

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة محمد بوضياف - المسيلة  
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF -M'SILA

كلية التكنولوجيا  
FACULTE DE TECHNOLOGIE

قسم الميكانيكية  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



## MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : Génie Mécanique

OPTION : Energétique

THEME :

**Etude du schéma technologique et du circuit de dévasement  
mécanique du barrage de k'sob M'sila**

Dirigé par :  
DR. FARSI CHOUKI

Présenté par :  
MAZUZ HAMZA  
HADDAD FOUAD

Devant le jury composé de :

Nom Et prénom	GRADE	Qualité
Dr. ZAOUI M	MCA	Président
Dr.BENKHARBACHE S	MCA	Examineur
DR. FARSI CHOUKI	MCA	Encadreur

Année universitaire : 2022/2023

# REMERCIEMENTS

Toute ma gratitude et mes remerciements vont à Dieu Tout-Puissant, qui m'a donné la force, la patience, le courage et la volonté de faire ce travail. Sincère

Merci au président et aux membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'étudier ce travail.

Je n'oublierai pas d'exprimer mes remerciements à tous les enseignants du département de génie civil, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ma formation.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon superviseur

**Dr. Chawki Farsi**

**-Mazoz Hamza-**

Je remercie Dieu qui m'a toujours donné la force de traverser toutes les épreuves et frustrations, qui m'a aidé à bien mener à bien cette recherche

Je tiens à remercier le Dr Chawki Farsi pour ses recommandations.

À mon collègue Hamza Mazoz, à ma famille et à mes amis, qui m'ont apporté soutien et sympathie tout au long de ces années de travail, sachez qu'il est très agréable pour moi de vous exprimer mes sincères remerciements.

Pour tous les enseignants du département de génie mécanique de M'sila.

**-Haddad Fouad-**

## **Résumé :**

Cette étude vise à étudier le schéma technologique du circuit de dragage des matériaux déposés dans les barrages et plans d'eau, et à se familiariser en détail avec les différents éléments et étapes de dragage en vigueur dans le monde et dans le barrage de K'sob en particulier.

Le système de dragage comporte différentes étapes et un équipement spécial. Il peut s'agir de pompes de dragage, de dragues aspirantes, de tuyaux d'aspiration, de zones de stockage, de systèmes de traitement des sédiments, etc. L'étude du schéma technologique permet de visualiser le flux de matière extraite dans divers équipements et d'évaluer l'efficacité globale du système.

Lors de l'étude du schéma technologique du circuit de dragage, plusieurs aspects doivent être pris en compte, notamment :

Le système de dragage utilisé (dragage mécanique, dragage hydraulique et dragage pneumatique), les équipements utilisés (pompes, tuyaux, etc.), Paramètres opérationnels (débit d'eau, pression, vitesse de pompage, distance de transport des matériaux, taille des particules à draguer), coûts et planification, restrictions environnementales. Cela permet de déterminer les performances attendues et d'assurer l'efficacité du processus de dragage.

En bref, l'étude du schéma technologique du circuit de dragage permet de comprendre et d'optimiser ce processus pour la mise en œuvre réussie des projets de dragage.

Mots clés : Barrage K'sob, dragage, système de dragage, schéma technologique.

## **Abstract:**

This study aims to study the technological scheme of the dredging circuit of the materials deposited in dams and water bodies, and to familiarize oneself in detail with the different elements and stages of dredging in force in the world and in the K'sob dam in particular.

The dredging system has different stages and special equipment. These can be dredging pumps, suction dredgers, suction pipes, storage areas, sediment treatment systems, etc. The study of the technological scheme makes it possible to visualize the flow of extracted material in various equipment and evaluate the overall efficiency of the system.

When studying the technological scheme of the dredging circuit, several aspects must be taken into account, in particular:

The dredging system used (mechanical dredging, hydraulic dredging and pneumatic dredging), the equipment used (pumps, pipes, etc.), Operational parameters (water flow, pressure, pumping speed,

material transport distance, particle size to be dredged), costs and planning, environmental restrictions. This makes it possible to determine the expected performance and ensure the efficiency of the dredging process.

In short, the study of the technological scheme of the dredging circuit makes it possible to understand and optimize this process for the successful implementation of dredging projects.

Key words: K'sob dam, dredging, dredging system, technological scheme.

## ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة المخطط التكنولوجي لدائرة التجريف للمواد المترسبة في السدود والمساحات المائية، والتعرف بالتفصيل على العناصر والمراحل المختلفة للتجريف المعمول بها في العالم وفي سد كسوب على وجه الخصوص. نظام التجريف له مراحل مختلفة ومعدات خاصة. يمكن أن تكون هذه مضخات التجريف، جرافات الشفط، أنابيب الشفط، مناطق التخزين، أنظمة معالجة الرواسب، إلخ. تتيح دراسة المخطط التكنولوجي تصور تدفق المواد المستخرجة في المعدات المختلفة وتقييم الكفاءة الكلية للنظام.

عند دراسة المخطط التكنولوجي لدائرة التجريف يجب أخذ عدة جوانب بعين الاعتبار منها:

نظام التجريف المستخدم (التجريف الميكانيكي، التجريف الهيدروليكي والتجريف الهوائي)، المعدات المستخدمة (المضخات، الأنابيب، إلخ)، المعلمات التشغيلية (تدفق المياه، الضغط، سرعة الضخ، مسافة نقل المواد، حجم الجسيمات المراد تجريفها)، التكاليف والتخطيط، القيود البيئية. هذا يجعل من الممكن تحديد الأداء المتوقع وضمان كفاءة عملية التجريف. باختصار، فإن دراسة المخطط التكنولوجي لدائرة التجريف تجعل من الممكن فهم هذه العملية وتحسينها من أجل التنفيذ الناجح لمشاريع التجريف.

الكلمات المفتاحية: سد القصب، التجريف، نظام التجريف، المخطط التكنولوجي

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE :</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES</b> .....	<b>2</b>
I.1- INTRODUCTION: .....	3
I.2- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DE BARRAGE: .....	3
I.3- LES BARRAGES EN ALGERIEN:.....	4
I.4- GENERALITES SUR OUED ET BARRAGE K'SOB: .....	5
I.5- PRESENTATION DU BARRAGE DE K'SOB: .....	6
I.6- PROBLEMES DE L'ENVASEMENT DES BARRAGES:.....	72
I.7- HISTORIQUE DE L'ENVASEMENT DES BARRAGES ALGERIENS:.....	10
I.8- CAUSES ET ORIGINE DE L'ENVASEMENT: .....	11
I.9- ETAPE DE L'ENVASEMENT D'UN BARRAGE:.....	12
I.10- DEFINITION DE LA VASE:.....	13
I.10.1- Définition proposée par Mignot: .....	14
I.11- COMPOSITION DES VASES:.....	14
I.11.2- Rhéologie des vases:.....	15
I.11.3- Les analyses chimiques: .....	16
I.12- PROCESSUS DE DECANTATION ET DE TASSEMENT DES VASES :.....	17
I.13- LES BARRAGES LES PLUS ENVASES : .....	20
I.14- LES MODELES D'ESTIMATION DE L'ENVASEMENT : .....	20
I.14.2- Bathymétries par sondeurs : « Echosondeur bathymétrique » .....	22
I.15- LES MOYENS DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT : .....	24
I.16- CONCLUSION : .....	25
<b>CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE</b> .....	<b>26</b>
II.1- INTRODUCTION:.....	27
II.2- EXTRACTION PAR SIPHONNEMENT : .....	27

II.3- EXTRACTION PAR DRAGAGE :	28
II.3.1- Définition de dragage :	28
II.3.2- Histoire de dragage :	29
II.3.3- La nécessité des opérations de dragage :	30
II .3.4- Techniques Et Contraintes De Dragage :	31
II.3.5- Les types de dragage:	36
II.3.5.1- Les dragues mécaniques :	36
II.3.5.2- Les dragues hydrauliques :	41
II.3.5.3- Les dragues Spéciales : (Dragues écologiques):	47
a) Drague à tarière horizontale (Mudcat) :	47
b) Drague amphibie (Watermaster) :	48
II .3.6- Les avantages et Inconvénients des options disponibles pour le dragage :	49
II.3.7- Différents Moyens De Dragage:	52
II .3.8- Modifications des méthodes de dragage:	52
II.4- OPERATION DE DRAGAGE SUR L'KSOB :	59
II.4.1- Dragage du barrage de K'SOB : L'ANBT	59
II.4.2- Technique de dragage utilisé :	61
II.4.2.2- Pompe de dragage submersible DOP :	61
II.4.2.3- le volume dévasé moyenne horaire :	62
II.4.2.4- Caractéristiques Technique Drague CSD 350/B060184/2007 :	63
II.4.2.5- Le booster :	64
II.4.3 Système de refoulement :	64
II.5 CONCLUSION :	67
<b>CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE</b>	<b>68</b>
III.1- INTRODUCTION:	69
III.2- INFORMATIONS SUR LE TERRAIN :	69
III.3- LES PIPELINES :	69
III.3.1- Les Pipelines Flottants :	69
III.4- TRANSPORT HYDRAULIQUE DANS LES PIPELINES :	73

III.4.1- Perte D'énergie Dans Les Tuyaux Droits : .....	73
III.4.2- Types D'écoulement : .....	74
III.4.3- Pertes Par Frottement : .....	75
III.4.4- Pertes De Décélération : .....	77
III.5- INFLUENCE DES PARTICULES DU SOL SUR LA CONFIGURATION DE L'ÉCOULEMENT : ..	78
III.5.1- Types De Flux : .....	78
III.5.2- Concentration De Mélanges : .....	80
III.5.3- Perte De Friction Dans Le Transport Du Mélange Eau-Sable : .....	81
III.5.4- Vitesse critique : .....	84
III.6- ASPIRATION : .....	85
III.6.1- Vide Maximal Dans Le Tuyau : .....	85
III.6.2- Vide Maximal À L'entrée De La Pompe : .....	85
III.7- CONCLUSION : .....	86
<b>CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE</b> .....	<b>87</b>
IV.1- INTRODUCTION: .....	88
IV.2- LES POMPE: .....	88
IV.3- PROCESSUS DE POMPAGE (FLUIDES DE POMPAGE) : .....	92
IV.3.1 Principes De Pompage : .....	92
IV.3.2- Caractéristiques De La Pompe : .....	92
IV.3.3- Limites De Puissance D'entraînement : .....	94
IV.3.4- Tête Manométrique : .....	95
IV.3.5- Efficacité : .....	97
IV.3.6- Influencer Les Révolutions Et Le Diamètre De La Roue : .....	99
IV.3.7- Cavitation : .....	103
IV.3.8- Aspiration : .....	104
IV.4- POMPE CARACTERISTIQUES DU MOTEUR : .....	105
IV.5- CARACTERISTIQUES DE LA POMPE POUR LE TRANSPORT DU MELANGE : .....	109
IV.6- INFLUENCE DE L'USURE SUR LES PERFORMANCES DE LA POMPE : .....	114
IV.7- AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE POMPAGE : .....	115

IV.8- MODIFICATIONS TECHNOLOGIQUES DES EQUIPEMENTS : ..... 115

IV.9- CONCLUSION :..... 117

**Conclusion generale : ..... 118**

**Référence bibliographique : ..... 119**

## **LISTE DES FIGUERS**

<b>CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES .....</b>	<b>2</b>
Figure I.1: Les éléments constitutifs d'un barrage .....	3
Figure I.2: Barrage K'SOB.....	5
Figure I.3: Vue aérienne du barrage du K'SOB par Google Earth 2022.....	6
Figure I.4: Carte de situation géographique.....	7
Figure I.5: Mode d'envasement.....	9
Figure I.6: Évolution de l'envasement des grands barrages algériens en exploitation en 1962 .....	10
Figure I.7: Processus sédimentaires.....	11
Figure I.8: Formation de la vase au fond de barrage .....	12
Figure I.9: Organigramme du processus d'envasement d'une retenue.....	13
Figure I.10: Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute.....	14
Figure I.11: Schéma de la composition simplifiée des sédiments portuaires .....	15
Figure I.12: Les différentes phases du tassement (d'après Migniot1989).....	18
Figure I.13: Schématisation de la bathymétrie par nivellement .....	21
Figure I.14: Estimation de l'envasement par la méthode de nivellement (Tachéomètre) .....	22
Figure I.15: Schématisation de la bathymétrie par échosondeur .....	23
<b>CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE .....</b>	<b>26</b>
Figure II.1: Schématique la disposition de l'hydro-aspirateur .....	28
Figure II.2: Dragage à benne de verantius 1595.....	30
Figure II.3: Dragage à godets de F.X d'Arles de ligniere 1760 .....	30
Figure II.4: Dragageur d'aspiration de Coupe .....	34
Figure II.5: Tête de coupe.....	35
Figure II.6: Dragage à benne preneuse.....	37
Figure II.7: Représentation schématique Dragage à benne preneuse.....	38
Figure II.8: Dragage à cuiller .....	39
Figure II.9: Représentation schématique Dragage à cuiller .....	39
Figure II.10: Représentation schématique Dragage à godet.....	40
Figure II.11: Dragage à chaîne or à godets.....	40
Figure II.12: Représentation schématique dragage à pelle rétro caveuse .....	41
Figure II.13: Représentation schématique Dragage suceuse simple .....	42
Figure II.14: Sable s'écoulant librement vers la bouche d'aspiration d'un DSS .....	43
Figure II.15: Dragage suceuse simple .....	43

Figure II.16: Représentation schématique Drague suceuse désagrégateur.....	44
Figure II.17: Schéma d'une drague active dans une retenue d'un barrage.....	45
Figure II.18: Représentation schématique Drague suceuse porteuse .....	46
Figure II.19 : Représentation schématique Drague à tarière horizontale (Mudcat) .....	47
Figure II.20: Drague amphibie (Water master) .....	48
Figure II.21: Techniques d'avancement de la drague hydraulique .....	57
Figure II.22: Schéma général de dragage du barrage K'sob .....	59
Figure II.23: Schéma général de dragage du barrage .....	60
Figure II.24: Equipements drague du barrage K'sob M'sila .....	60
Figure II.25: Drague aspiratrice Suceuse à désagrégateurs .....	61
Figure II.26: le cutteur (DOP) [Source étudiant].....	62
Figure II.27: Booster.....	64
Figure II.28: Conduite flottante [source étudiante] .....	65
Figure II.29: Conduite de terrestre [source étudiante].....	65
Figure II.30: Vase stockée [source étudiante] .....	66
Figure II.31: Bassin de stockage [source étudiante].....	66
<b>CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE .....</b>	<b>68</b>
Figure III.1: Pipeline flottant sur pontons.....	70
Figure III.2: Pipeline flottant avec flotteurs .....	70
Figure III.3: Coudes disponibles pour les tuyaux de dragage .....	72
Figure III.4: Tête de pulvérisation .....	73
Figure III.5: Une vie laminaire et une droite turbulente .....	74
Figure III.6: Facteur pour différents diamètres de tuyaux et vitesses d'eau .....	76
Figure III.7: Pertes par frottement dans les conduites droites pour l'eau.....	76
Figure III.8: Modes de transport du mélange sol-eau.....	79
Figure III.9: Perte par frottement pour un mélange ( $dmf < 150 \mu m$ ) .....	82
Figure III.10: Relation entre $S_{\kappa_t}$ et $dmf$ .....	83
Figure III.11: Perte par frottement pour un mélange ( $dmf > 150 \mu m$ ) .....	83
Figure III.12: Transport du mélange sous " vitesse critique.....	84
Figure III.13: Pression d'aspiration disponible (vide) à l'entrée de la pompe.....	86
<b>CHAPITRE 4 : POMPE DE DRAGAGE .....</b>	<b>87</b>
Figure IV.1: Système de dragage DST fonctionnant sur le principe hydraulique.....	89
Figure IV.2: Pompe de dragage de type centrifuge .....	90

