m et la largeur est de 2200m. (Figur23). la variation des dimensions de chaque partie du canyon explique l'évolution qu'il subit.

A la profondeur de -2200 on observe un kinckpoint (un changement brutal du profil topographique longitudinal des canyons , suggérant une érosion active verticale continue et localisée) il pourrait être le résultat de la présence du linéament.

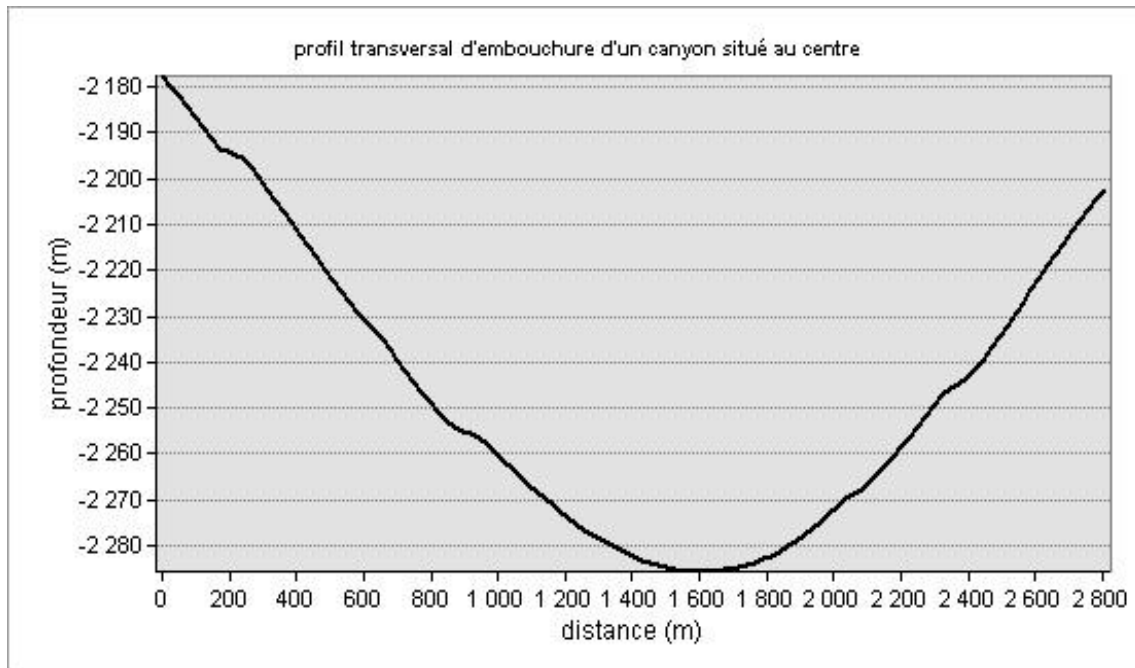


Figure 21: profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé au centre.

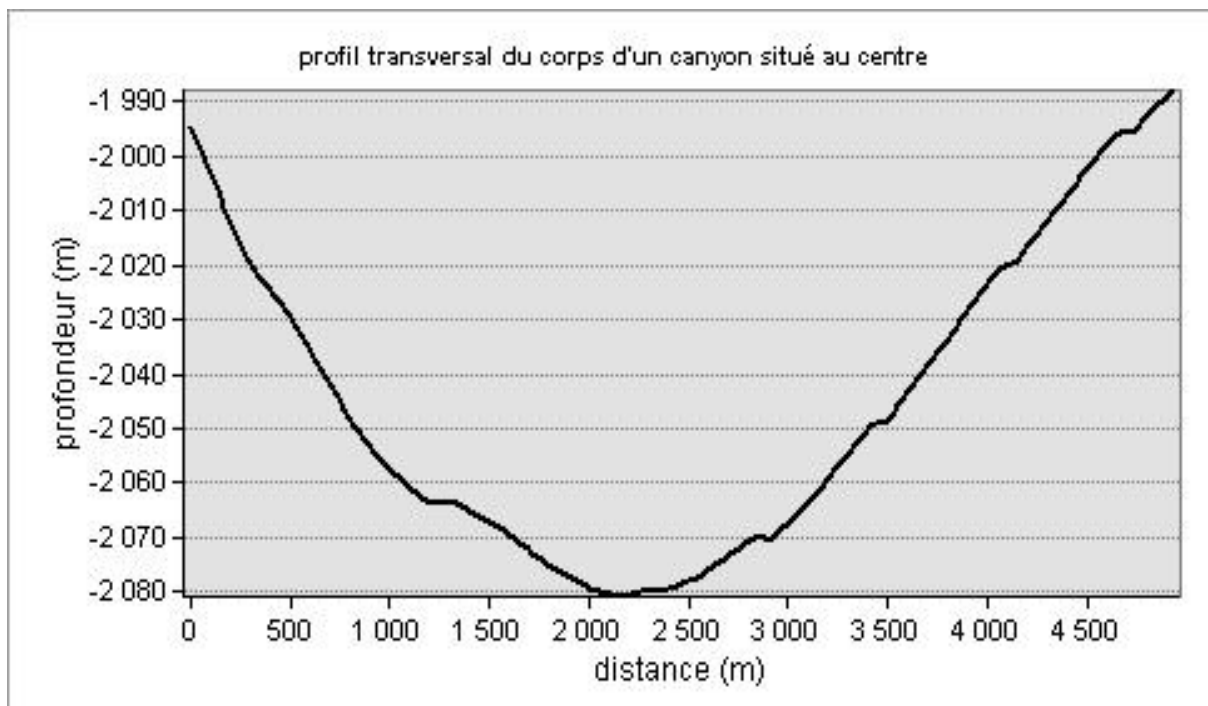


Figure 22: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé au centre.

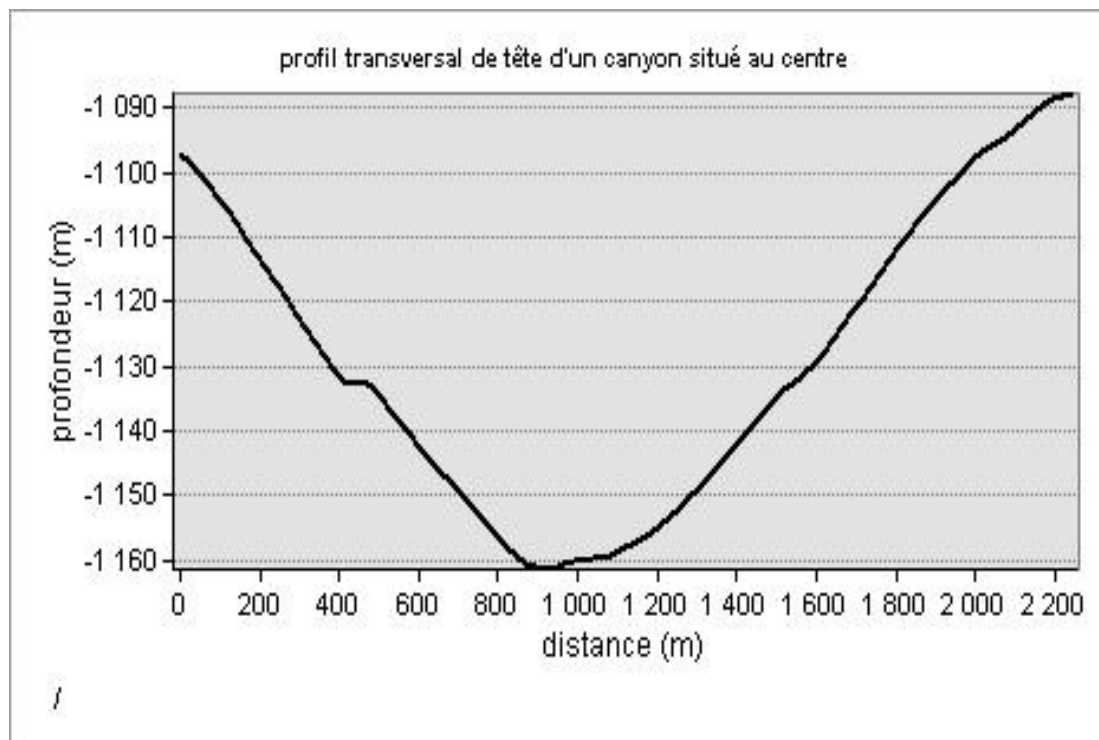


Figure23: profil transversal au niveau de tête d'un canyon situé au centre.