Figure IV.3: Salle des pompes in DST avec deux pompes de dragage à paroi simple .....	91
Figure IV.4: Relation entre la pression et le débit générés par une pompe .....	93
Figure IV.5: Courbes pression-débit pour différentes densités de fluide .....	94
Figure IV.6: Effect of constant power lines of the motor on the pump characteristics .....	95
Figure IV.7: Emplacement des compteurs et des émetteurs près d'une pompe.....	96
Figure IV.8: Pression, efficacité et puissance d'une pompe de dragage centrifuge.....	98
Figure IV.9: Caractéristiques de la pompe avec des révolutions modifiées.....	100
Figure IV.10: Caractéristiques de la pompe avec roue modifiée.....	102
Figure IV.11: Cavitation de démarrage et cavitation du carburant près des pales de la turbine, source MTI .....	103
Figure IV.12: Caractéristiques d'une pompe entraînée par un moteur diesel.....	106
Figure IV.13: Caractéristique générale d'une pompe à pleine puissance.....	107
Figure IV.14: Caractéristique générale de la pompe à couple maximal.....	108
Figure IV.15: Vitesse constante et lignes électriques constantes pour différentes densités.....	110
Figure IV.16: Taux d'efficacité $\frac{n_m}{n_w}$ comme fonction off $\rho_m$ et dmf Pour $\rho_g = 2\ 650\ \text{kg} / \text{m}^3$ .....	111
Figure IV.17: Graphiques des mélanges.....	113

## **LISTE DES TABLEAUX .....**

Tableau I.1: List des quelques barrages en Algérie.....	4
Tableau I.2: Les plus simples définitions des facies d'après Allen.....	14
Tableau I.3: La composition chimique de la vase du barrage de K'SOB.....	17
Tableau II.4: Principaux avantages et Inconvénients des options disponibles pour l'excavation des sédiments .....	51
Tableau II.5 : Modifications pouvant être apportées aux méthodes de dragage et de transport des sédiments .....	55
Tableau II.6 : le volume dévasé moyen horaire .....	62
Tableau II.7 : Caractéristiques Technique Drague CSD 350/B060184 .....	64
Tableau 8 : Coefficient de perte pour les coudes $\xi_i$ .....	77
Tableau III.9 : facteurs de coefficient de perte individuels .....	78
Tableau IV.10: Modifications techniques pouvant être apportées aux équipements de dragage et de transport des sédiments.....	117

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

# INTRODUCTION GENERALE

---

## INTRODUCTION GENERALE :

Ces dernières années, l'envasement des barrages en Algérie devient de plus en plus inquiétant et fréquent. Plus de 35.106 m<sup>3</sup> de vase se déposent chaque année au fond des retenues. Le barrage de K'sob n'a pas échappé à ce problème. puisqu'il est envasé actuellement à plus de 58% de sa capacité initiale.

L'envasement de barrages à plusieurs conséquences négatives, dont les plus courantes sont : Réduction de la capacité de stockage du barrage, augmentation des coûts de maintenance, augmentation du risque d'inondation en cas de fortes pluies ou de crues soudaines, réduction de la durée de vie du barrage, diminution de la production d'électricité pour les pays utilisant les barrages comme source d'électricité.

Il existe plusieurs moyens de lutte contre ce phénomène, les chasses, La réalisation des barrages de décantation à l'amont ,le dragage ou le soutirage des courants de densité, ou bien la surélévation ou plus encore l'utilisation nouvelle des barrières végétales. Toutes ces méthodes restent partielles s'il n'y a pas une vision globale du phénomène et qui nécessite le concours de toutes les compétences scientifiques en la matière.

Dans cette étude, nous aborderons l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour lutter contre l'envasement, à savoir le dragage, qui consiste à éliminer la boue et les sédiments du fond des plans d'eau à l'aide de diverses techniques et équipements en fonction des caractéristiques du site et des objectifs spécifiques. Les machines de dragage les plus couramment utilisées comprennent les dragues suceuses, les dragues à godets. Ces machines sont capables d'enlever les matériaux du fond des barrages et des ports et de les transporter vers des zones de dépôt ou de les déverser sur d'autres sites à l'aide de tuyaux et de pompes spéciaux,

Cette étude est divisée en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente le problème de la sédimentation des barrages et des ports et les problèmes qui en résultent. Leurs causes, les méthodes de lutte contre la sédimentation, comment mesurer le pourcentage de limon et les propriétés du limon extrait.

Le deuxième chapitre est une présentation de la technique de dragage utilisée pour contrer le phénomène de sédimentation. Types, avantages et inconvénients de chaque technique et méthode utilisée le barrage de k'sob.

Le troisième chapitre concerne les méthodes de transport des matériaux dragués par pipeline de dragage et décrit ce qui se passe à l'intérieur.

Le quatrième chapitre concerne les pompes de dragage, le principe de fonctionnement de la pompe et ses caractéristiques de transport du mélange (eau + vase).

À la fin de, Certains modifications technologiques apportés à l'équipement qui amélioreront le processus de dragage.

**CHAPITRE I :**  
**PROBLÉMATIQUE D'ENVASEMENT DES**  
**BARRAGES**

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

## I.1- INTRODUCTION :

Les barrages sont les plus grands ouvrages hydrauliques créés pour stocker l'eau provenant des rivières et vallées saisonnières existantes ou permanentes, réguler leur débit, prévenir les risques d'inondation et de sécheresse, utiliser cette eau pour produire de l'énergie électrique propre, compenser les pénuries d'eau en été, usages domestiques, industriels, touristiques, agricoles irrigués, réguler la navigation fluviale et la gestion de l'environnement.

Ces barrages sont exposés à un phénomène naturel appelé « l'envasement », ce phénomène se produit lorsque des sédiments, tels que des particules de sable, d'argile ou de la vase se déposent au fond des cours d'eau, des lacs, des estuaires ou des ports, réduisant la profondeur et le volume d'eau disponible.

Les dépôts de la vase peuvent avoir des conséquences négatives sur les écosystèmes aquatiques et les activités humaines qui dépendent de ces zones. Il peut obstruer les voies navigables, rendant la navigation plus difficile, voire impossible pour les gros bateaux. De plus, il peut affecter la qualité de l'eau en piégeant les polluants et en favorisant la reproduction d'algues et d'autres organismes nuisibles.

Les facteurs contribuant au dépôt de la vase sont multiples. Les principaux sont l'érosion des sols due à l'activité humaine, l'apport de sédiments provenant des bassins versants, des marées et des courants, ainsi que les changements des conditions hydrologiques et des régimes de précipitations. Les activités industrielles, l'agriculture intensive, la déforestation et l'urbanisation accélèrent souvent le processus de dépôt de la vase.

## I.2- LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DE BARRAGE :

Le barrage comprend de nombreux éléments, dont les suivants :

Tranchée parafouille, marnes inférieures ; molasses ; marnes intercalaires ; étanchéité ; paroi moulée ; tapis étanche ; alluvions du Michelbach ; tour de prise ; matériaux de transition ; alluvions propres ; enrochement ; noyau ; alluvions sales ; alluvions propres ; tapis drainant ; puits de décompression. [1]

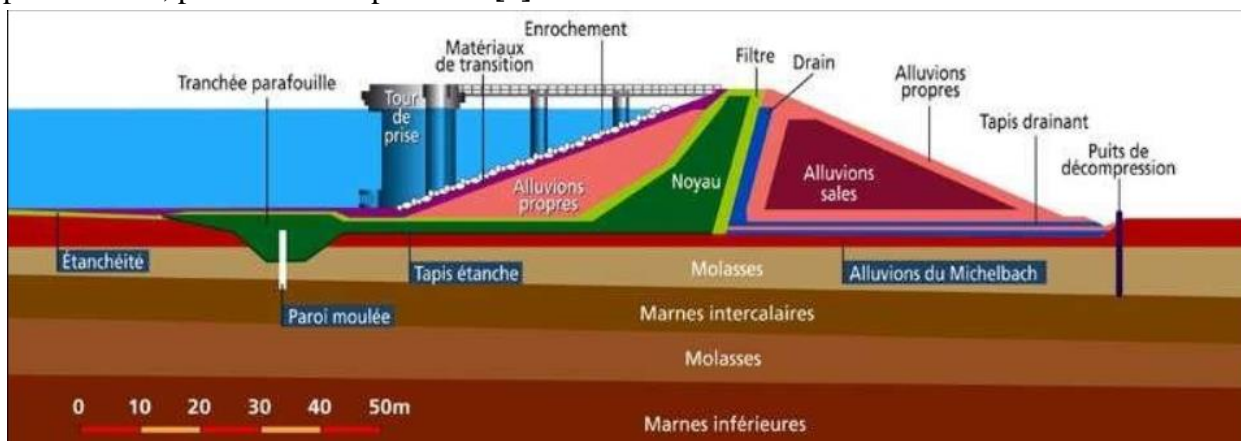


Figure I.1: Les éléments constitutifs d'un barrage.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

## I.3- LES BARRAGES EN ALGERIEN :

Le nombre de barrages achevés jusqu'en 2000 s'élevait à seulement 110 barrages, dont 15 ont été achevés avant l'indépendance et sont pour la plupart de petits et moyens barrages, dont 50 grands barrages d'une capacité supérieure à 10 millions de m<sup>3</sup>. Le volume total de stockage est de 4,908 milliards m<sup>3</sup>. Mais la taille moyenne du stock disponible au cours des dix dernières années est estimée à 1,75 milliard m<sup>3</sup>, seulement l'équivalent de 40% de la capacité totale théorique d'emballage en raison des conditions climatiques (sécheresse) et du problème des barrages boueux.

Des travaux sont également en cours sur un programme de création de 22 nouveaux barrages d'une capacité totale théorique de 7 milliards de m<sup>3</sup>. Tandis que des études sont en cours pour préparer un projet pour 52 autres barrages à l'avenir. [2]

N°	Barrage	Date de la mise en eau	Capacité initiale (Mm <sup>3</sup> )	N°	Barrage	Date de la mise en eau	Capacité initiale (Mm <sup>3</sup> )
1	Souani	2005	47	30	Keddara	1985	145
2	Bouhrara	1999	175	31	Béni Amrane	1988	16
3	Béni Bahdels	1952	63	32	Lekhal	1985	30
4	Mefrouch	1963	15	33	Ksob	1977	30
5	Sidi Abdeli	1988	110	34	Tisedit	2005	167
6	Sarno	1954	22	35	Taksebt	2001	175
7	<b>Ouzert</b>	<b>1986</b>	<b>100</b>	36	Ain Zada	1986	125
8	<b>Bouhanifia</b>	<b>1948</b>	<b>73</b>	37	Ighil Emda	1953	155
9	Fergoug	1970	18	38	Erraguene	1961	200
10	Cheurfas II	1992	82	39	El Agrem	2002	34
11	SM Benaouda	1978	235	40	Béni Hroun	2004	960
12	Bakhada	1963	56	41	H.Grouz	1987	45
13	Dahmouni	1987	41	42	Béni Zid	1993	40
14	Merdja	1984	55	43	Guenitra	1984	125
15	<b>Gargar</b>	<b>1988</b>	<b>450</b>	44	Zardezas	1977	27
16	Sidi Yakoub	1985	280	45	Zit Emba	2001	117
17	Bouguera	1989	13	46	H. Debagh	1987	200
18	Kouidat Rasfa	2004	75	47	Oued Cherf	1995	157
19	Oued Fodda	1932	228	48	Ain Dalia	1987	82
20	Oued Mellouk	2004	127	49	Chafia	1965	171
21	Harreza	1984	70	50	Mexa	1998	47
22	Deurdeur	1984	115	51	K. Medaouar	2004	69
23	Ghrib	1939	280	52	F. El Gueiss	1939	3
24	Boughezoul	1934	55	53	Babar	1995	41
25	Boukourdane	1992	97	<b>54</b>	<b>Foum Gherza</b>	<b>1950</b>	<b>47</b>
26	Meurad	1860	1	55	F. Gazelles	2000	55
27	Bouroumi	1985	188	56	Brezena	2000	122
28	Ladrat	1989	10	57	Djorf Torba	1969	350
29	Hamiz	1935	21				

**Tableau I.1: List des quelques barrages en Algérie.**

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

## I.4- GENERALITES SUR OUED ET BARRAGE K'SOB :

M'sila est la 28ème Wilaya de l'Algérie, elle s'étale sur une superficie de 18175Km<sup>2</sup>, avec Plus d'un million d'habitants. Elle s'éloigne de la capitale Alger de 248Km, avec un climat semi- aride et de vocation agro- pastoral. Fondée en 1935 la wilaya contient des gisements de calcaire et d'argile et dispose d'un grand réservoir de sable quartzeux dunaire. L'utilisation de ce sable est élargie à la production du plâtre, céramique ainsi que le ciment.

Le Barrage K'sob est situé à « Hamman » entre les monts de K El Ouerad et Djebel El Groun à 15 Km au nord de la ville de M'sila sur la route nationale en direction vers la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Il fut construit à cet endroit sur l'oued K'sob entre les années 1934 et 1940 permettant l'irrigation du périmètre agricole de la Commune de M'Sila,

Le K'sob est le plus tellien des rivières du Hodna, son bassin versant s'étend jusqu'à Medjez, station située à environ 8 Km. Il pénètre dans la Medjana après avoir franchi des collines éocènes et miocènes. Son affluent, la rivière Oussedjit-Rhedir, né entre 1700 et 1750 mètres sur le versant Nord de la montagne Sidi Sahab, traverse le bassin synclinal de Bordj Ghedir, puis une zone de collines burdi galiennes avant de se jeter dans le K'sob. Celui-ci, après le confluent, prend une direction Sud-Ouest et contourne le djebel Maadid dans une vallée encaissée qu'il élargit de ses méandres.

Le barrage assurait dans les années 70 l'irrigation de 13000 hectares de terres agricoles, unique à l'échelle de la wilaya, ce barrage n'arrose plus aujourd'hui que 4840 hectares du fait de son envasement avancé. [2]



Figure I.2: Barrage K'SOB.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

## I.5- PRESENTATION DU BARRAGE DE K'SOB :

Le Barrage K'SOB est situé à 15 KM au nord-est de la ville de M'sila sur la route nationale N45 en direction vers la Wilaya de B.B.A, entre les monts de Kef El OUERAD et Djebel El Gruon. Le barrage a été construit sur l'oued K'SOB entre les années 1934 et 1940, pour l'utiliser dans l'irrigation du périmètre agricole de la Commune de M'Sila.

La capacité initiale du barrage est de 12Hm<sup>3</sup>, elle se trouve réduite à 3Hm<sup>3</sup> en 1970 à cause de l'envasement progressif de la retenue. Pour remédier à cette situation, la surélévation du barrage K'SOB a été prévue dans le cadre du premier plan quadriennal.