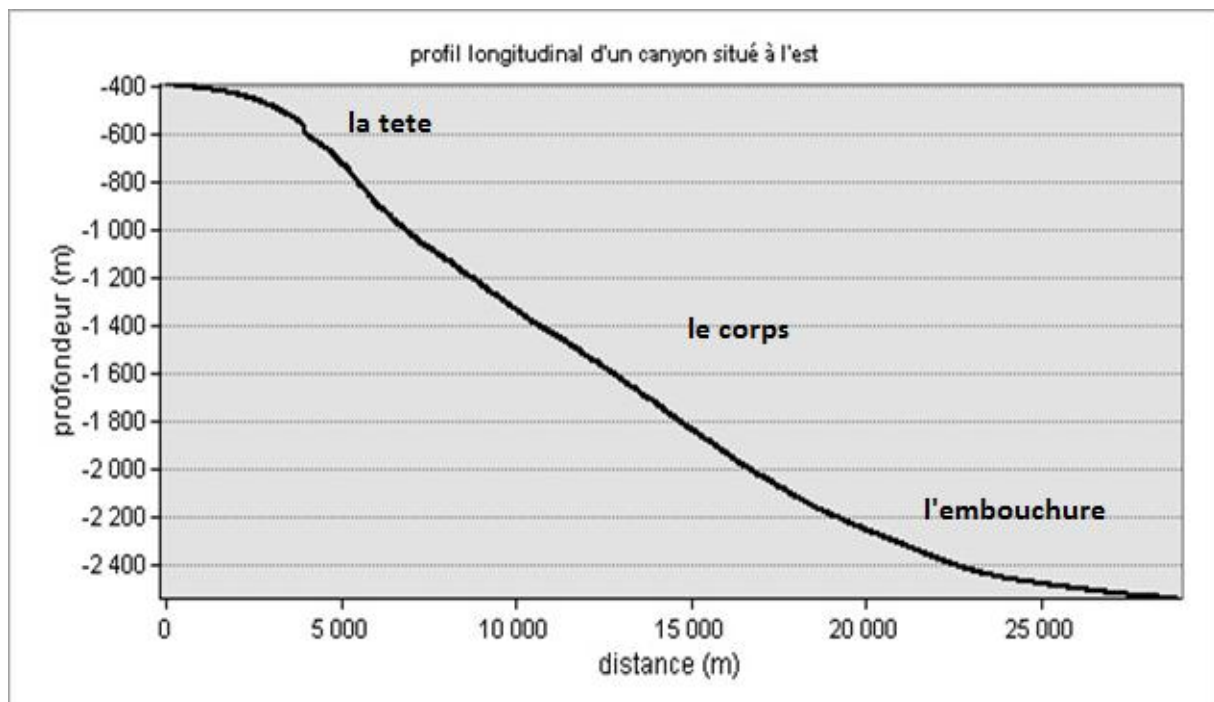
### 1.3.3 Les canyons de la zone d'Est

- **Profil longitudinal**

Le canyon présente un profil de tendance convexe à un peu linéaire au niveau du corps et de l'embouchure, cette tendance nous montre qu'il est juvénile.

La tête est localisée à une profondeur de -400m, il est confiné à la pente continentale, l'embouchure se situe à un isobathe d'environ de -2400m et la longueur du canyon est de 25000 m. (figure24).

Il y a un ravinement du canyon du bas vers le haut, et sa structure est en train de se développer et rapprocher de plus au talus continental.



**Figure24: profil longitudinal d'un canyon situé à l'Est.**

- **Profils transversaux :**

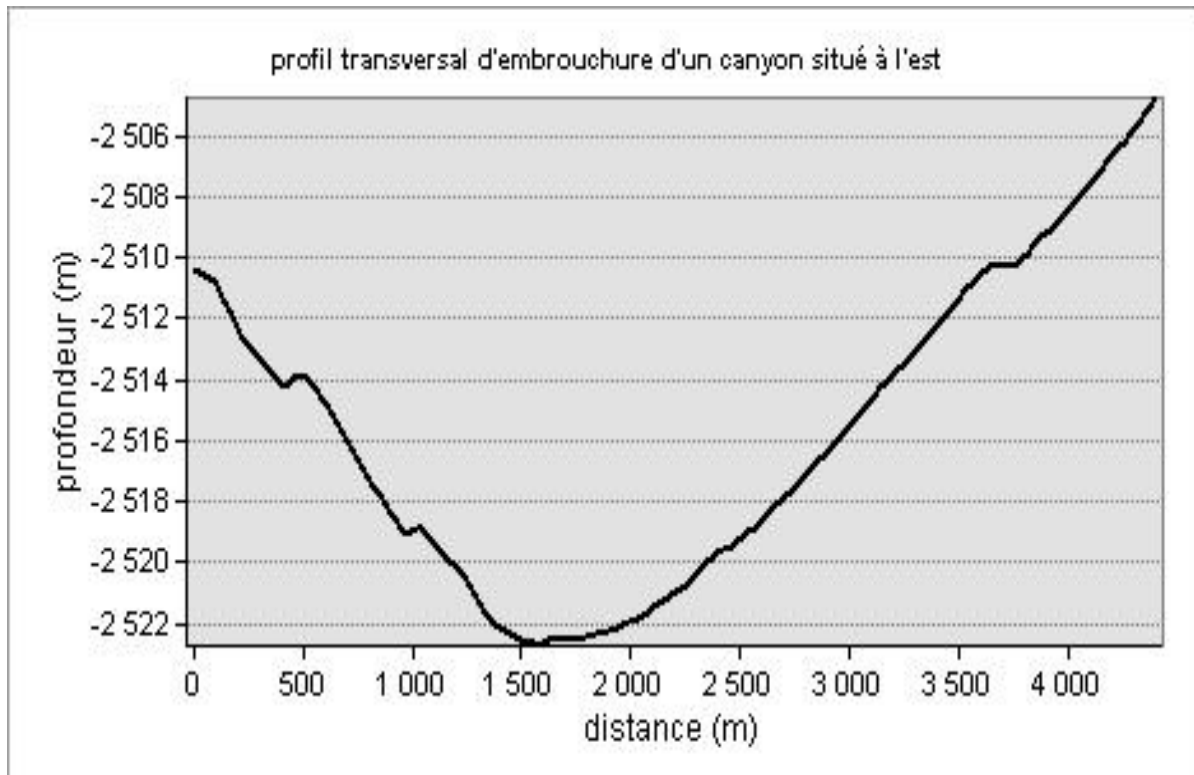
A la tête : la largeur est de 1400m et la profondeur du creusement atteint 60m (figure 27).

C'est la partie la moins creusée ; on peut constater que le creusement de ce canyon a commencé du bas vers le haut de la pente continentale.