La surélévation du barrage sur une hauteur de 15m portera la capacité utile de la retenue à 29.5 Hm<sup>3</sup> et assurera une régularisation à l'irrigation de 13000Ha dont 4250Ha pour la culture intensive (culture maraîchère, arbres fruitiers et fourrage etc....) et 2000 Ha pour la culture de céréales.

La surélévation de 1972 à 1976 est à voûtes multiples sur contreforts, encadrés de deux culées formant barrage-poids. Il est composé de quarante-deux (42) voûtes s'appuyant sur deux culées poids de rive et sur quarante et un (41) contreforts dont trente (30) dans la partie centrale. Ce sont des contreforts à béquilles et onze (11) sont des contreforts de l'ancien barrage simplement plongé sans béquilles ni précontrainte. La stabilité latérale est assurée par deux passerelles horizontales superposées et une paroi verticale antisismique reliant entre eux les sommets de tous les contreforts, ainsi que les divers diaphragmes sont renforcés en traversant le barrage de bout en bout, ce qui lui confère une résistance accrue au tremblement de terre. [3]



Figure I.3: Vue aérienne du barrage du K'SOB par Google Earth 2022.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

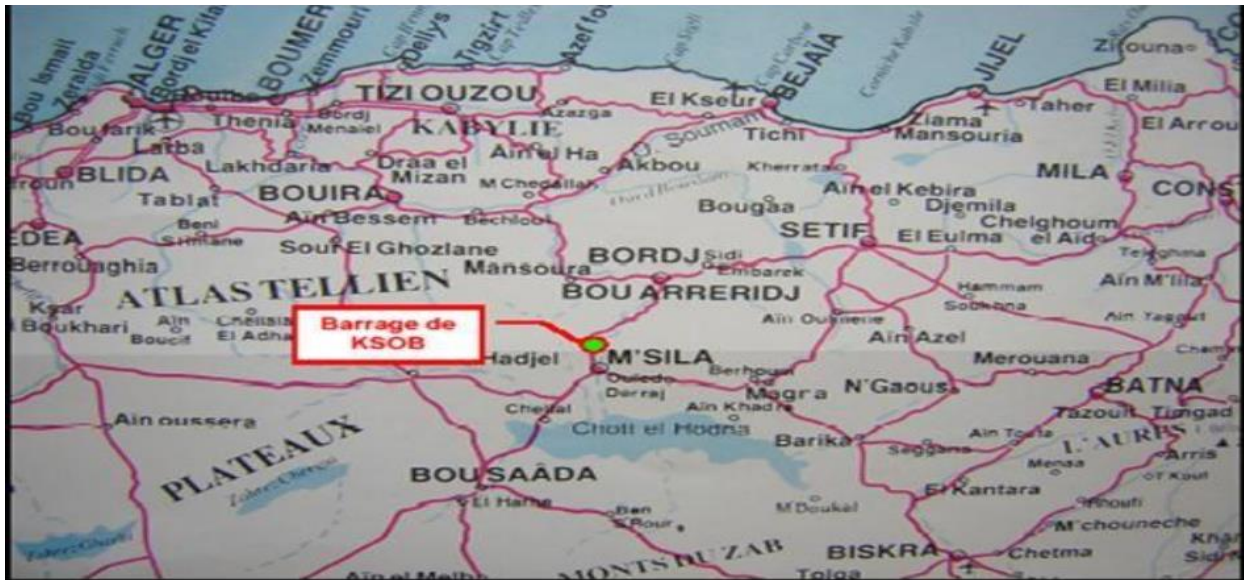
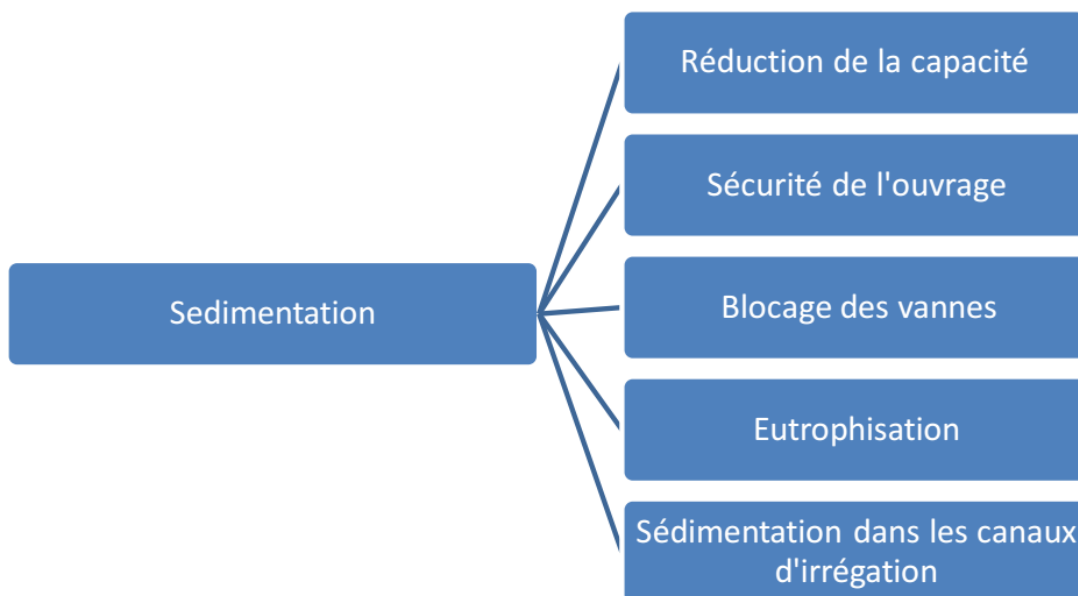


Figure I.4: Carte de situation géographique.

## I.6- PROBLEMES DE L'ENVAISEMENT DES BARRAGES :

L'envasement des barrages pose d'énormes problèmes au niveau du réservoir lui-même, mais aussi en amont et en aval du réservoir. Elle entraîne la réduction de la capacité utile du barrage, le blocage des organes de vidange, la sédimentation peut mettre la stabilité de l'ouvrage en danger. Elle peut aussi accélérer l'eutrophisation du lac. Les sédiments en suspension dans l'eau distribuée par les canaux, à partir des barrages, se déposent dans ces ouvrages, réduisent leur débitante, et rendent difficile leur exploitation, et elle a même un impact sur la qualité de l'eau. [4]



# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

## a) Réduction de la capacité :

La réduction de la capacité de stockage de l'eau est sans aucun doute la conséquence la plus dramatique de l'envasement. Chaque année, le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue. [4]

## b) Sécurité de l'ouvrage :

L'envasement pose un problème sur la stabilité de l'ouvrage. On sait que pour une variation linéaire de la hauteur de la vase, la poussée progresse au carré de la hauteur

La sédimentation des retenues a un impact sur la sécurité des barrages, par la mise en danger de la stabilité de l'ouvrage du fait de l'augmentation de la force hydrostatique produite par le remplacement accéléré du volume d'eau par la vase. Ceci se traduit par l'accroissement de la masse spécifique qui peut atteindre 1,8 t/m<sup>3</sup>.

Ce cas a été signalé aux barrages de Zardezas, et de K'SOB. ont signalé que si le taux de comblement d'une retenue dépasse 50% de la capacité initiale et la vase est en contact de l'ouvrage, dans ce cas, il faut prendre au sérieux la stabilité du barrage. [4]

## c) Blocage des vannes :

La présence des courants de densité dans une retenue accélère la sédimentation, et peut avoir comme impact l'obturation des organes de vidange. La non maîtrise du mécanisme des courants de densité peut avoir un effet néfaste sur les vannes de fond. En effet, l'ouverture tardive des vannes de fond, par rapport à l'arrivée des courants de densité, favorise la consolidation des vases près des pertuis de vidange et rend plus difficile leurs manœuvres.

• Des exemples ont été donnés :

1/ Barrage de Oued el Fodda (Chlef) : la vanne de fond a été bloquée depuis 1949 et se trouve maintenant sous plus de 40 m de vase.

2/ Barrage Chambon (France) : la vanne a été obturée en 1955, la solution adoptée a été la construction d'une nouvelle vanne de vidange, achevée en 1962.

3/ Barrage Foum el Gherza (Biskra) : la vanne de fond a été bloquée de 1982 à 1989.[4]

## d) Accélération de l'eutrophisation :

Une fois déposées, les particules solides se tassent, et se consolident suivant leur nature, et les conditions physico-chimiques du milieu. Du fait de l'eutrophisation qui en résulte, la qualité de l'eau se dégrade très sérieusement. Plusieurs cas ont été signalés dans la région de l'Afrique du nord. En effet, les déficits en oxygène, enregistrés près du fond du barrage El Khattabi (Maroc) au cours de la saison d'été, ont provoqué une activité de biodégradation dans les zones profondes (2001). [4]

## e) Sédimentation dans les canaux d'irrigation :

Un autre problème délicat pose par la sédimentation qui s'étend cette fois-ci à l'aval du barrage. En effet, l'irrigation par l'eau chargée provoque le dépôt des sédiments dans les Canaux. La section mouillée diminue avec le temps et par conséquent le débit d'écoulement. Ce problème impose leur entretien, et leur dévasement d'une manière périodique.

Selon Badraoui A. et Hajji A. (2001) au Maroc, plusieurs canaux d'irrigation s'ensavent à chaque opération d'irrigation. C'est le cas du canal de la rocade qui alimente les périmètres du

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

Haouz central, et la ville de Marrakech. Les périmètres de Habra, dans l'ouest algérien, S'ensavent à chaque opération d'irrigation. Il arrive souvent que les siphons se bouchent par la consolidation de la vase, et le curage devient donc indispensable, et d'une manière régulière. Les eaux chargées de matériaux fins forment un courant de densité qui s'écoule sur le long de la retenue et transportent ainsi la vase jusqu'au pied du barrage. D'après DUQUENNOIS. H (1952-1957) la formation des courants de densité dans une retenue est conditionnée par deux paramètres :

1. Un apport solide important «concentration élevée» dans la retenue.
2. Un écoulement torrentiel à l'entrée de la retenue «Le court d'eau principal présente une Forte pente». Ces écoulements peuvent se faire : Au-dessous «Under flow», Au-dessus «Overflow», à travers «Interflow». Dans ce trajet, les sédiments se déposent, des plus grandes particules aux plus petites, de l'amont vers l'aval de la retenue : voir figure (I.5).

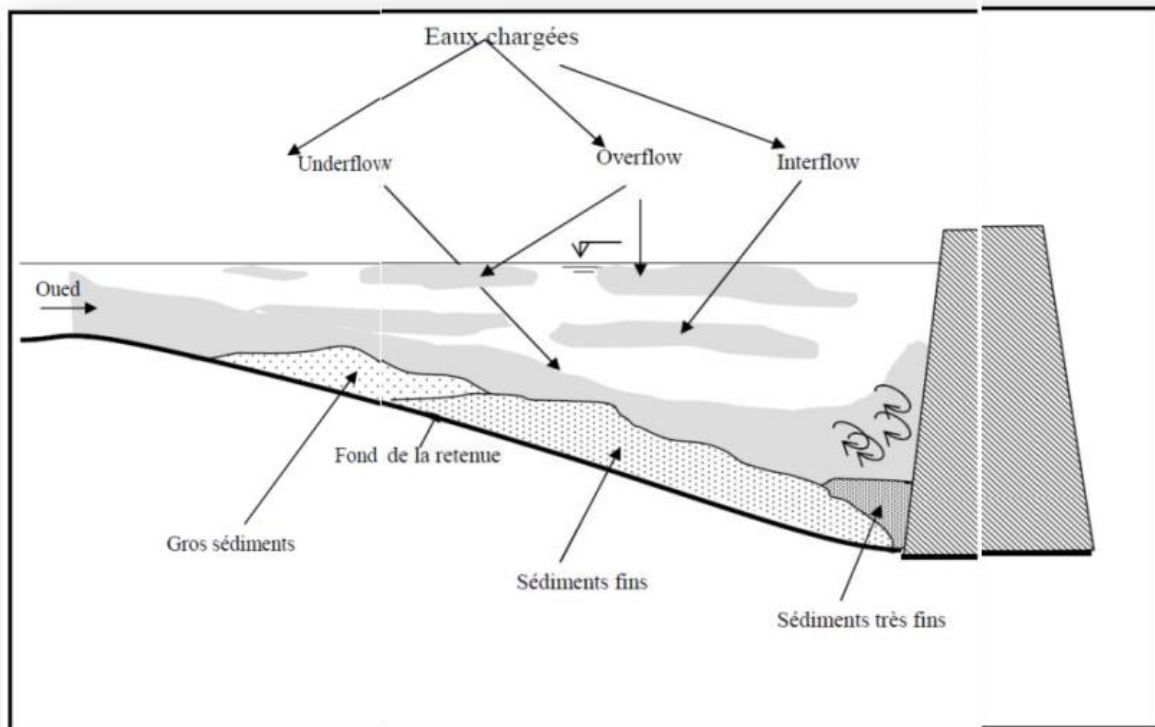


Figure I.5: Mode d'envasement.

Les différents mécanismes de l'envasement dépendent du type de retenues (morphologie) et les conditions de sédimentation existant à l'amont de la retenue (érosion et transport solide).

La morphologie de chaque retenue est déterminée par son état antérieur. Par ailleurs, la forme de la retenue, la circulation de l'eau, et les apports solides ont une grande influence sur la nature et la vitesse de l'alluvionnement de la retenue.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

La nature des matériaux déposés (la taille, forme, concentration, vitesse de chutes et densité des particules jouent un rôle important), la présence ou l'absence de stratification, et la cohésion du dépôt solide dépendent surtout des mécanismes de sédimentation et des formes de l'écoulement qui conduira à la décantation. [4]

## I.7- HISTORIQUE DE L'ENVASEMENT DES BARRAGES ALGERIENS :

Le premier barrage construit en Algérie est le barrage de SIG en 1846, Il a été abandonné faute de son envasement rapide.

En 1890, il existait en Algérie neuf barrages, d'une capacité de 61 Million de m<sup>3</sup> et un volume de vase de 2,7 Million m<sup>3</sup>.