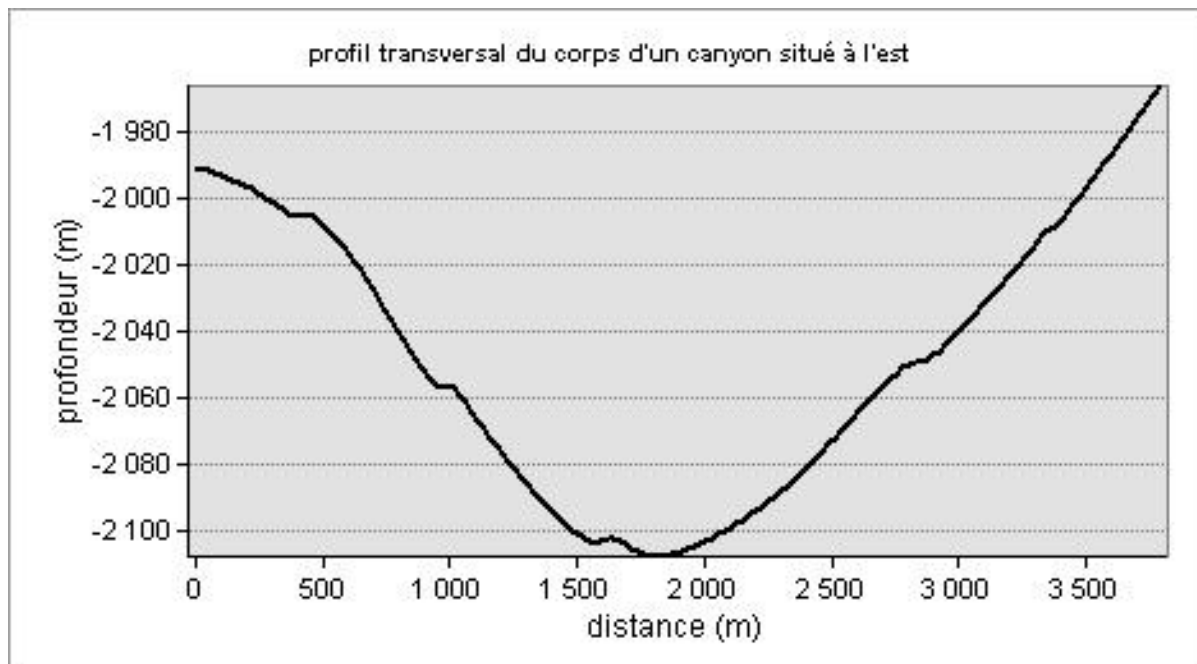
Au corps, la largeur est d'environ 3500m et la profondeur d'incision est d'environ -110m, ici, la largeur et la profondeur du creusement commencent à grandir progressivement. (figure26).

A l'embouchure : la largeur est plus de 4000m, la pente est entaillée à jusqu'à une profondeur de -15m. (Figure25).

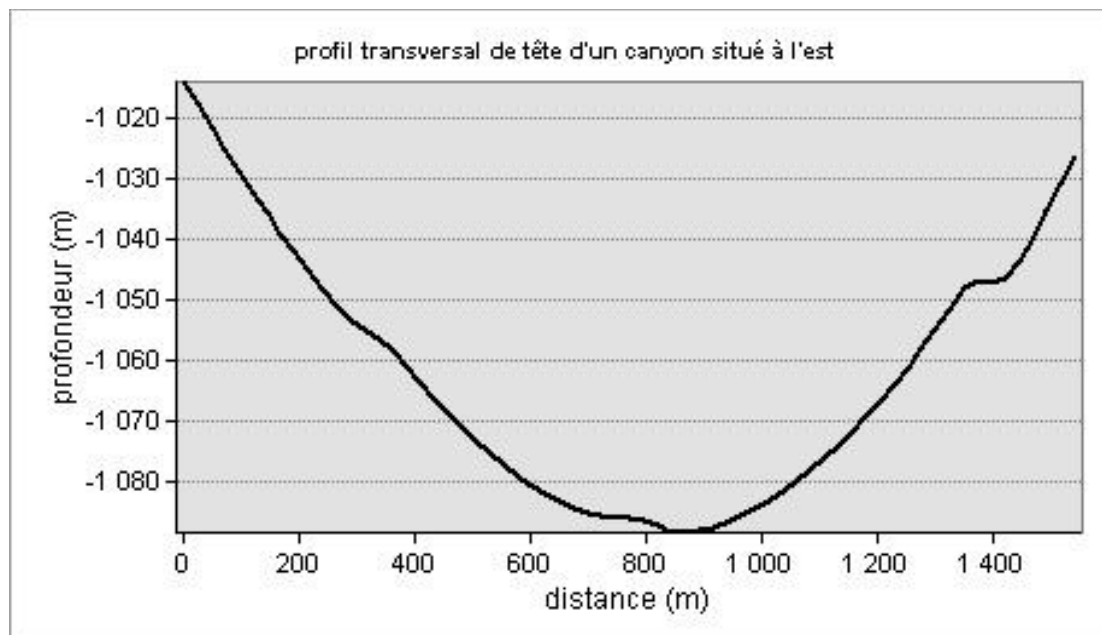
Les trois profils sont sous forme de V ce qui signifie que le canyon est juvénile et que le creusement est en encore en train d'attaquer le fond.



**Figure25: profil transversal au niveau d'embouchure d'un canyon situé à l'Est.**



**Figure26: profil transversal au niveau du corps d'un canyon situé à l'Est.**



**Figure27:** profil transversal au niveau de la tête un canyon situé à l'Est.

## 2 Discussion

Lors de notre étude focalisée à la compréhension de la création et l'évolution des canyons sous-marins au golf de Bejaia. On a essayé d'abord de faire une liaison entre les hypothèses de l'origine des canyons et les recherches qui ont été fait dans ce sujet avec nos données et nos résultats et à partir de l'analyse bathymétrique de la zone on constate qu'il y a une variation morphologique des canyons. Cette variation a été extraire à partir des profils longitudinaux et transversaux.

### 2.1 Maturité des canyons

Dans les processus de ravinement des canyons, on distingue deux façons : érosion attaque le fond comme les bords des canyons en donnant une forme de U ce qui confirme que le canyon a atteint sa profondeur maximale d'incision et évolue maintenant par érosion latérale, comme c'était le cas du canyons de zone centrale.

La forme V nous indique que le creusement arrache seulement les particules du fond en formant des vallées sous-marines, exactement comme c'est le cas des canyons de la zone d'Est et d'Ouest.

Les profils longitudinaux traduisent généralement le degré de maturité des canyons. Les canyons matures sont directement reliés à une embouchure de rivière sur terre et sont généralement caractérisés par un profil longitudinal concave. C'est le cas des canyons de la zone centrale qui sont connectés avec le réseau hydrographique d'Oued Soummam et qui ont été créés depuis le plateau continental, ils sont associés généralement à des marges continentales actives immatures. Les canyons matures sont généralement larges, isolés dendritiques dans la zone de la tête et méandriformes vers le bas de la pente, favorisant ainsi le transit des particules du plateau vers le bassin, indépendamment des variations eustatiques. Les dépôts de sédiment en suspension accumulés à l'embouchure des canyons matures proviennent en grande partie du remaniement des particules sédimentaires du plateau continental. Ils peuvent également alterner avec des dépôts de déstabilisation dus à l'action érosive continue des flancs et du fond du canyon par des écoulements gravitaires et présentent des processus d'érosion régressifs intenses à la base du talus continental.

Par contre, le profil du canyon de la zone Ouest est complètement déconnecté d'un bassin de drainage, il est associé à un profil longitudinal convexe vers le haut donc on peut déduire qu'il est juvénile, ils semblent être associés aux marges passives reprises par une tectonique active

(convergence) et soumises à des déformations et des soulèvements. Dans la zone Est, les canyons sont également juvéniles car ils sont confinés à la pente malgré la présence du réseau hydrographique d'oued Agrioun.

Les canyons immatures sont plus petits, rectilignes ou linéaires et un peu dendritiques. Ils sont aussi plus nombreux et privés de tout apport. Ceci implique seulement des processus d'érosion de la pente continentale sédimentaire provenant du plateau continental. Les dépôts sédimentaires associés aux canyons juvéniles ne contiennent que des matériaux dérivés de l'érosion de la pente continentale. En effet, les canyons confinés à la pente continentale déposent en base de pente des produits issus de déstabilisations, avec un régime d'apport de type coulées de débris pouvant évoluer en écoulements turbulents.

## 2.2 Les facteurs qui contrôlent la morphologie, la formation et l'évolution des canyons

### 2.2.1 La forme et la superficie du bassin versant

Dans notre zone d'étude il existe deux bassins versants : le bassin d'oued Soummam dans la zone centrale et celui d'oued Agrioun situé à l'est. Les deux bassins de drainage n'agissent pas de la même façon sur la morphologie des canyons et cela est dû à leur forme : la forme d'un bassin influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire de bassin versant.

- La forme de bassin versant :

On savait que la superficie de bassin versant d'oued Soummam est 13960 km<sup>2</sup> et sa périmètre est de 921 km.

la superficie de bassin versant d' Oued Agrioun est 1440 km<sup>2</sup> et sa périmètre est de 145 km pour connaître la forme de bassin versant on calcule l'indice de compacité de Gravelius donné par la formule :

$$K_G = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Avec :

KG : indice de compacité de Gravelius

A : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)

P : périmètre du bassin versant (km)

L'indice de compacité de Gravelius a ainsi été évalué à :

$K_G > 1.18$  Le bassin versant est donc de forme allongée

$K_G < 1.18$  Le bassin versant est donc de forme arrondi

- L'indice de compacité de bassin versant d' Oued Soummam :

$$K_{G1} = 0.28 * \frac{921.7}{\sqrt{13960}}$$

$K_{G1} = 2.184$   $K_{G1} >$  le bassin versant d' Oued Soummam est donc allongée

- L'indice de compacité de bassin versant d' Oued Agrioun

$$K_{G2} = 0.28 * \frac{145}{\sqrt{1440}}$$

$K_{G2} = 1.07$   $K_{G2} < 1.18$  donc le bassin versant d'ued Agrioun est arrondi.

Pour une même pluie, la forme allongée d'Oued Soummam favorise les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants.

Le réseau hydrographique de oued Soummam a une superficie supérieure à celui de oued Agrioun ce qui génère plus de quantité de sédiments en suspension refoulés à la mer donc une forte capacité d'érosion. Cependant la forme arrondie d'oued Agrioun accélère la vitesse des eaux pluviales.

### 2.2.2 Le dénivelé du talus continental

Le dénivelé du talus continental favorise les glissements sous-marins. Aux extrémités de la zone d'étude, le talus continental est plus pentue ce qui le rend plus exposé aux risques de glissement sous-marin et va engendrer l'incision de la pente ce qui donnera par la suite la formation d'un canyon en provoquant l'incision ensuite la formation du canyon. Au centre, le talus est moins pentue donc il y a moins de risque de glissements donc moins de creusement.

### 2.2.3 La largeur du plateau

La largeur de plateau continental joue un rôle capital dans le stockage des sédiments dans le cas des marges avec un plateau continental réduit. Dans la zone centrale on a un plateau continental plus ou moins développée par rapport au côté Est et Ouest ce qui donc favorise l'accumulation des sédiments.

Alors que dans les zones Est et Ouest y a peu d'espace ce qui traduit que tous les sédiments acheminer par le réseau de drainage passe directement par la plaine abyssale en creusant la pente continentale

# Conclusion

## Conclusion

A partir de l'analyse des données bathymétriques de la campagne de MARADJA, on a pu cartographier dans notre zone d'étude la présence de plusieurs canyons sous-marins de morphologie différente. On a mis en évidence la présence de trois types des canyons : les canyons de la zone Ouest qui n'incise pas le plateau continental et n'ont pas connectés à aucun système fluvial, les canyons de la zone centrale, incisent le plateau continental et sont connectés à un système fluvial (Oued Soummam), et les canyons de la zone Est qui n'incisent pas le plateau continental, mais seulement la pente avec la présence d'un réseau hydrographique sur terre.

Pour mieux comprendre les processus responsable de formation et d'évolution de ces canyons, nous avons contrainst les principales caractéristiques géométriques des canyons (largeur, longueur, profondeur d'incision, forme de l'incision). Ces canyons sont caractérisés par une variabilité morpho-structurale le long du segment de la marge étudié, d'ouest en est, et du haut vers le bas. On conclue que :

Le segment de la marge de Bejaia se particularise par la présence des canyons sous-marins à des différents stades de maturité, on peut les classer en se basant sur des profils longitudinaux :

1. des canyons de type 1 : des canyons matures, longs, et ramifiés situés au centre de la zone d'étude.
2. Des canyons de type 2 : des canyons juvéniles à en train de subir une évolution dans leur structure et de rapprocher de plus en plus au plateau, situés à l'Ouest.
3. Des canyons de type 3 : des canyons juvéniles, courts et non ramifiés situés à l'Est.

Ces structures érosives en train de se développer, longitudinalement surtout, tout au long de la marge, ce développement est lié à la géomorphologie côtière et sous-marine de cette région mais aussi à la présence des réseaux hydrographiques.

Des études récentes ont montrés qu'il y'a une forte tendance à l'érosion des plages de Bejaia, et que la ligne de rivage a reculé considérablement à la plage d'Aokas et Tichy à cause des activités anthropiques et des actions hydrodynamiques et météorologiques. Après notre recherche on peut mettre une hypothèse à ce propos en liant ce recule à la présence des canyons sous-marins qui captent les sédiments acheminées par la dérive littoral, notamment le canyon de Boukhelifa qui se trouve à -40 de profondeur.

## Conclusion

### En perspective

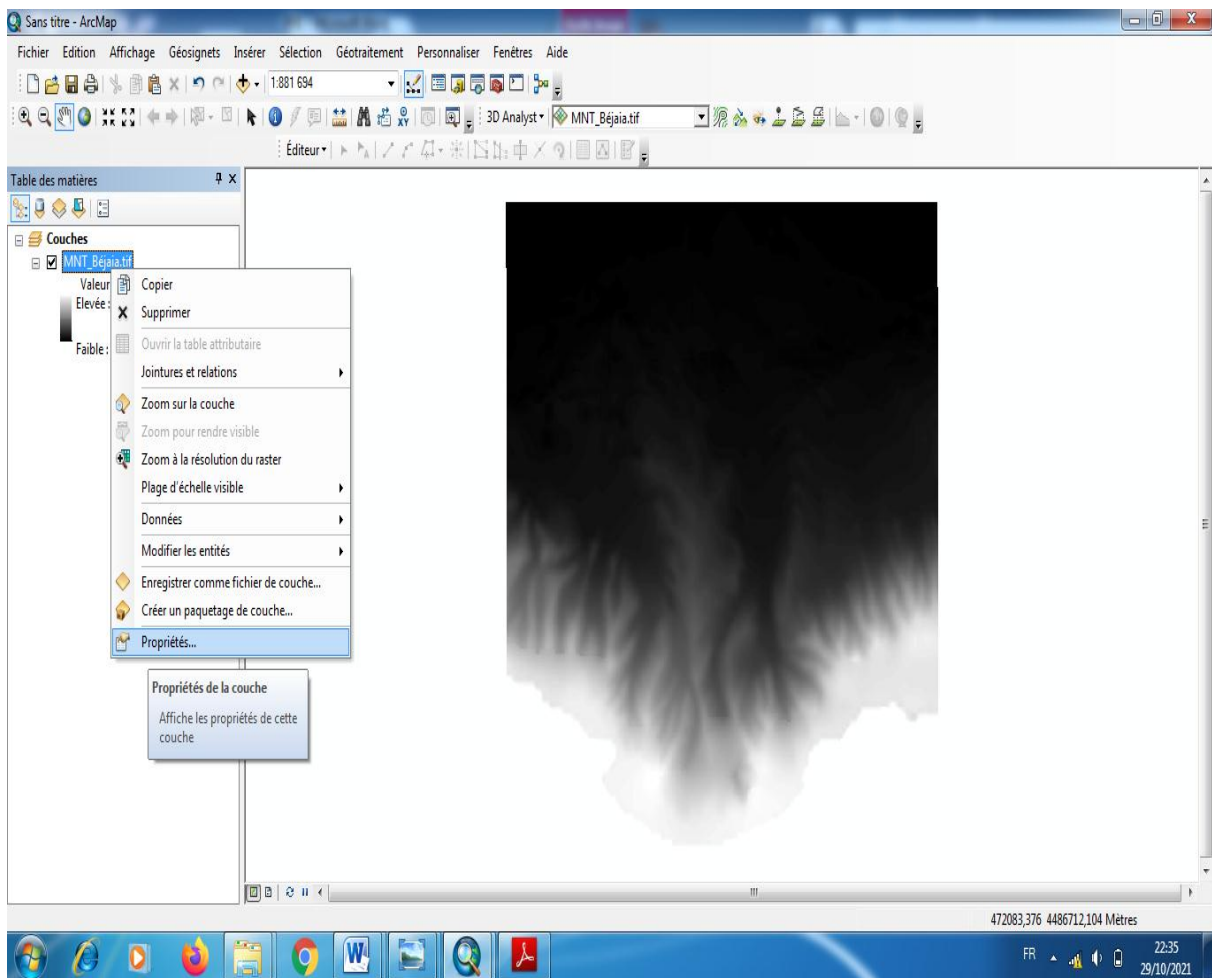
On recommande la réalisation des profils sismique le long de notre zone d'étude afin de contraindre l'architecteur interne des canyons pour savoir le degré d'influence de l'activité tectonique sue la formation des canyons dans notre zone d'étude.