En 1957, les barrages d'Algérie d'une capacité de 900 Million de m<sup>3</sup> avaient accumulé près de 200 Million de m<sup>3</sup> de vase. Cette capacité a atteint 1 milliard de m<sup>3</sup>.

en 1962, à partir de cette date, le nombre de barrages a augmenté considérablement. Récemment, l'Algérie dispose de 74 grands barrages d'une capacité totale de 08 Milliard de m<sup>3</sup>, la plupart de ces barrages ont été réalisés dans les 40 dernières années,

les années 80 ont connu des taux d'envasement avoisinant les 20 millions de tonnes annuels alors que les années 90 ont atteint déjà les 35 millions de tonnes annuels,

les années 2000 vont crescendo et grimpent à la valeur de 45 millions de tonnes annuels, Tous les spécialistes s'accordent à dire que les années à venir seront très dures pour les zones arides et semi-arides. [5]

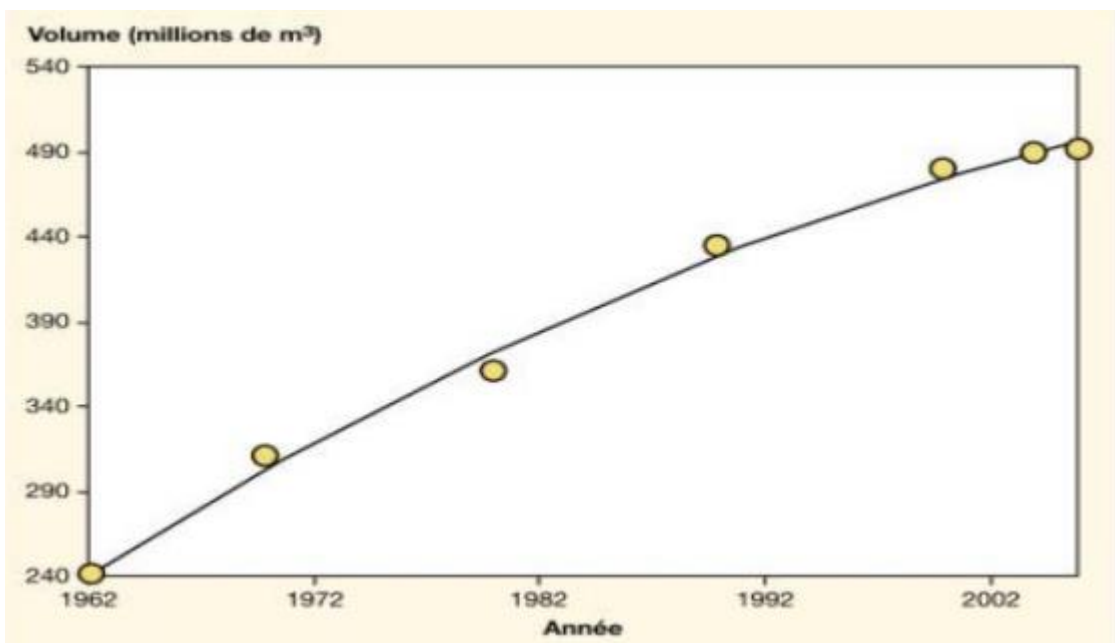


Figure I.6: Évolution de l'envasement des grands barrages algériens en exploitation en 1962.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

## I.8- CAUSES ET ORIGINE DE L'ENVAISEMENT :

L'envasement des retenues et des estuaires est lié directement aux phénomènes de l'érosion. Nous avons retenu la définition qui combine l'arrachement (creusement de la surface du sol, dégradation et altération des roches), le transport et le dépôt de matériaux.

Il ressort dans les processus de l'érosion que l'eau en est le principal agent moteur. Elle est la cause première de l'altération des roches qui donnent des particules, du détachement et de l'arrachement des agrégats. L'énergie cinétique développée par le ruissellement permet l'enlèvement des agrégats détachés, le creusement du sol et le transport des matériaux qui sont déposés ou accumulés progressivement avec la dissipation de cette énergie. [6]

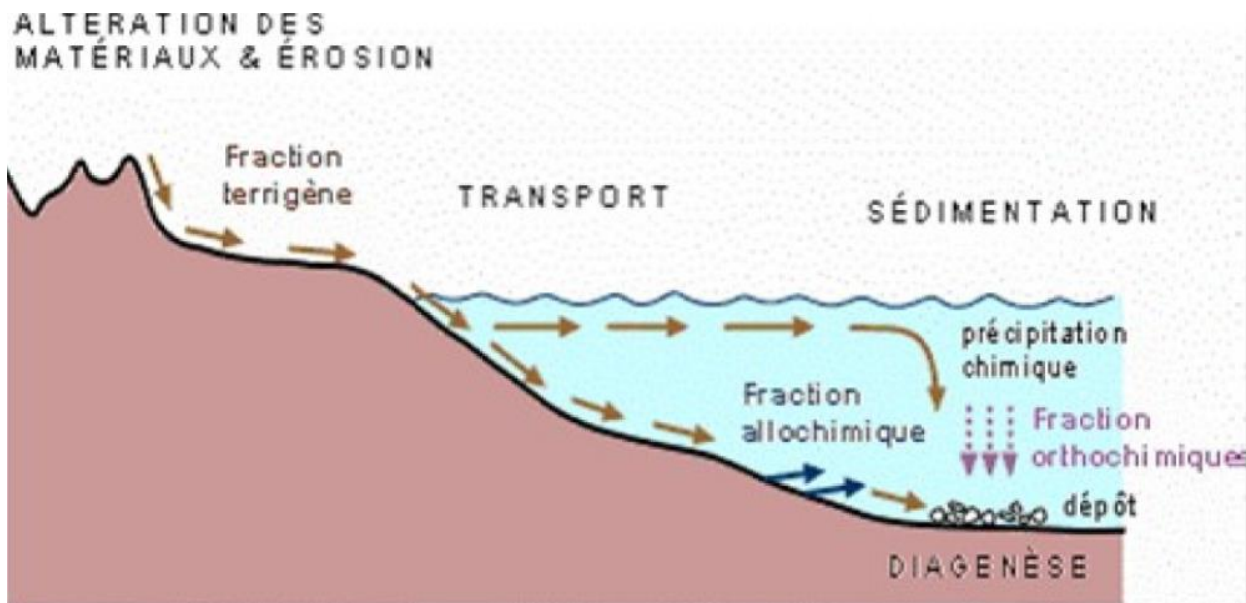


Figure I.7: Processus sédimentaires.

### a) Le climat :

Le climat est un facteur important qui influe sur l'érosion hydrique par la nature des précipitations et des températures. Un climat agressif comme celui des régions aride et semi-aride est caractérisé par des pluies de grandes intensités pendant un temps court et des longues périodes de sécheresse, les deux éléments accentuent remarquablement l'érosion. La température élevée permet d'assécher et de fissurer le sol ce qui augmente sa vulnérabilité à l'érosion et les fortes pluies viennent avec des énergies cinétiques élevées pour détacher et emporter un maximum de sol déjà très faible. [6]

### b) Le sol :

Il est caractérisé par son type sa texture et son état. En saison sèche l'humidité du sol est presque nulle, dans cet état le sol perd tout sa cohésion, il présente à cet effet un texture détachée des grains, ce qui favorisera l'érosion hydrique lors des premières pluies. Il influe de même sur le ruissellement par ses capacités d'infiltration et rétention. [6]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

## c) Les labours inadaptés :

Le travail du sol présente deux effets antagonistes vis-à-vis de l'érosion hydrique : D'une part il limite l'érosion en augmentant la perméabilité et la capacité de rétention du sol et d'autre part il la favorise en diminuant la cohésion et la stabilité structurale du sol pour les faibles pluies. [6]

## d) Les pentes :

Le bassin versant du K'sob présente des fortes variations d'altitude entre la crête et le cours d'eau principal, on remarque que 70% de la surface totale du bassin versant est comprise entre les altitudes 900 et 1700 m, ce qui explique que le bassin versant du K'sob est situé dans la zone des hauts plateaux. Il est évident qu'il y a une forte corrélation entre le degré de pente et la sensibilité à l'érosion des versants du bassin du K'sob. [6]

## I.9- ETAPE DE L'ENVAISEMENT D'UN BARRAGE :

Le processus de l'envasement d'un barrage débute dans la première phase par l'arrachage des particules fines de leurs positions initiales par le ruissèlement.

Dans la seconde phase, les sédiments seront drainés par les cours d'eau jusqu'au barrage. Enfin dans la troisième partie, les particules seront piégées pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage.

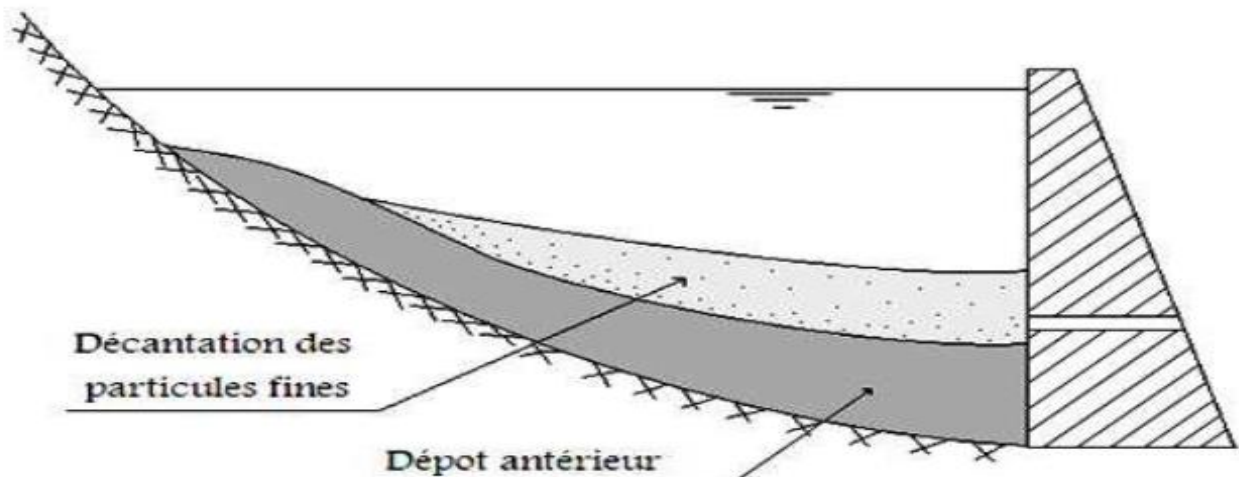


Figure I.8: Formation de la vase au fond de barrage.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

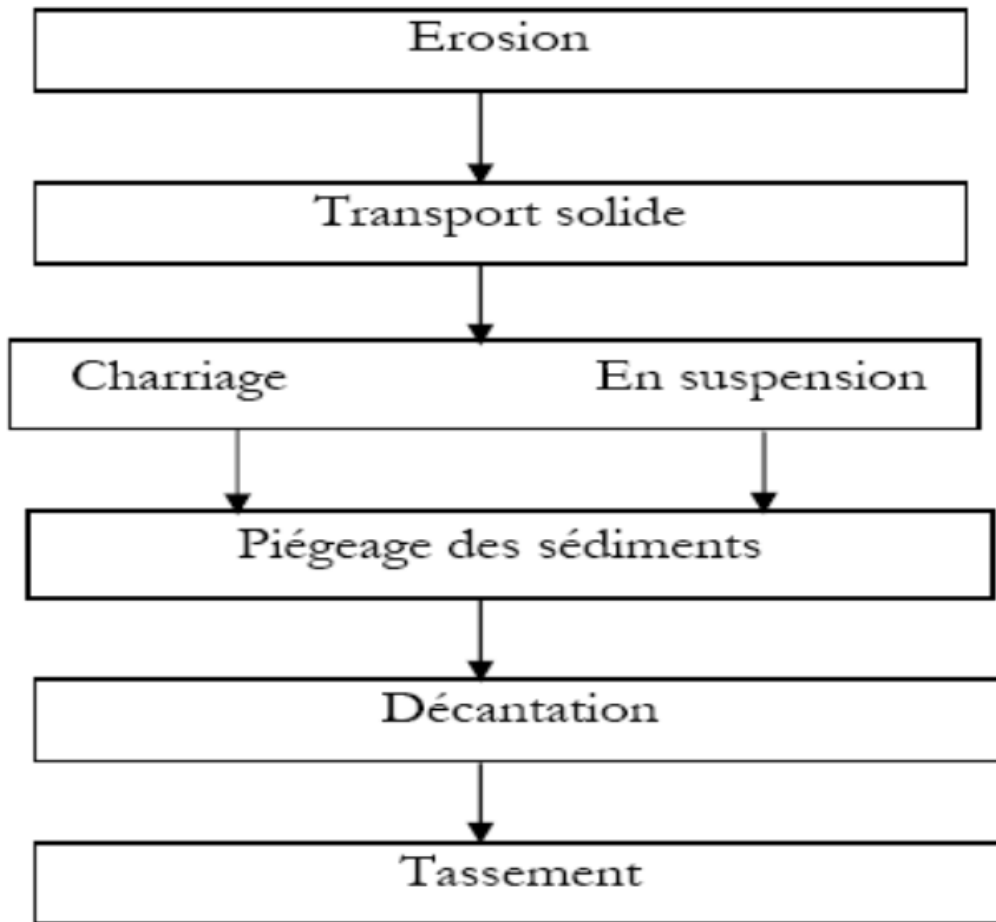


Figure I.9: Organigramme du processus d'envasement d'une retenue.

## I.10- DEFINITION DE LA VASE :

Le nom de vase (mot emprunte au Néerlandais) est la désignation d'une large teneur en eau importantes. Elles contiennent une phase minérale dont la granulométrie appartient à la famille de sédiments fins, argileux, plus ou moins organiques, pouvant atteindre des s'étend des sables, aux argiles et aux colloïdes, une phase organique et une phase liquide.

La vase peut se présenter aussi bien à l'état de suspension (crème de vase) que de sol cohérent (sédiment cohésif) présentant alors un caractère plastique, compressible et thixotropique. Elle contient souvent l'habitat d'une faune riche et diversifiée (vers, mollusques, bactéries). Les vases sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, dont la matière organique M.O est comprise entre 2 et 10%. Elles sont composées de sable, limon, argile et de colloïdes organiques. Elles sont en particulier très abondantes dans les estuaires. Elles sont fréquemment thixotropes. [7]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

La Figure I.10 donne un exemple de passage de remblai de l'autoroute sur une épaisseur importante de la vase.

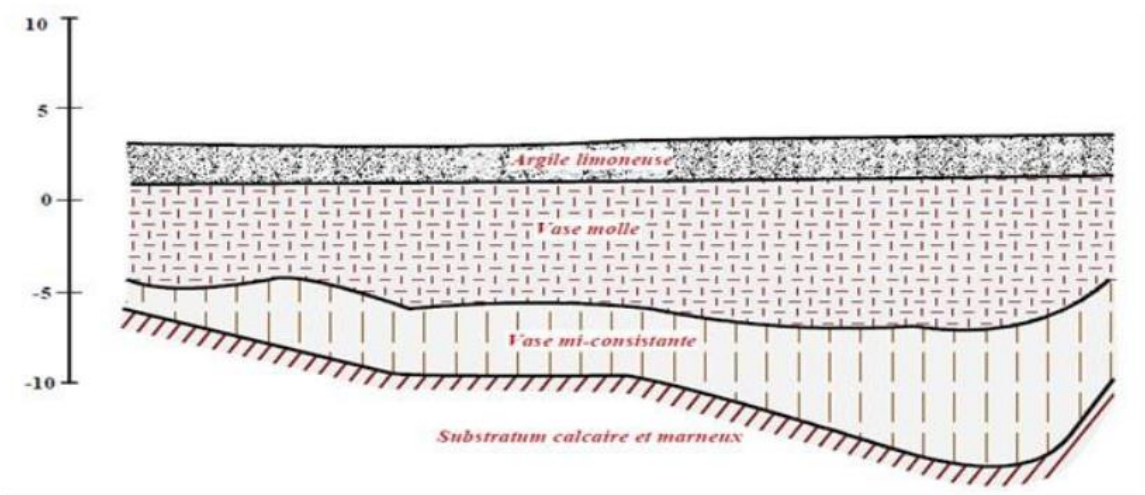


Figure I.10: Traversée de la vallée de la Charente par l'autoroute.