# **Annex**

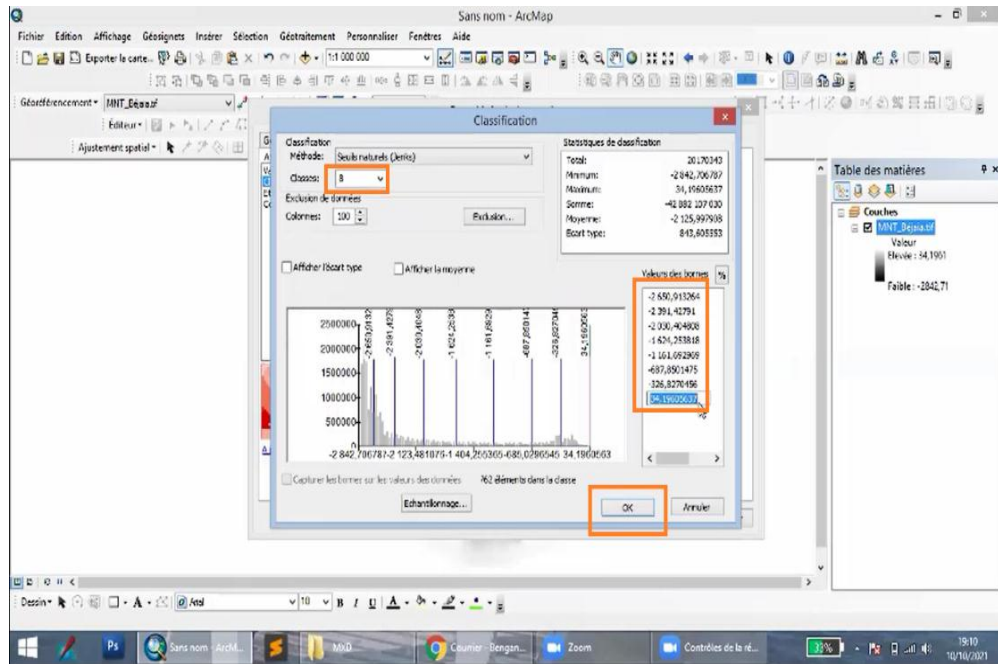
## Méthodes

### 1 .Les étapes suivies pour la réalisation de la carte bathymétrique

- Après l'intégration des MNT de la région de Bejaia dans le logiciel ArcGis, avec un clic droit on choisit Propriétés .puis Symbologie.  
Sur la fenêtre apparait à l'écran, on peut sélectionner le nombre de classes (nombre de courbes de maitresses) la profondeur de chaque isobathe principale et les couleurs de la carte (figure 28et 29).