## I.10.1- Définition proposée par Mignot :

Les vases sont des sédiments complexes qui couvrent une gamme étendue de Particules inférieure 40 microns mais peuvent contenir une quantité notable d'éléments sableux. Les différentes classes sédiments interviennent rarement seules. [7]

Dénomination	Caractéristiques
Sable	Plus de 80 % d'éléments supérieurs à 50 $\mu$ m
Sable vaseux	De 20 à 80 % d'éléments supérieurs à 50 $\mu$ m
Vase	Plus de 80 % d'éléments inférieurs à 50 $\mu$ m

Tableau I.2: Les plus simples définitions des facies d'après Allen.

## I.11- COMPOSITION DES VASES :

### I.11.1- Structure physico-chimique des vases :

Les sédiments se composent d'une fraction solide et d'une fraction liquide (eau) qui est intimement liées les unes aux autres. Les proportions respectives de chacune de ces fractions sont variables d'un milieu à un autre mais demeurent dans une fourchette, qui par expérience, peut être estimée si l'on considère des matériaux de type vases.

IL y a quatre éléments principaux qui constituent les vases :

- ✚ La matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates).
- ✚ La fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite).

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

- + La fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acide folique et humiques).
- + Une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

La distribution granulométrique d'un sédiment constitue son empreinte physique, elle caractérise la taille des particules, constituant la phase solide du matériau. Pour l'obtenir, il est procédé à un tamisage mécanique. En dessous d'une taille de 20 $\mu\text{m}$ , il est nécessaire de recourir à des mesures au laser, qui utilisent le principe de la diffraction de la lumière cohérente sur un écoulement d'une suspension très diluée de fines. Il est communément considéré que les «Vases» correspondent à la fraction inférieure à 63 $\mu\text{m}$ . [7]

Le schéma ci-dessous retrace les grands ensembles de la composition des sédiments portuaires vis-à-vis notamment de leur siccité ou de leur granulométrie. Voir Figure I.11:

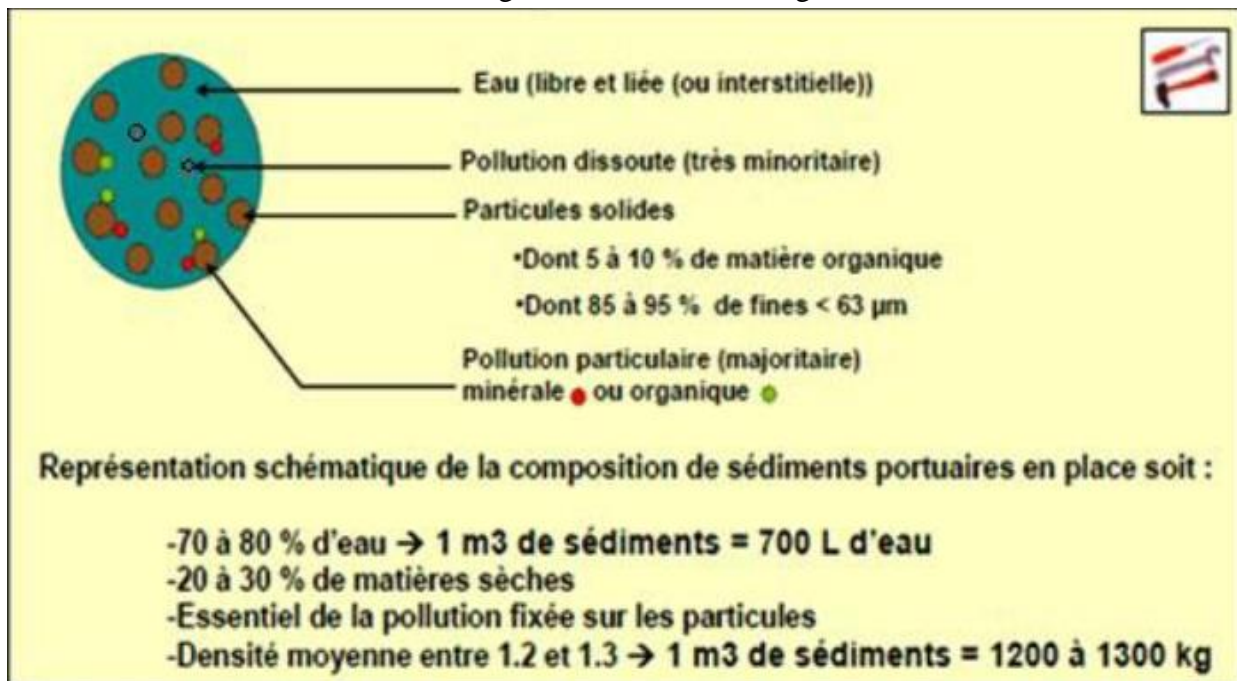


Figure I.11: Schéma de la composition simplifiée des sédiments portuaires.

## I.11.2- Rhéologie des vases :

L'étude rhéologique des vases permet de déterminer des paramètres importants pour préciser leur comportement sédimentaire sous une action hydrodynamique. L'un des moyens définissant le mieux de caractère liquide, plastique ou solide, d'une vase, est la rigidité initiale.

Les vases à l'état liquide se comportent en écoulement laminaire comme des fluides dont les paramètres sont indépendants du temps de cisaillement. On peut utiliser les modèles rhéologiques à un, à deux ou à trois paramètres. [7]

La loi d'écoulement s'écrit :  $\tau = F(G)$

$\tau$  : est la contrainte de cisaillement

$G$  : la vitesse de déformation.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

Les vases et d'autres mixtures homogènes sol/eau (argile-eau, silts-eau) sont composés d'eau et de grains de sol dont les dimensions moyennes sont comprises entre environ 1 et 80  $\mu\text{m}$ . Elles se comportent comme un ensemble si la concentration est élevée, et ayant dans ce cas des propriétés des corps viscoplastiques.

Elles peuvent être transportées en régime laminaire, transitoire et turbulent. Par contre les mixtures hétérogènes contenant des particules grosses dont les dimensions moyennes sont supérieures à environ 80 $\mu\text{m}$ . sable/eau, galet/eau, se comportent comme des systèmes diphasiques et ne peuvent en général être transportées qu'en régime turbulent. Le cisaillement rhéologique ne dépendant pas du temps, leur comportement est influencé surtout par la concentration moyenne (C v).

Cv : la concentration moyenne

G : vitesse de déformation

$\tau$  : est la contrainte de cisaillement.

### I.11.3- Les analyses chimiques :

Les analyses chimiques ont le but de déterminer la composition quantitative de la vase en oxydes et confirmer les résultats de l'analyse minéralogique.

Caractéristiques	La Vase De Bassin N° 03(%)	La Vase De Bassin N° 04(%)
	<b>La silice SiO<sub>2</sub></b>	<b>38.81</b>
<b>L'alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>12.8</b>	<b>12.21</b>
<b>L'oxyde de fer Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>4.96</b>	<b>4.82</b>
<b>Oxyde de calcium CaO</b>	<b>17.53</b>	<b>17.85</b>
<b>Oxyde de Magnésium MgO</b>	<b>2.06</b>	<b>2.06</b>
<b>Sulfur trioxide SO<sub>3</sub></b>	<b>0.19</b>	<b>0.27</b>
<b>Oxyde de Potassium K<sub>2</sub>O</b>	<b>1.61</b>	<b>1.54</b>
<b>L'oxyde de sodium Na<sub>2</sub>O</b>	<b>0.26</b>	<b>0.29</b>
<b>Phosphorus pentoxide P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0.25</b>	<b>0.217</b>
<b>L'oxyde de Titane TiO<sub>2</sub></b>	<b>0.68</b>	<b>0.659</b>

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

La suite de tableau

Oxyde de chrome (III) Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018	0.017
L'oxyde de magnesite Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.053	0.053
Zinc oxide ZnO	0.009	0.009
L'oxyde de Strontium SrO	0.04	0.043
Perte au feu PAF	20.25	20.09
Chlore Cl	0.06	0.023
Moisture	8.9	8.17

**Tableau I.3: La composition chimique de la vase du barrage de K'SOB.**

La vase est composée d'un pourcentage important de silice, de l'ordre de 38.81\_39.61% et de 12.8\_12.21% d'alumine. Ces deux oxydes confirment l'analyse minéralogique de la vase et l'existence de la kaolinite et l'illite qui sont des minéraux argileux composés principalement des feuilletes de l'alumine et de silice.

Le pourcentage de la perte au feu est remarquable, de l'ordre de 20.25\_20.09% justifié par la présence de la matière organique et un pourcentage de chaux de 17.53\_17.85%. [8]

## **I.12- PROCESSUS DE DECANTATION ET DE TASSEMENT DES VASES :**

Une retenue de barrage est une zone d'eau calme où les courants sont atténués c'est-à-dire la présence de la retenue entraîne des hauteurs d'eau temporaires pour les rivières qui s'y jettent et qui deviennent propices au dépôt de sédiments dans des zones d'eau relativement calme.

De plus, une retenue joue le rôle d'entonnoir vis-à-vis des masses d'eaux provenant des bassins versants, auquel s'ajoute un effet de stagnation des eaux dans un espace semi clos.

Elle est donc un territoire privilégié pour le dépôt des particules fines, et joue à l'évidence le rôle de piéger pour la vase. Les processus physico-chimiques de floculation, agrégation et de décantation participent aussi à l'accumulation des sédiments sur le fond. La caractérisation physico-chimique des sédiments est donc primordiale pour la compréhension des phénomènes de sédimentation et de transport des sédiments c'est-à-dire les propriétés physique-chimiques du cours d'eau ont également une influence sur la sédimentation.

D'après les théories de sédimentation de [KYNCH 1952] et de consolidation de [GIBSON 1967], le tassement des vases peut se subdiviser en deux phases : la première phase, c'est la sédimentation en l'absence des contraintes effectives  $\sigma'$ , et la deuxième c'est la consolidation qui commence quand ces contraintes  $\sigma'$  apparaissent.

D'après [MIGNIOT 1989] qui a étudié en laboratoire simultanément les processus de sédimentation et de tassement de plus de 30 vases d'origines diverses. Le suivi de l'évolution de la

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

concentration moyenne d'un culot de tassement en fonction du temps lui permet de distinguer d'une façon générale plusieurs phases. Figure I.12 [9]

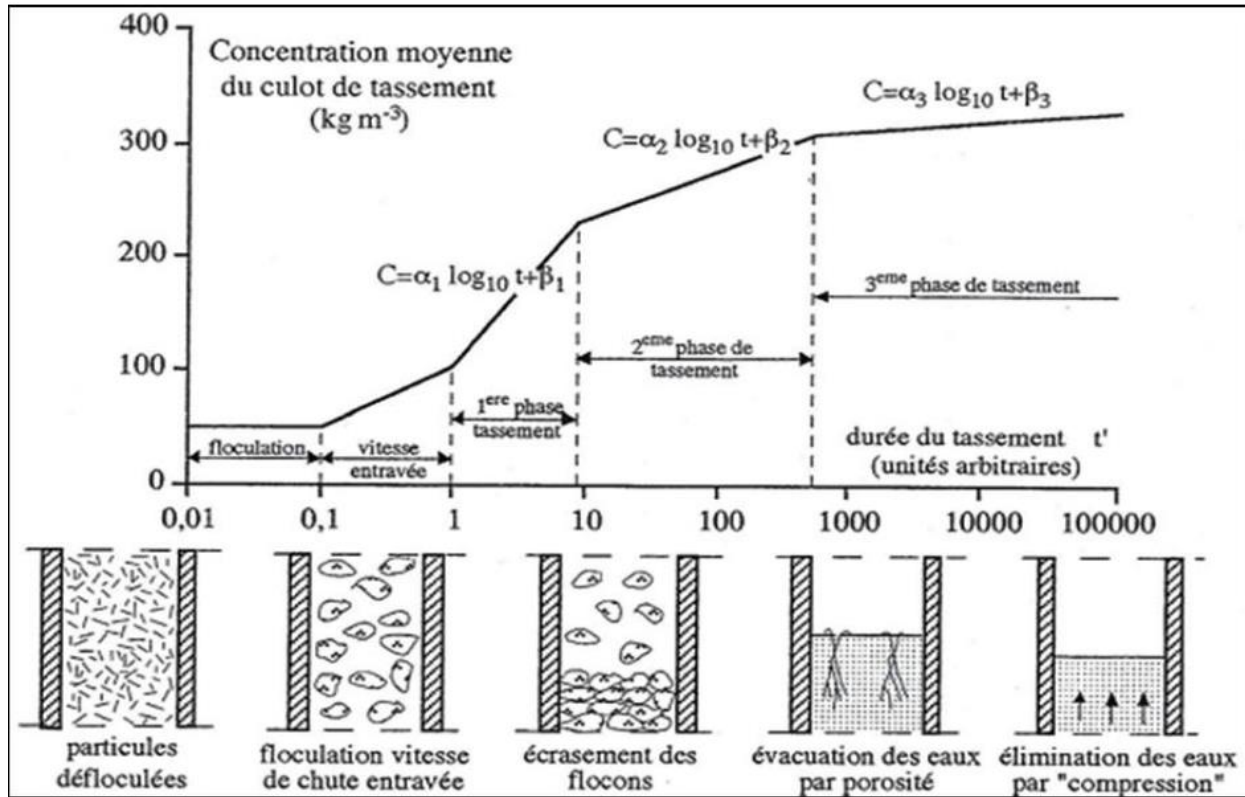


Figure I.12: Les différentes phases du tassement (d'après Migniot1989).

La courbe donnant la concentration moyenne du culot de tassement en fonction du Logarithme du temps permet de distinguer plusieurs phases successives :

**a) Le temps de floculation de quelques minutes en moyenne :**

C'est-à-dire au début du processus, les particules élémentaires constituant la vase vont s'agglomérer pour former des agrégats dont la vitesse de chute est nettement plus importante que celle des particules à l'état individuel, c'est la floculation qui dure quelques minutes en moyenne. [9]

**b) La chute des flocons à vitesse entravée :**

Ensuite, on observe successivement la chute des flocons à vitesse entravée

3. Phase01 : La première phase de tassement avec l'élimination d'une partie d'eau interstitielle libre (écrasements des flocons).
4. Phase02 : La deuxième phase de tassement, plus lente, correspond à l'évacuation de l'eau par les porosités.
5. **Phase03** : la troisième phase de tassement très lente, se traduit par un arrangement de la structure du dépôt et une perte d'eau des couches adsorbées. Si ces différentes phases du phénomène de tassement sont toujours observées, on doit aussi signaler que chaque matériau a sa propre courbe de

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

---

tassement qui dépend également des conditions initiales.

En état de consolidation, la vase aura des caractéristiques différentes selon ses propriétés et le milieu dans lequel s'effectue le tassement. [9]

Ce sont les paramètres suivants qui influent ces propriétés :

1. Les dimensions des particules : d'après Mignot, dans la formule du tassement en fonction du temps:

$$C = \alpha \log t + \beta$$

C: Concentration de la suspension (kg/m<sup>3</sup>)

$\alpha$  : Le coefficient dépend du diamètre des grains : c'est une fonction décroissante avec le diamètre des particules pour toutes les phases du tassement.

- Phase de décantation des flocons :  $\alpha = 0,01 + 0,05 d$
- Phase d'élimination des eaux interstitielles :  $\alpha = 0,01 + 0,015 d$
- Phase d'élimination des eaux fixées aux micelles :  $\alpha = 0,01 + 0,001 d$ .

2. Le milieu aqueux : les éléments chimiques dissous dans l'eau, ont une Influence variable sur le tassement des particules en suspension.

$\beta$  : Le coefficient qui dépend de l'état du milieu aqueux (salinité).

## c) Les conditions initiales de sédimentation :

pour apprécier l'influence des conditions initiales, les deux paramètres surveillés sont :

- **La vitesse de tassement** : Des mesures des vitesses de chute en eau calme en fonction de la concentration [MIGNOT, THORN, SANCHEZ] ont montré que pour des concentrations faibles la vitesse de chute augmente régulièrement avec la concentration, mais à partir d'une certaine concentration (de l'ordre de 5 à 10 kg m<sup>-3</sup>, selon les sédiments qui ont été étudiées), la vitesse de chute commence à diminuer quand la concentration augmente.
- **Le tassement final** : Les paramètres influents sont la hauteur et la concentration en particules à l'état initial. Plus ces deux paramètres sont élevés plus le tassement final est important, mais plus la vitesse est faible, le mouvement ascendant de l'eau drainée permettant la consolidation est gêné.
- **Les matières organiques** : leur présence est limitative du tassement, par la formation de gaz lors de leur décomposition qui perturbent la concentration des dépôts.

[MIGNOT 1989].

$$C = C_0 h_0 / \rho_s h t$$

C<sub>0</sub>: Concentration initial (kg/m<sup>3</sup>).

h<sub>0</sub> : hauteur initiale.

$\rho_s$  : Masse volumiques des sédiments.

h t : hauteur du culot a l'instant t.

## d) La présence de sable :

Elle favorise de façon générale le tassement. Le drainage de l'eau se fait plus facilement lorsque des grains sont dispersés dans les sédiments. (C'est-à-dire les possibilités d'évacuation de l'eau interstitielle contenue entre les particules solides). La perméabilité est augmentée par leur présence. [9]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

## I.13- LES BARRAGES LES PLUS ENVASES :

On estime le volume de la vase entreposée annuellement dans les retenues à 13 millions m<sup>3</sup>. Les différents levés bathymétriques effectués par l'ANBT ont fait ressortir les barrages les plus envasés, à savoir le barrage de Foug El Gueiss à Khenchela, Fergoug à Mascara, Foug El Gherza à Biskra, Ghrib à Aïn Defla, K'sob à M'sila, Bouhanifia à Mascara, Zardezas à Skikda, Hamiz à Boumerdès et Djorf Torba à Béchar.

## I.14- LES MODELES D'ESTIMATION DE L'ENVASEMENT :

**Comment évaluer le volume de l'envasement ?** [NETO 2007]

L'accumulation des sédiments véhiculés par les eaux pluviales et venantes se déposer dans la cuvette des barrages, constitue une préoccupation essentielle pour les méthodes d'évaluation du volume des vases. On distingue deux méthodes de mesure.

### I.14.1- Bathymétrie par nivellement : [PROUCHAL, KER LANN 2006]

Cette méthode présente l'avantage de tenir compte de toute la hauteur de sédiments et est intéressante à mettre en œuvre dans les projets où le toit du substrat n'est pas connu. Il y a plusieurs méthodes utilisées pour le levé bathymétrique par nivellement, on prend quelques exemples :

#### a. La première méthode de bathymétrie par nivellement :

Est réalisée à l'aide d'un instrument de mesure gradué, à partir du bord et préférentiellement à partir d'une embarcation si les conditions le permettent. Elle permet soit de mesurer simplement la hauteur totale de vases par enfoncement, soit de mesurer la hauteur d'eau avant et après les travaux, une résistance plus soutenue permet d'apprécier le haut du substrat.

Les mesures sont composées de profils en travers qui pour être représentatifs, doivent être judicieusement localisés et dénombrés. La définition du volume extrait ou à retirer est établie par extrapolation entre deux profils à partir du produit entre la section envasée et la distance Figure I.13. [9]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

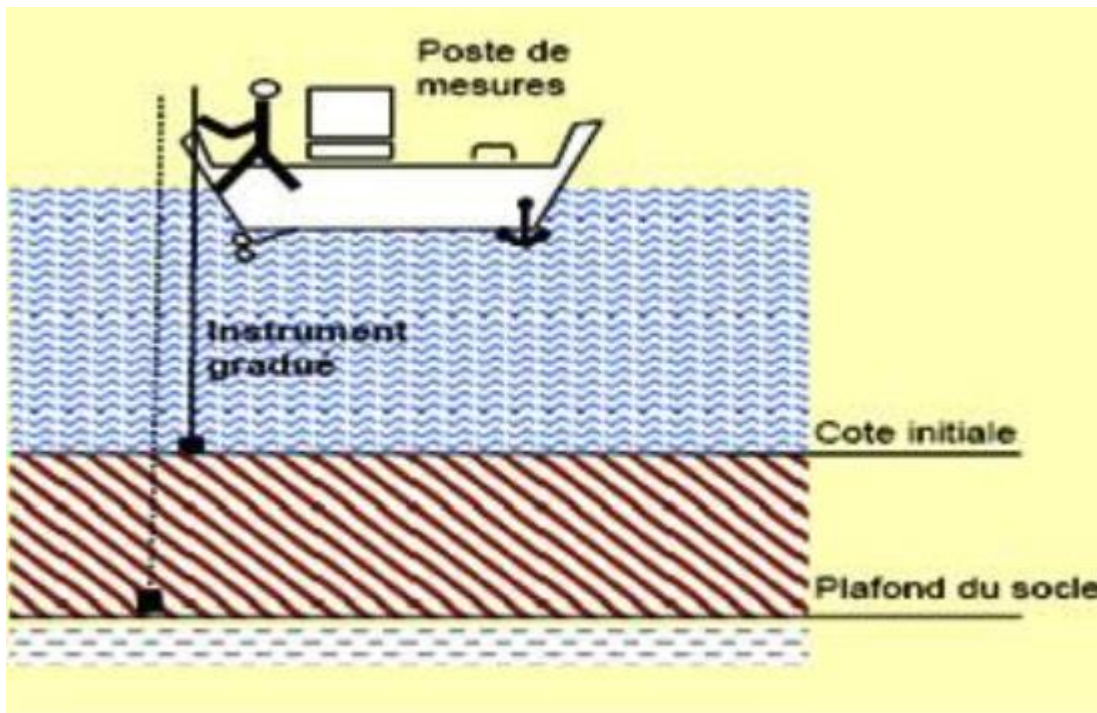


Figure I.13: Schématisation de la bathymétrie par nivellement.

## B. La seconde méthode de nivellement :

Est réalisé à l'aide d'une mire sur une embarcation et d'une lunette de visée ou d'un tachéomètre (lunette de visée laser), la hauteur d'eau, le niveau supérieur de la couche de vase et le fond dur sont obtenus (Figure I.14). Le relèvement s'effectue point par point selon un profil transversal au cours d'eau. Le nombre de points sera forcément fonction de la largeur du cours d'eau. La carte globale se fait alors par extrapolation des profils transversaux. Il est nécessaire de prendre en compte la cote de l'eau, d'avoir un positionnement précis des profils pour tenir compte des particularités du terrain. Le nivellement n'est généralement pas précis et admet une erreur de 20 %. Le volume de sédiment se fait ensuite par extrapolation entre deux profils. [9]

$$V = S \times L$$

V : volume de sédiments en mètres cubes.

S : section envasée en mètres carrés.

L : distance entre deux points de mesure en mètre.

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES

---



**Figure I.14: Estimation de l'envasement par la méthode de nivellement (Tachéomètre).**

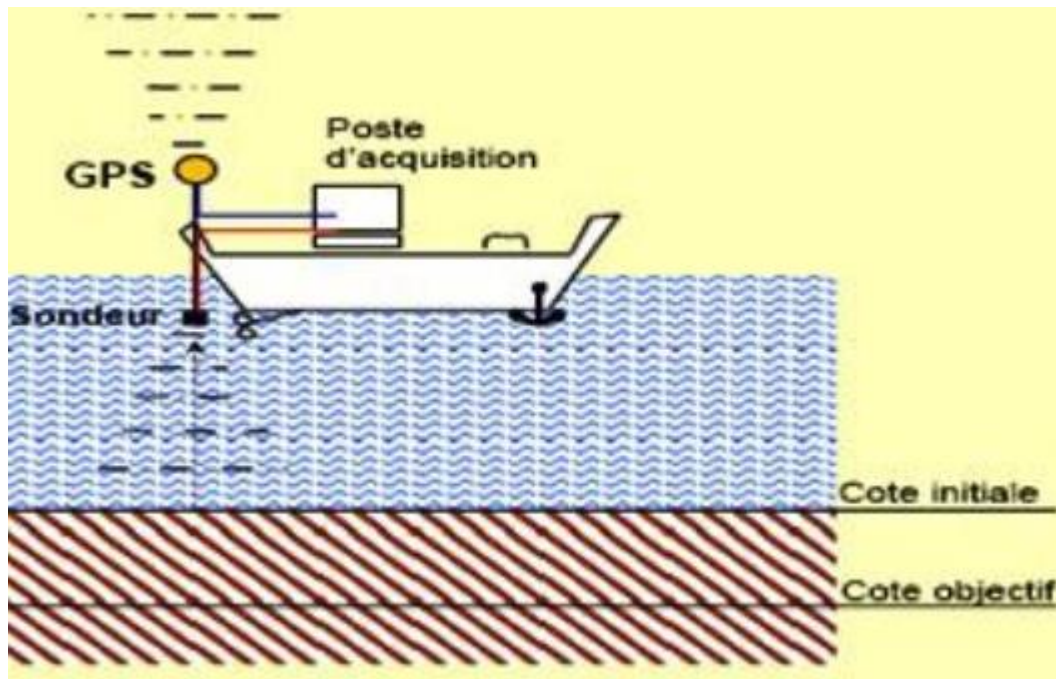
## **I.14.2- Bathymétries par sondeurs : « Echosondeur bathymétrique »**

Le dernier appareil a mesuré la profondeur par échosondeur, une véritable révolution dans la mesure de l'eau profonde. Cette sonde de l'écho, le type moderne a été inventé pour la première fois dans les années de la Première Guerre mondiale sur les sites physicien français Ange Evin. Les mesures bathymétriques permettent de suivre l'évolution du volume des sédiments accumulés. Bathymétrie par sondeurs (Figure 1.15) Le volume des sédiments est calculé par informatique avec, comme hypothèse de départ, la cote du projet à atteindre. (Un point de sonde = couple (distance, angle) Pratiquement mesure  $(t, \theta)$  et exploitation  $(y, z)$ . Deux approches pour estimer  $(t, \theta)$  Mesure de l'instant d'arrivée à angle fixe, mesure de l'angle en fonction du temps d'arrivée.

A l'aide des nouvelles technologies de sondeurs, cette technique peut être utilisable dans une hauteur d'eau restreinte. Cette technique s'applique à partir de sondeurs mono ou multi-faisceau. [XAVIER LURTON, JEAN MARIE AUGUSTIN]

Dans notre barrage, L'Agence Nationale des Barrages (ANB) a confié au groupement d'Entreprises HYDRODRAGAGE-C.T. SYSTEMS, un marché. L'objet du marché est l'exécution des levés bathymétriques et topographiques de dix-neuf (19) barrages en exploitation «Juillet 2004».[9]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVAISEMENT DES BARRAGES



**Figure I.15: Schématisation de la bathymétrie par échosondeur.**

Les moyens d'utiliser pour les levés Bathymétriques par échosondeurs :

- ✚ Une embarcation pneumatique semi rigide.
- ✚ Une station de référence.
- ✚ Un sonar avec une fréquence de 200khz.
- ✚ Un GPS portable avec un récepteur GPS RTK 6502.
- ✚ Un PC portable avec le logiciel DTM 2000.
- ✚ Une barre d'étalonnage.

Au début du travail, l'hydrographe étalonne l'échosondeur par la barre d'étalonnage à différentes profondeurs. Il valide ainsi la profondeur du transducteur et la vitesse de propagation des signaux ultrasonores dans l'eau du barrage. La distance entre profils est choisie en fonction du terrain par le logiciel de guidage DTM 2000.

Le long d'un profil, les données sont émises en continu mais l'enregistrement se fait toutes les deux (2) secondes. La direction des profils, généralement perpendiculaire aux rives, est choisie par l'hydrographe qui calcule le cap et navigue à cap constant.

Durant le levé, il arrive de constater des formes de fond particulières sur les profils (des hauts fonds ou des fosses).

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

## I.15- LES MOYENS DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT :

La majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année. Il est rare cependant, que l'on puisse admettre à l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulièrement lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée. Il importe donc, non seulement de prévoir le rythme de comblement de la retenue de façon aussi précise que possible, de manière à prendre les dispositions économiques et sociales qui s'imposent mais aussi et surtout de sauvegarder au maximum l'existence de la retenue en luttant contre ce phénomène utilisé en Algérie. Nous pouvons citer: [10]

### a) La conservation des sols :

Comme moyen de minimiser la pénétration de matériaux solides dans une retenue, deux méthodes de conservation des sols sont utilisées pour freiner l'érosion :

- L'implantation de structures anti-érosion.
- L'aménagement des bassins versants et des cours d'eau.

Il s'agit de l'aménagement des bassins versants par la réalisation de la correction torrentielle, et l'aménagement de cours d'eau : En créant des ouvrages de correction dans la gorge du torrent. Ouvrages qui arrêteront les matériaux et diminueront la pente, des aménagements déterminants, réduisant l'érosion à sa source.[11]

### b) Le reboisement :

La plantation des cultures suivant les courbes de niveau et fixation des berges des oueds est une action préventive. Vingt-sept bassins versants sont concernés par les opérations de reboisement pour protéger les barrages face à l'érosion. [11]

### c) La réalisation des barrages de décantation à l'amont :

On peut construire plusieurs types de structures dans le bassin, par exemple, des bassins de rétention ; conçus soit pour retenir les matériaux solides définitivement pendant la durée de vie de l'ouvrage, soit pour stocker les matériaux solides provenant du ruissellement créé par un certain nombre d'orages entre des vidanges périodiques.

L'exemple en Algérie, est le cas du barrage de Boughezoul situé à la ville de Médéa qui est exploité partiellement comme bassin de décantation du barrage de Ghrib, Il réduit l'envasement de Ghrib de près de 24%. [11]

### d) La réalisation des barrages de chasses :

En Algérie, La technique du soutirage peut être un moyen efficace de lutte contre l'envasement des retenues de barrages en Algérie compte tenu de son faible coût et surtout de la présence des courants dans l'ensemble des retenues. Son rendement peut atteindre 70% des apports solides totaux entrants dans la retenue, c'est à dire que la durée de vie de l'ouvrage sera augmentée d'un tiers. Le barrage d'Ighil Emda (W. de Bejaia) est parmi les premiers au monde à avoir été équipé d'un dispositif installé spécialement pour le soutirage des sédiments. La durée de vie de ce barrage est ainsi multipliée par trois. [11]

# CHAPITRE 1 : PROBLEMATIQUE D'ENVASEMENT DES BARRAGES

---

## e) La surélévation des digues :

La surélévation constitue l'une des techniques qui permettent de prolonger la vie d'un barrage. L'augmentation de la hauteur de la digue permet de compenser le volume d'eau perdu en profondeur occupé par la vase. Cette opération est très encourageante.