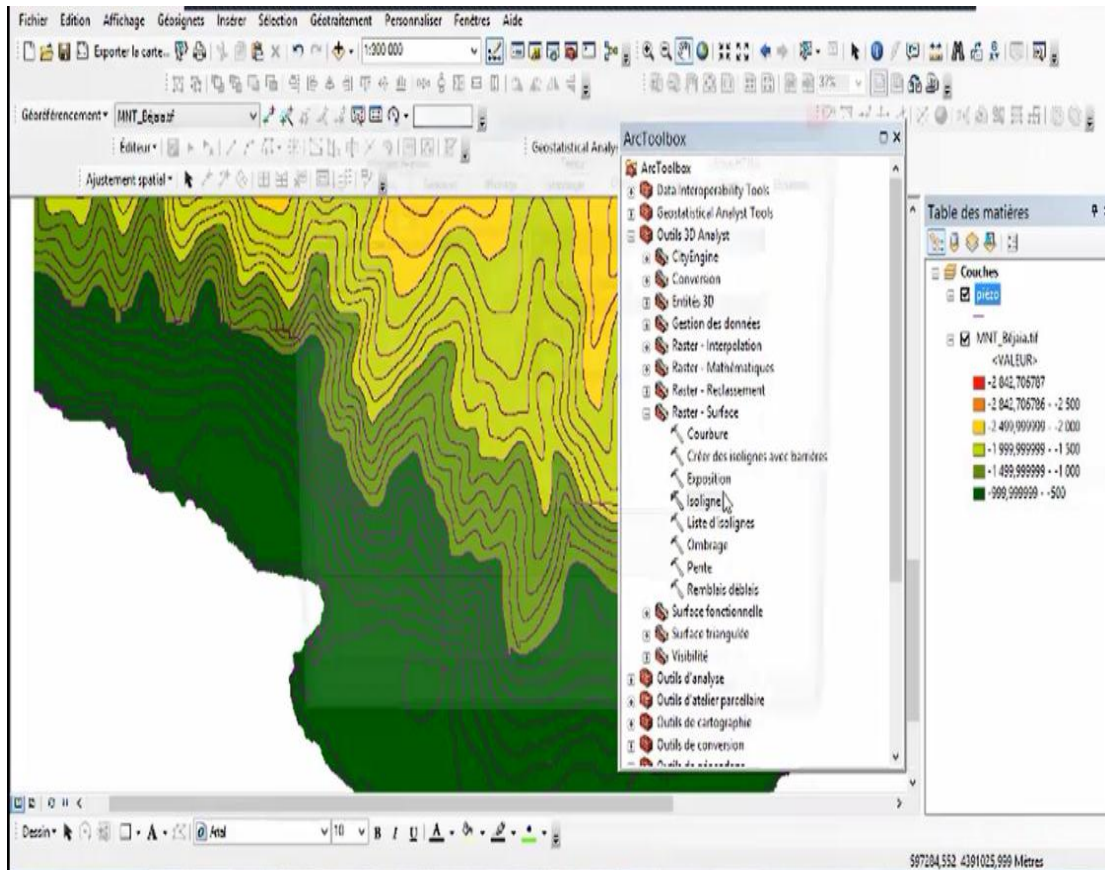


**Figure28: Affichage des données bathymétriques (MNT) dans Arc Gis.**

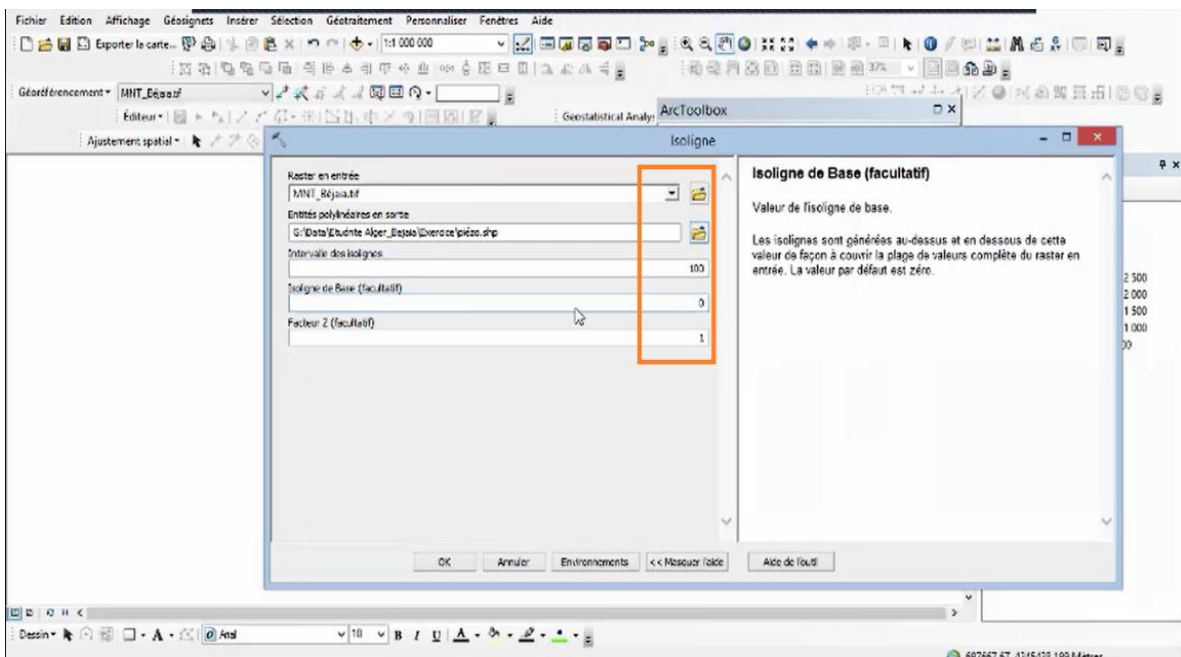


**Figure29: Image précisant la fenêtre « Propriétés » dans Arc Gis et l’option « Classé »**

- Une fois la carte est affichée on fait un double clic sur ArcToolbox ensuite un autre cliquer sur Raster-Surface puis Isoligne, (figure30). Dans le nouveau volet de ce dernier on détermine le output (dossier de sauvegarde) et le input qui est le MNT, l’intervalle des isobathes et l’isobathe de base qui est le 0 , on clique « OK »



**Figure30: image montrant l’affichage de la fenêtre ArcToolbox et l’option «isoligne »**



**Figure31 : image montrant l’affichage de la fenêtre « isoligne» et les paramètres d’entrées.**

A la fin, pour encadrer la carte et mettre les légendes, un clic droit sur la couche Isoligne dans la table des matières, on s'appuie sur les propriétés des courbes la on insère les noms des contours les couleurs ...

Après on procède à la représentation cartographique en ajoutant des étiquettes et les couleurs pour les courbes(Isolignes) dans le volet propriétés de la couche

Ensuite on entame la mise en page de la carte en insérant :

- ✓ Le cadre
- ✓ Le titre
- ✓ L'échelle
- ✓ La flèche du nord
- ✓ La légende
- ✓ Les coordonnées géographiques

On exporte la carte pour l'impression

## **2. Les étapes suivies pour la création de la carte des pentes**

On intègre d'abord MNT de la région de Bejaia dans le logiciel Arcgis , après dans propriétés on modifie les couleurs comme on veut.

Ensuite sur ArcToolbox on choisit Raster-Surface puis pente, dans le nouveau volet de ce dernier on détermine le output (dossier de sauvegarde) et le input qui est le MNT et on clique « OK »

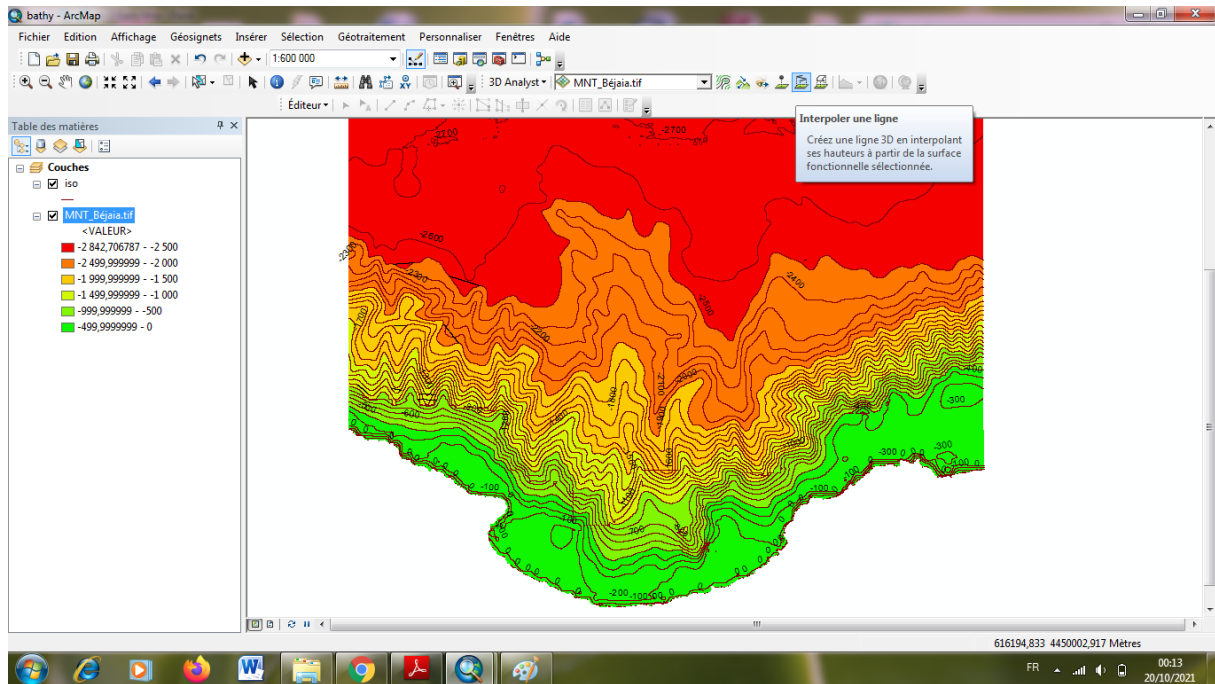
A la fin, on encadre la carte et mettre les légendes (Meme principe comme la carte précédente

## **3. La création des profils transversaux et longitudinaux**

Les MNT ont été importés dans des logiciels SIG pour générer des profils topographiques longitudinaux et transversaux pour chaque canyon, permettant une analyse morphométrique quantifiée et détaillée avec comparaison et corrélation des données

Pour la création de ces profils on suit les étapes suivantes

- On insère la carte bathymétrique de la zone d'étude qu'on a réalisée
- Dans la barre de « 3D Analyst » on clique sur « Interpoler une polyligne ». (figure 32).