En Algérie, neuf barrages ont été surélevés. Toutes les opérations de surélévage en Algérie ont permis de récupérer jusqu'en 2007 une capacité de 100 millions de m<sup>3</sup>. Cette technique a été réalisée sur le barrage K'SOB. Certes, cette réserve supplémentaire créée par la surélévation a augmenté la durée de vie de ces ouvrages, mais l'évolution de l'envasement dans le temps croit beaucoup plus rapidement qu'à l'état initial (sans surélévation). [11]

## I.16- CONCLUSION :

A la fin de ce premier chapitre, l'envasement est un phénomène naturel très complexe qu'il faut étudier et des solutions doivent être trouvées pour réduire le pourcentage de la vase dans les barrages, notamment algériens pour préserver la structure hydraulique du barrage et stocker un plus grand pourcentage d'eau.

La méthode utilisée pour contrer le dépôt de la vase dans les plans d'eau est le "dragage" à l'aide de machines et de techniques spéciales, dont nous prendrons connaissance dans le deuxième chapitre.

**CHAPITRE II :**  
**GÉNÉRALITÉ SUE LE DRAGAGE**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

### II.1- INTRODUCTION :

Le dragage est un processus essentiel utilisé dans les domaines de l'ingénierie maritime et de l'environnement pour enlever les sédiments, les débris et les obstructions des fonds marins, des rivières, des lacs et des ports. Il consiste à creuser, à déplacer et à transporter des matériaux tels que du sable, de la boue, des roches et d'autres substances qui peuvent entraver la navigation, l'écoulement des eaux ou l'accès aux infrastructures portuaires.

Le dragage peut être effectué à l'aide de différentes techniques et équipements en fonction des caractéristiques du site et des objectifs spécifiques. Les engins de dragage les plus couramment utilisés comprennent les dragueurs suceurs, les dragueurs à godets et les dragueurs à traînées. Ces machines sont capables de retirer les matériaux du fond marin et de les transporter vers des zones de dépôt ou de les déverser à d'autres endroits désignés.

### II.2- EXTRACTION PAR SIPHONNEMENT :

L'ingénieur JANDIN a développé et utilisé cette méthode entre 1892 et 1894, pour évacuer des sédiments avec un siphon à travers le barrage de DJIDIOWIA en Algérie, ainsi 1,4×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de limons et d'argile ont été évacués en trois ans.

L'appareil de JANDIN se composait d'un tuyau flexible d'un diamètre de 61 cm, avec une capacité d'évacuation de 1,53 m<sup>3</sup>/s dans des conditions normales d'opération. A partir d'une ouverture dans le bas du barrage, il était relié à des pontons flottants en tôle, ce qui permettait de déplacer le tuyau dans la retenue dans un rayon d'environ 1,6 km. Hannover a développé une nouvelle méthode basée sur le principe de "l'hydro-aspirateur" proposé par JANDIN, 80 ans auparavant (Figure II.1).

Un tuyau flexible est relié à la vidange de fond. Le tuyau est amovible afin de créer une charge pour évacuer les sédiments. Il n'y a pas besoin de pompe. Le tuyau peut avoir une longueur de plus de 2 km, et il est attaché à des flotteurs afin de rester au-dessus de la surface de la vase. [11]

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

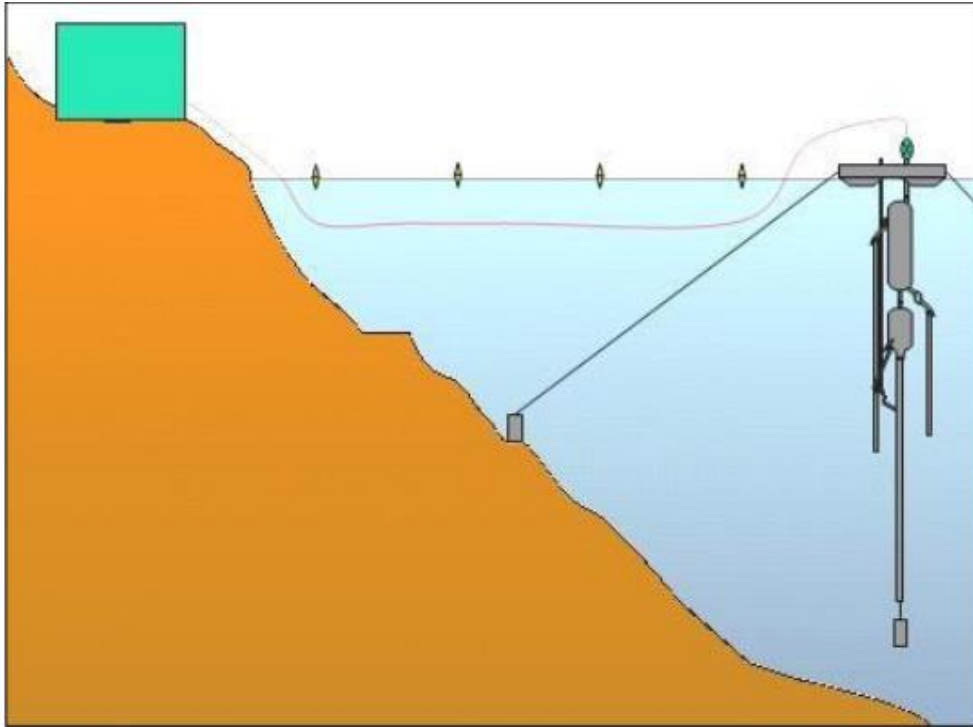


Figure II.1: Schématisation la disposition de l'hydro-aspirateur.

### II.3- EXTRACTION PAR DRAGAGE :

#### II.3.1- Définition de dragage :

On appelle dragage l'opération qui consiste à extraire les matériaux situés sur le fond d'un plan d'eau. L'objectif peut être de réaliser des travaux de génie portuaire (creusement de bassins ou de chenaux), d'entretenir les chenaux fluviaux ou maritimes empruntés par les navires lorsqu'ils ont été comblés par les sédiments, d'effectuer des opérations de remblaiement pour reconstituer les plages ou gagner des terres sur la mer ou d'extraire des granulats marins pour répondre aux besoins du secteur de la construction.

Les travaux de dragage sont réalisés par des navires et engins spécialisés dont les caractéristiques dépendent de la nature des travaux et de l'environnement dans lequel ils doivent être effectués : dragues hydrauliques ou dragues mécaniques, navires capables de manœuvrer ou simples pontons. Les matériaux extraits sont stockés à bord pour être transportés plus loin, placés dans des barges attenantes ou évacués par des canalisations. Selon ses caractéristiques la drague effectue son travail en étant statique ou en mouvement.

Les produits du dragage sont le plus souvent soit stockés à terre sur des terrains aménagés soit rejetés en mer (Clapage), généralement à l'intérieur de périmètres définis. Les sédiments lorsqu'ils sont extraits de zones concentrant des activités industrielles ou portuaires peuvent être fortement pollués notamment par les métaux lourds. Pour ces raisons ainsi que pour contrôler l'incidence du dragage sur l'environnement au sens large, l'activité de dragage est généralement

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

contrôlée. En France, où environ 50 millions de m<sup>3</sup> de sédiments sont extraits chaque année, une opération de dragage donne lieu le cas échéant à une enquête publique et étude d'impact. [12]

### II.3.2- Histoire de dragage :

D'après Gower G.L (1968) les premières techniques de dragage ont été développées au néolithique par les communautés vivant dans les vallées du Nil, de l'Euphrate, du Tigre et de l'Indus. Ces civilisations ont en effet développé des techniques pour récupérer les terres fertiles des estrans et irriguer les terres arides potentiellement fertiles par des réseaux de canaux. Ces techniques sont à l'origine de l'essor des premières civilisations agricoles.

Plusieurs références historiques relatent la réalisation de travaux hydrauliques durant les quatre premiers millénaires avant JESUS - Christ en Mésopotamie et en Egypte. Les sumériens qui vivaient dans les marais du sud de la Mésopotamie (4000 ans av J.C) ont construit un réseau dense de canaux pour lutte contre les crues. Cette époque connaît également en Egypte, la réalisation du premier canal reliant le Nil et la mer rouge sous le règne de Darios d'après l'insens et oostrebaan, ce canal a donné lieu à des travaux exécutés sous l'eau qui correspond bien à une activité de dragage. Ces premières formes de dragage ont été menées à bien à l'aide d'outils simples certainement inspirés des équipements utilisés pour manier l'eau.

D'après [Cooper, H.R 1974], des méthodes sophistiquées existaient en orient bien avant l'époque romaine. Le dispositif, mu par la force humaine ou animale est constitué d'une chaîne tournante équipée de palettes qui entraînent l'eau dans une sorte de toboggan placé sous la chaîne : voir figure II.3. Cette technique toujours utilisée de nos jours notamment au Cambodge. Le moulin à vase utilisé en Hollande au XVI<sup>e</sup> siècle après J.C fonctionne sur le même principe.

L'occupation de l'Espagne par les arabes du VIII<sup>e</sup> au XI<sup>e</sup> siècle permit d'importants transferts de connaissances de l'orient à l'occident. Les auteurs [COOPER 1974] évoquent notamment :

- L'invention de la benne à l'origine des dragues à benne actuelles : voir figure (I.13)
- La maîtrise de l'énergie du vent pour propulser les bateaux et faire fonctionner des moulins à l'eau.
- La roue à eau.

La première drague autonome utilisant le principe de l'agitation est utilisée en 1435 après J.C pour nettoyer le port de Middleburgh en Nouvelle Zelande [Cooper, 1974], il s'agit du « Krabbelaar » navire à voile équipé de herses réglables.

C'est aux Etats-Unis que se développent dans un premier temps les dragages dits hydrauliques utilisant les pompes centrifuges. La première drague aspiratrice équipée d'un puits à déblais, la « général Moultrie » est utilisée pour draguer le port de charleston en 1855, après cette date, la technique de dragage est progressée par des moyens utilisant la vapeur et l'hélice qui sont devenues des méthodes sophistiquées.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

Le XXe siècle fait à son tour progresser les techniques de dragage, le moteur à vapeur est remplacé par le moteur diesel. Les commandes électriques et pneumatiques se généralisent. L'électronique et informatique s'installent à bord des unités afin d'améliorer les rendements et la précision des travaux. [13]

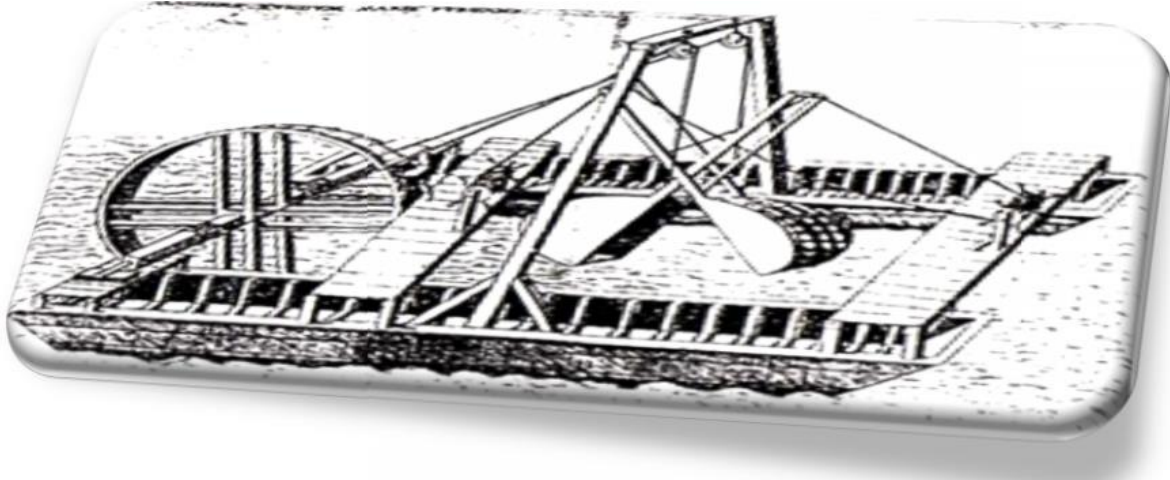


Figure II.2: Dragage à benne de verantius 1595.

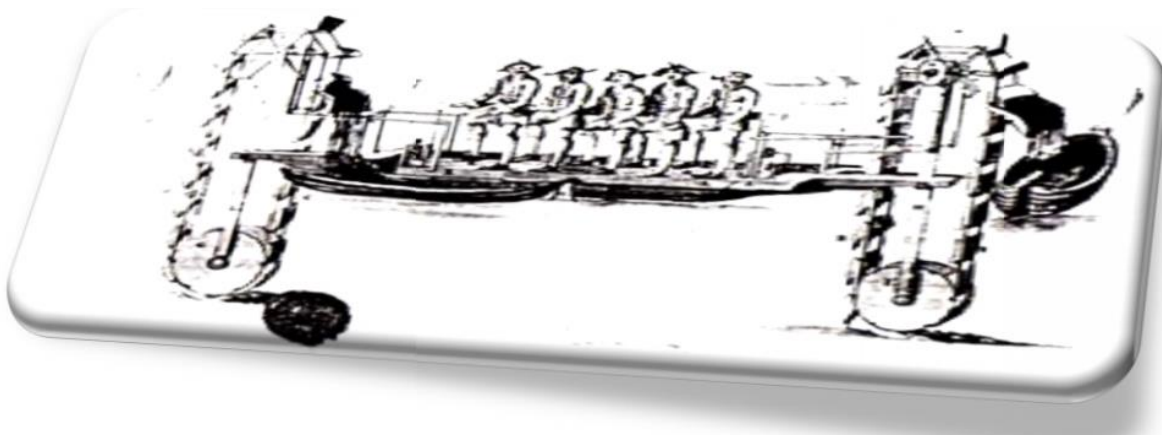


Figure II.3: Dragage à godets de F.X d'Arles de ligniere 1760.

### II.3.3- La nécessité des opérations de dragage :

D'après LINSSEN 1977, Les facteurs qui poussent à envisager le dragage sont liés soit à des considérations hydrauliques, soit à l'entretien et à la restauration du milieu. Le dragage peut avoir les objectifs suivants :

- Procéder à des travaux d'excavation sous l'eau dans les retenues des barrages «la - récupération de la capacité de stockage».

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

- Extraire les sédiments immergés tel que sable, gravier, argile, les métaux précieux et les agents fertilisants.
- La navigation gênée ou rendue impossible par l'envasement : Entretenir et approfondir les voies navigables.
- nettoyer des fonds pollués.
- Améliorer ou maintenir la capacité de débit des cours d'eau en augmente les profondeurs naturelles. [13]

### II.3.4- Techniques Et Contraintes De Dragage :

Le dragage est le processus d'excavation des sédiments sous la surface de l'eau. Les matériaux excavés sont soit déchargés directement vers la destination finale, soit transportés au-dessus de l'eau par barge ou trémie jusqu'à un point de collecte.

Le dragage peut être exécuté de plusieurs manières, chacune présentant des avantages et des inconvénients. Pour chacune de ces techniques, des types de dragues spéciaux ont été développés.

Deux techniques majeures de dragage sont reconnues dans l'extraction des sédiments sous l'eau :

. Technique I - dragage hydraulique.

. Technique 2-dragage mécanique.

Les techniques mentionnées, le dragage hydraulique et mécanique sont les plus courantes. Une troisième technique, le dragage pneumatique peut-il être observé dans des projets spéciaux lors du dragage à grande profondeur d'eau, ou dans exploitation minière.

Ces techniques de dragage diffèrent par la manière de collecter le matériau et de le soulever à la surface de l'eau.