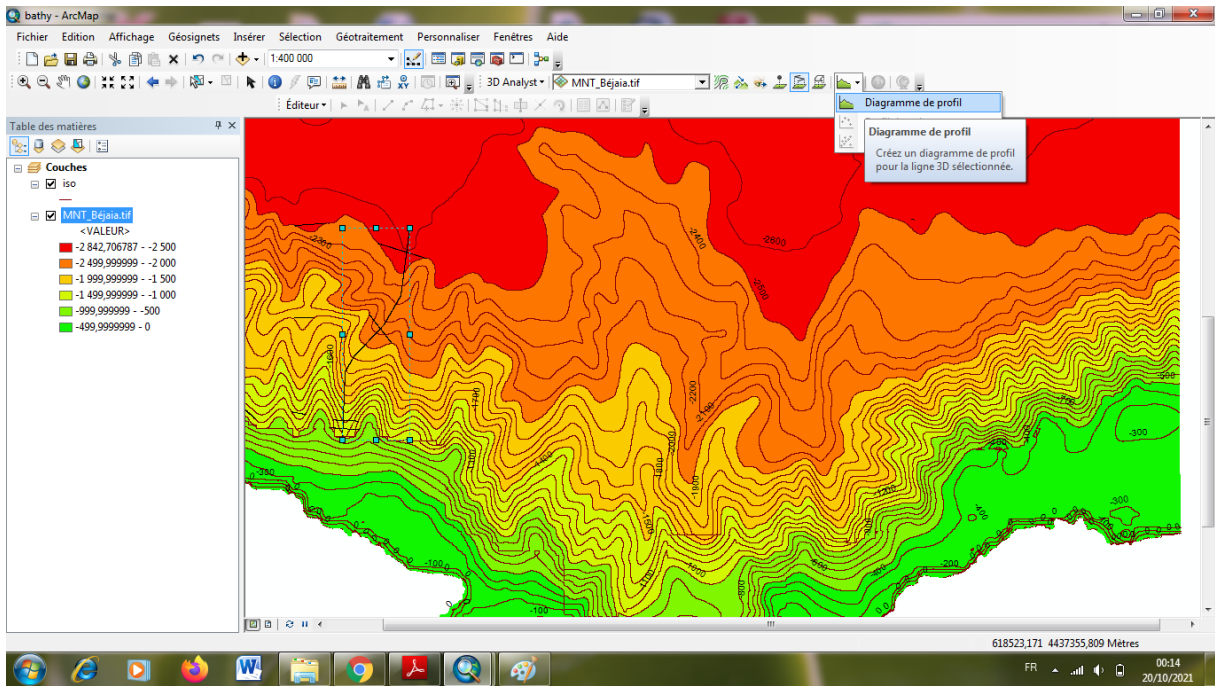
**Figure32: image montrant la carte bathymétrie intégrée dans logiciel Arc Gis**

- On dessine sur le MNT une ligne en suivant la direction du canyon, toujours dans la même barre on tape « Diagramme de profil » (Figure .33.).
- Dès que le diagramme se montre, avec un clic droit on obtient une liste ou cette figure « Propriétés du diagramme », là on inclut le titre de chaque axe ainsi le titre principale du diagramme. ( Figure 34).

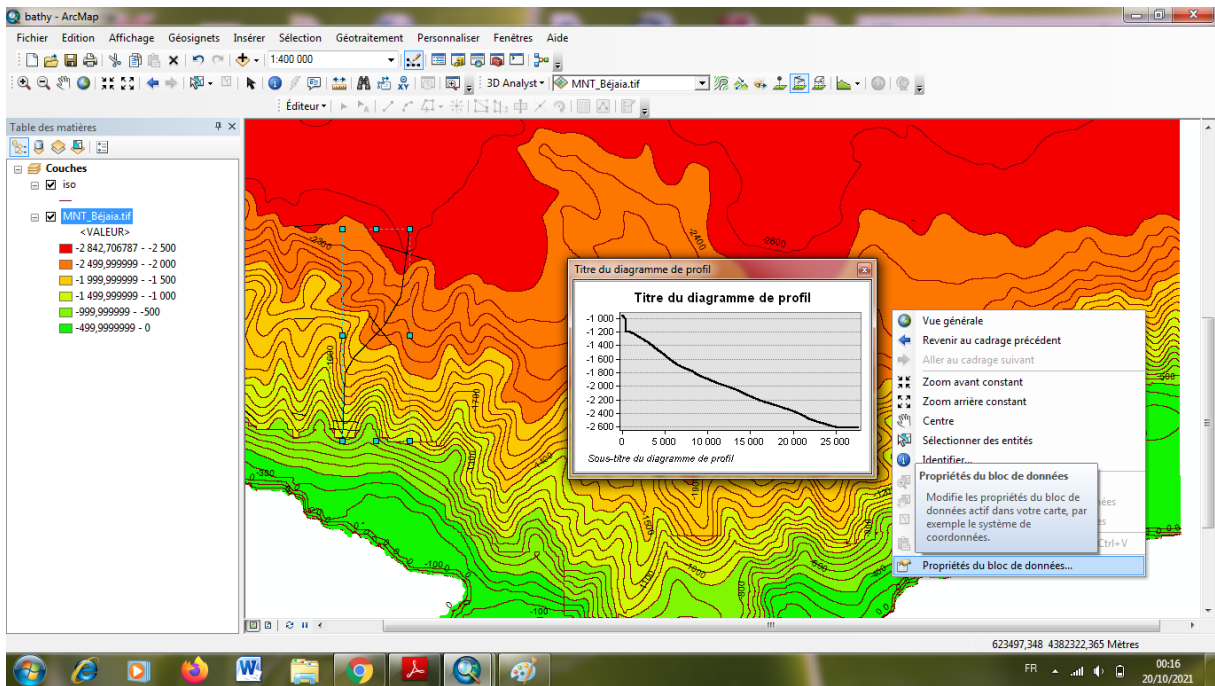
Le profil longitudinal est représenté par un graphe, dans lequel l'axe des abscisses représente la distance parcourus par les canyons (en mètre), et l'axe des ordonnés représente la profondeur (en mètre).

Les profils transversaux sont présentés aussi par un graphe, dans lequel l'axe des abscisses est la largeur du canyon (en mètre), l'axe des ordonnés présente les différentes profondeurs de chaque point situé au sien du canyon (en mètre).

- En dernière analyse on sauvegarde les graphes sous format JPEG



**Figure33: image montrant le traçage d'une ligne sur l'axe du canyon.**



**Figure34: image montrant le profil longitudinal résultant.**

# **Références**

# **Bibliographiques**

- Allen S. E., et Durrieu de Madron X., (2009).** A review of the role of submarine canyons in deep-ocean exchange with the shelf. *Ocean Sci.*, p.p.607-620.
- Algan, O., Gokasan, E., et al., (2002),** A high-resolution seismic study in Sakarya Delta and Submarine Canyon, southern Black Sea shelf: *Continental Shelf Research*, p.p.1511-1527.
- Antobreh A.A., et Krastel S., (2006).** Morphology, seismic characteristics and development of Cap Timiris Canyon, offshore Mauritania: A newly discovered canyon preserved-off a major arid climatic region: *Marine and Petroleum Geology*, p. p. 37-59.
- Arzola R.G., Wynn R.B., et al., (2008).** Sedimentary features and processes in the Nazaré and Setúbal submarine canyons, west Iberian margin. *Marine* .,p.p..36-40
- Babonneau N., Savoye B et al.,( 2002).** Morphology and architecture of the present canyon and channel system of the Zaire deep-sea fan. *Marine and Petroleum Geology*, p.p.445-467.
- Chikhi, Taraq., (2017)** Modélisation de l'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'Oued Sahel. Master Académique : Université Mohamed Boudiaf. Msila,, p 23.
- Bourcart J., (1958).** Problèmes de géologie sousmarine: le précontinent, le littoral et sa protection, la stratigraphie sous-marine Masson et cie, Paris, p.p. 125 .
- Covault J. A., Fildani A.,et al (2011).** The natural range of submarine canyon-and-channel longitudinal profiles. *Geosphere*, p.p.313-332.
- Cronin B.T., Akhmetzhanov et al., (2005).** Morphology, evolution and fill : Implications for sand and mud distribution in filling deep-water canyons and slope channel complexes. *Sedimentary Geology*, p.p.71-97.
- Domzig, Anne., (2006)** Déformation actif et récente , et structuration tectonsédimentaire de la marge sous-marins algérienne. Thèse de géosciences marines : Université Britegne occidentale France, 76p.
- Farre J.A., McGregor B.A., et al (1983).** Breaching the shelf break : passage from youthful to mature phase in submarine canyon evolution. The shelfbreak critical interface on continental margins. Published by SEPM, Special Publication 33, p.p. 25-39.
- Froidefond, J.M., Castaing, P., et al (1983),** Evolution morpho-sédimentaire de la tête du canyon de Capbreton d'après les cartes de 1860 et de 1963, utilisation des méthodes informatiques: *Bull. Soc. géol France*, v. XXV, p.p. 705-714.
- Gardner W.D., (1989).** Baltimore Canyon as a modern conduit of sediment to the deep sea. *Deep-Sea Res.*, p.p.323-358.

**Gaudin M., (2006).** Processus et enregistrements sédimentaires dans les canyons sous-marins Bourcart et de Capbreton durant le dernier cycle climatique. PhD tesis,thèse de doctorat Bordeaux : Université de Bordeaux .

**Goff J.A., (2001).** Quantitative classification of canyon systems on continental slope and a possible relationship on slope curvature. *Geophysical Research Letters*, p.p.4359-4362.

**Harris P.T., et Whiteway T., (2011).** Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margin. *Marine Geology*, p.p.69-86.

**Heezen, B.C., and Ewing, M., (1952),** Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks Earthquake: *American Journal of Science*, p.p. 849-873.

**Korichi A, 2011 :** La sauvegarde et la réutilisation des monuments du système défensif de la ville de Bejaia. Mémoire de Magister Université Tizi Ouzou. 90p.

**Lofi, J., Gorini, C., (2005).** Erosional processes and paleo-environmental changes in the Western Gulf of Lions (SW France) during the Messinian Salinity Crisis. *Marine Geology*,. p.p.60-90.

**Marianne, Coste.,(2012),** Les processus sédimentaires, depuis la pente continentale jusqu'au bassin, en contexte de tectonique active : analyse comparée entre la Marge Calabro-Ionienne et la Marge Ligure durant les derniers 5 Ma. thèse de doctorat France : Ecole Doctorale de Sciences Fondamentales et Appliquées.

**Matthieu, Gaudin., (2006),** Processus et enregistrements sédimentaires dans les canyons sous-marins Bourcart et de Capbreton durant le dernier cycle climatique. Thèse Géologie marine. Bourdaux :Ecole Doctorale Sciences du Vivant, Géosciences, Sciences de l'Environnement , 296 p.

**Michels K.H., Suckow A., et al (2003).** Sediment transport in the shelf canyon "Swatch of No Ground" (Bay of Bengal): *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 5 p.p. 1003-1022.

**Milia, A., 2000,** The Dhorn canyon: a response to the eustatic fall and tectonic uplift of the outer shelf along the eastern Tyrrhenian Sea margin, Italy: *Geo-Mar Lett*, p. p. 101-108.

**Nittrouer, C.A., Wright, L.D., (1994).** Transport of particles across continental shelves. *Reviews of Geophysics* ,p.p.85–113.

**Normark, W.R., Carlson, P.R., (2003).** Giant submarine canyons: is size any clue to their importance in the rock record? *Geological Society of America Special Paper* 370, p.p.175–190.

**Orange, D.L., Breen, N.A., (1992).** The effects of fluid escape on accretionary wedges 2. Seepage force, slope failure, headless submarine canyons, and vents. *Journal of Geophysical Research* 97 (B6), p.p.9277–9295.

**Ryan, W.B.F., Pitman, W.C., et al (1997).** An abrupt drowning of the Black Sea shelf. *Marine Geology* 138,p.p. 119–126.

**Shepard F.P., (1981).** Submarine canyons : Multiple causes and long-term persistence. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, p.p.1062-1077.

**Shepard et Dill, (1966).** Submarine canyons and other sea valleys. R and McNally and company. Chicago, p.p.76-85

**PETER T. Harris , TANIYA Whiteway., (2011),** Global distribution of large submarine canyons Geomorphic differences between active and passive continental margins.EISAVIER, [en ligne].[consulté le 26 mai 2021]. disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.05.008> ..

**Pratson L.F., Ryan W.B.F., (1994).** Submarine canyon initiation by downslope-eroding sediment flows : Evidence in late Cenozoic strata on the New-Jersey continental slope. *Geological Society of American Bulletin*, p.p.395-412.

**Vanney, J.R., and Stanley, D.J., (1983),** Shelfbreak physiography: an overview: In: D.J. Stanley and G.T. Moore (Editors), *The shelfbreak: critical interface on continental margins*. SEPM Special Publication, Tulsa, p.p. 1-24.

**Yoklavich, M., Greene, H.G., (2000).** Habitat associations of deep-water rockfishes in a submarine canyon: an example of a natural refuge. *Fisheries Bulletin*, p.p. 625–641.

## Résumé

Ce travail de mémoire il s'intéresse aux processus d'initiation et d'évolution des canyons sous-marins le long de la marge continentale du Golf de Bejaia. Dans lequel on a essayé de mieux comprendre la définition et le fonctionnement des canyons sous-marins à partir de la bibliographie et les données qui nous a vue. On a centré notre travail sur une zone dans laquelle de nombreux canyons entaillent la plate-forme et la pente continentale.

L'intérêt porté aux canyons est d'abord visé à comprendre leurs modes de formation, les mécanismes d'évolution et les facteurs qui contrôlent leurs initiation et leur évolution (la tailles des bassins de drainage, Le dénivelé de la pente du talus et la largeur de plateau ).

Le but de cette étude est de contraindre les principales caractéristiques morpho métriques (longueur, largeur, profondeur, inclinaison, profil longitudinal et transversal) avec une approche morphologique basée sur la bathymétrie qui nous a permet de mettre en évidence des évolutions des canyons, la définition et la classification (connexion / déconnexion avec réseau fluviale, l'incision ou pas avec le plateau continentale ) puis discuter les résultats.

### abstrat

This thesis focuses on the processes of initiation and evolution of submarine canyons along the continental margin of the Gulf of Bijaia. In which we tried to better understand the definition and functioning of submarine canyons from the bibliography and data that we saw.

We focused our work on an area in which many canyons cut the platform and the continental slope.

The interest in canyons is first aimed at understanding their modes of formation, the mechanisms of evolution and the factors that control their initiation and evolution (the size of drainage basins, the slope of the slope and the width of the shelf).

The aim of this study is to understand the main morphometric characteristics (length, width, depth, slope, longitudinal and transverse profile), with a morphological approach based on bathymetry that allowed us to be in evidence of the evolution of canyons.

The definition is the classification (connection /de connection with river network, incision or not with the continental shelf), and then descend the results

### خلاصة

هذا العمل المتعلق بالذاكرة مهتم ببدء وتطور الأخاديد المغمورة على طول الحافة القارية لخليج بجاية. شكله من قائمة المراجع الذي حاولنا فيه فهم تعريف وتشغيل الأخاديد المغمورة بجاية. والبيانات التي رأيناها.

ركزنا عملنا على منطقة تقطع فيها العديد من الأخاديد المنخفضة والمنحدر القاري. يهدف الاهتمام المبين في الأخاديد أولاً إلى فهم أنماط تكوينها، والبيانات التطور والعوامل التي تتحكم في بدايتها وتطورها (حجم أحواض الصرف، والأخلاف في مسد توى منحدر الجسر وعرض المنخفضة).

الميل، المظهر الجانبي الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الخصائص المورفومترية الرائدة. الطولي والعرضي) بنهج مورفولوجي قائم على قياس الأعماق والذي سمح لنا بتسليط الضوء على تطورات الأخاديد، والتعريف والتصنيف (الاتصال / الانفصال عن شبكة النهر، شق أم لا مع الجرف القاري) ثم ناقش النتائج.