Par conséquent, cela influence la méthode de transfert du matériau, les moyens de transport horizontal et potentiellement le mode de transport lui-même. Chacun des types hydrauliques et mécaniques à ses contraintes d'un point de vue opérationnel et environnemental. Par exemple :

- ✚ Lorsque le but du dragage est la mise en décharge, ce qui signifie un grand volume de matériau de remplissage à draguer, les techniques de dragage hydraulique peuvent être les plus appropriées en raison de sa capacité de production.
- ✚ Lorsque les sédiments doivent être transportés sur une longue distance, cela laisse cinq options, le transport par :
  - Péniche.
  - Drague à Trémie.
  - Oléoduc.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

- Bande transporteuse.
- Camion.
- ✚ Lorsque les sédiments doivent être dragués à une grande profondeur, la drague suceuse ordinaire convient le mieux au travail en raison des limites de profondeur des autres dragues. Cependant, certains des DST modernes sont maintenant capables de draguer jusqu'à une profondeur de 120 mètres.
- ✚ Lorsqu'un grand volume de remplissage doit être livré dans une zone de récupération positionnée à une longueur modérée à distance du front de mer, le transport en décharge peut se faire par pipeline.

Cependant, le dragage hydraulique est de loin le plus couramment utilisé pour l'extraction d'agrégats en mer.

La technique d'exécution dépend en grande partie des circonstances à rencontrer sur le site d'excavation et l'emplacement et les conditions du site à destination.

Tels que, mais sans s'y limiter :

- ✚ Le but de l'extraction, c'est-à-dire l'utilisation dans la fabrication du béton, l'alimentation de la plage, la création de terres :
- ✚ Ressources disponibles.
- ✚ Les conditions du site et les distances de transport.
- ✚ Taux d'approvisionnement, limitations saisonnières (météo, niveau d'eau), etc.

Le processus de dragage et de transport vers une remise en état ou une zone de stockage des sédiments dragués peut être divisé en neuf étapes :

1. Désintégration du matériau à draguer.
2. Collecte du matériel pour le transport vertical.
3. Levage de matériaux au-dessus de la surface de l'eau (transport vertical).
4. Criblage de la taille des particules à extraire du matériau dragué (dragage d'agrégats).
5. Transfert du matériel vers les moyens de transport horizontaux.
6. Transport du matériau vers la zone de récupération / élimination ou l'usine de traitement (non discuté plus en détail).
7. Déversement des matières dans la zone de récupération ou d'élimination.
8. Rejet de l'excès d'eau de la zone de remise en état / élimination.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

9. Collecte, transport et élimination de l'eau de traitement et éventuellement traitement de l'eau de traitement.

Ces étapes peuvent être reconnues dans chacune des techniques de dragage, qui sont présentées dans ce rapport. Les techniques diffèrent par la méthode de désintégration (étape 1) et la collecte du matériau (étape 2) et le soulèvement du matériau à la surface (étape 3). Par conséquent, cela influence la méthode de transfert du matériau vers les moyens de transport horizontaux et potentiellement le mode de transport lui-même. [14]

Le processus d'une drague suceuse à fraise (CSD avec douilles) sera pris comme exemple **Figure II.4:**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

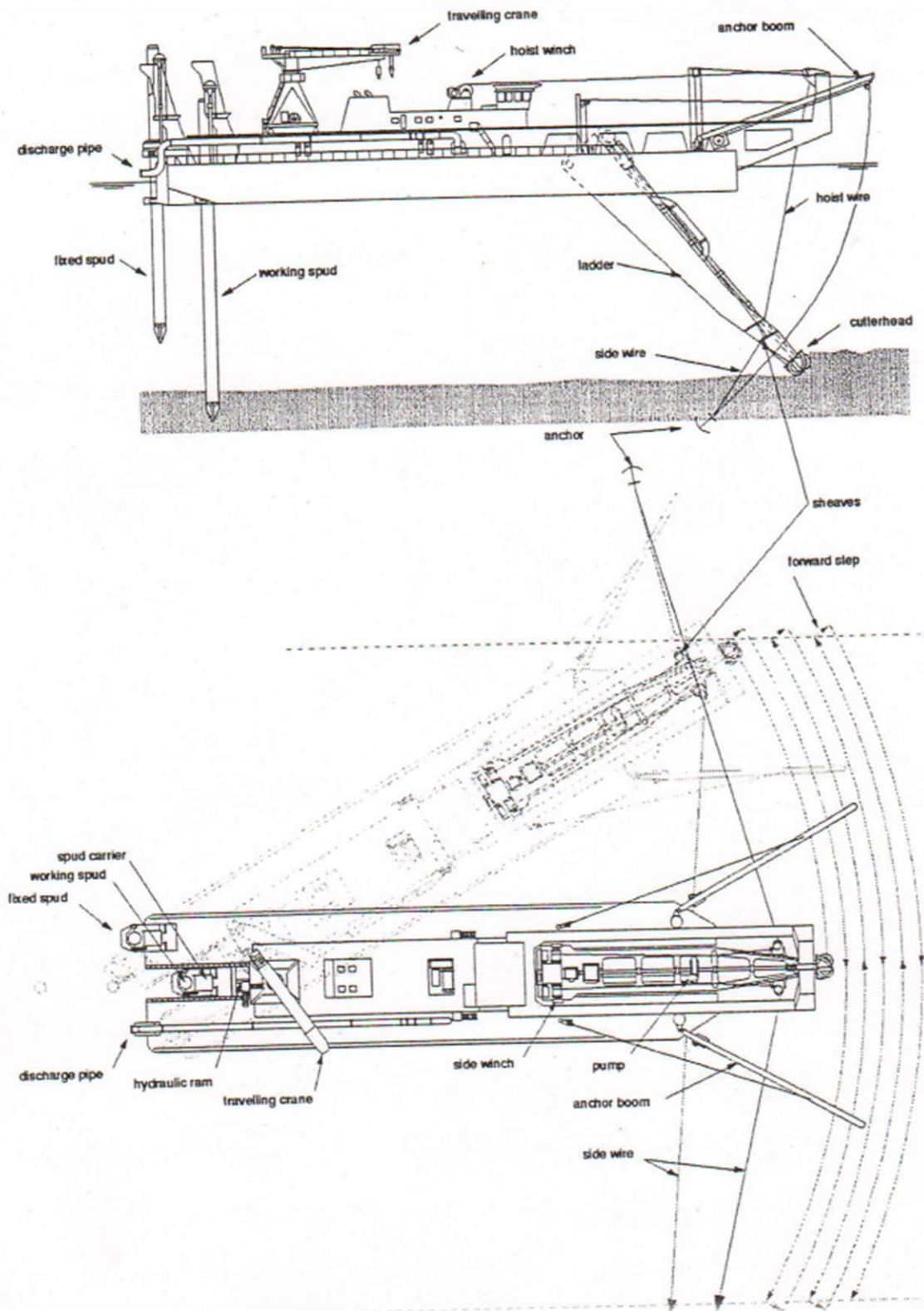
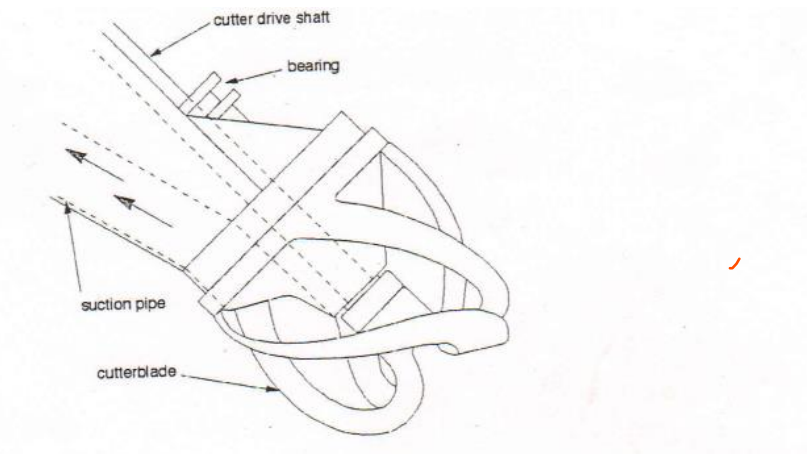


Figure II.4: Dragueur d'aspiration de Coupe.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

La tête de coupe, qui est positionnée à l'extrémité de la soi-disant échelle, désintègre le matériau mécaniquement en le coupant du fond marin avec ses lames de coupe rotatives, normalement équipées de lames remplaçables dents coupantes, voir la figure II.5:



**Figure II.5: Tête de coupe.**

La bouche d'aspiration, qui est l'extrémité du tuyau d'aspiration et est située à l'intérieur de la circonférence de la fraise, recueille le matériau lorsque la pompe de dragage crée un vide dans le tuyau d'aspiration.

Dans le tuyau d'aspiration, le matériau est transporté hydrauliquement vers la pompe.

La pompe aspire le matériau à travers le tuyau d'aspiration et le transfère (presse) à travers le tuyau de pression vers une barge ou une zone d'élimination. Le matériau solide se dépose et l'eau de traitement est collectée pour être rejetée dans l'eau de surface ouverte. Si nécessaire en raison des exigences environnementales, l'excès d'eau est traité (bien qu'un faible pourcentage de fines puisse encore être en suspension dans l'eau) avant d'être renvoyé dans les eaux de surface ouvertes.

Certaines des étapes décrites sont interdépendantes de sorte que l'application d'une certaine méthode d'exécution pour une étape particulière dicte automatiquement la méthode pour les autres étapes.

Les considérations environnementales et l'épuisement des ressources côtières conduisent à l'extraction offshore et cela entraîne inévitablement de plus grandes distances de transport, des conditions maritimes généralement plus exposées et des profondeurs d'excavation plus importantes.

Les conditions à considérer sont :

- ✚ Type de sédiment, disponible et requis.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

- ✚ Conditions du site.
- ✚ Volume à draguer et taux de livraison.
- ✚ Tolérance requise pour le travail d'extraction.
- ✚ Considérations environnementales.
- ✚ Distance de transport et contraintes.
- ✚ Infrastructures terrestres et aquatiques sur le site de rejet.
- ✚ Droit de passage, règlements administratifs et réglementaires.

Une - ou plus souvent une combinaison-de ces circonstances dicte la méthode d'exécution de l'ensemble projet ou une phase de celui-ci. Aux fins de l'évaluation d'un projet, la méthode de travail est divisée en un certain nombre d'étapes, qui doivent être évaluées individuellement. [14]

### II.3.5- Les types de dragage :

Il existe trois types de dragage, à savoir : le dragage hydraulique, le dragage mécanique qui est le dragage le plus courant et le dragage spécial dans les projets spéciaux.

#### II.3.5.1- Les dragues mécaniques :

Les dragues mécaniques sont conçues pour les matériaux aussi bien durs que meubles. Elles retirent les sédiments par application directe d'une force mécanique sur le fond. Leur grand avantage réside dans le fait que les sédiments dragués conservent pratiquement la densité qu'ils avaient alors qu'ils étaient en place, ce qui réduit la quantité de matériaux à transporter, à traiter ou à mettre en dépôt. Les dragues mécaniques peuvent être opérées et manœuvrées dans des zones restreintes et confinées et sont très utiles en présence d'obstacles et de débris.

En contrepartie, les dragues mécaniques ont un rendement relativement modeste (< 500 m<sup>3</sup>/h) qui décroît à mesure que la profondeur du site à draguer augmente. Elles requièrent des barges ou des chalands pour le transport des matériaux dragués. De plus, elles sont rarement automotrices. Durant le travail dans un matériel fin, lâche et non cohésif, elles provoquent une importante remise en suspension des sédiments. Les modèles de construction classique sont moins efficaces pour l'enlèvement des boues semi-liquides. [15]

Il existe actuellement quatre types de dragues mécaniques sont :

#### a) Drague à benne preneuse ou à clapet :

Ces dragues sont montées sur une grue et sont utilisées pour extraire des sédiments fins consolidés, des sables et (ou) des graviers. La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux à draguer sous l'effet de son poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Après la remontée, les déblais de dragage sont déchargés en relâchant le filin fermant la benne.

La drague à benne preneuse est particulièrement appropriée pour l'excavation de petits volumes ou pour l'entretien des petites installations portuaires. En effet, les dragues à benne

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

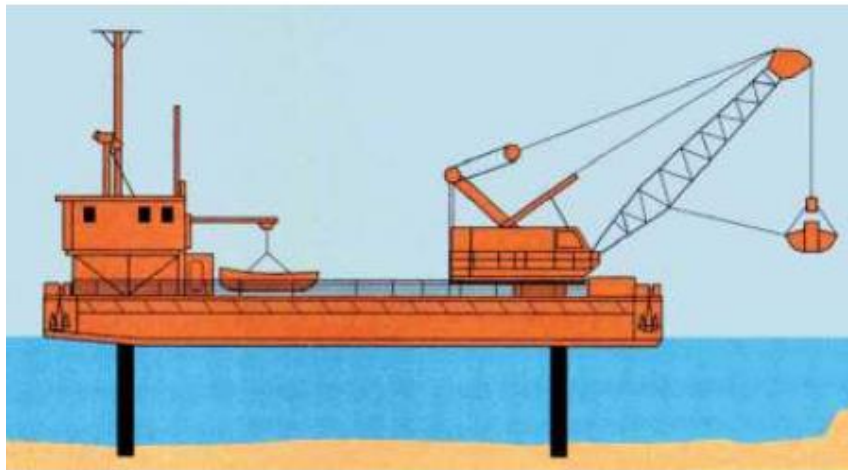
preneuse ont une bonne facilité de manœuvre ainsi qu'un contrôle d'opération efficace sur des surfaces restreintes. D'autre part, certaines dragues à benne preneuse de grandes dimensions sont également en mesure de réaliser des travaux d'envergure. En fait, c'est l'un des types de drague les plus répandus dans le monde.

La longueur du câble de levage de la benne n'est pratiquement pas limitée et la plupart des dragues de ce type permettent de travailler à plus de 12 m de profondeur. Cependant, le courant peut constituer une limite à la profondeur du dragage, c'est-à-dire que la précision diminuera avec la profondeur lorsque le contrôle de la benne sera perturbé par le courant.

La drague à benne preneuse est surtout efficace dans les sables et les graviers fins ainsi que dans les sites difficilement accessibles. Son rendement diminue toutefois lorsque les sédiments sont plus grossiers. En effet, les gros cailloux peuvent empêcher la benne de se refermer complètement, ce qui crée une fuite des sédiments plus fins. Elle a un rendement moyen dans les vagues et la houle. .

La capacité des bennes varie de 0,75 m<sup>3</sup> à 6,0 m<sup>3</sup> et le rythme de travail est de l'ordre de 20 à 30 cycles par heure selon la profondeur et les caractéristiques du substrat.

Les dragues à benne preneuse peuvent générer une remise en suspension importante des sédiments lors de l'impact de la benne sur le fond, lors de la pénétration de la benne, à la montée de la benne d'où peuvent s'échapper les sédiments dragués, lors du déversement du trop-plein des barges et lors du déversement en eaux libres. La nature des sédiments (surtout ceux à granulométrie fine et de texture non cohésive), la vitesse de remontée de la benne vers la surface et à sa sortie de l'eau et l'état de celle-ci influencent aussi la perte de matériaux. [15]



**Figure II.6: Drague à benne preneuse.**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

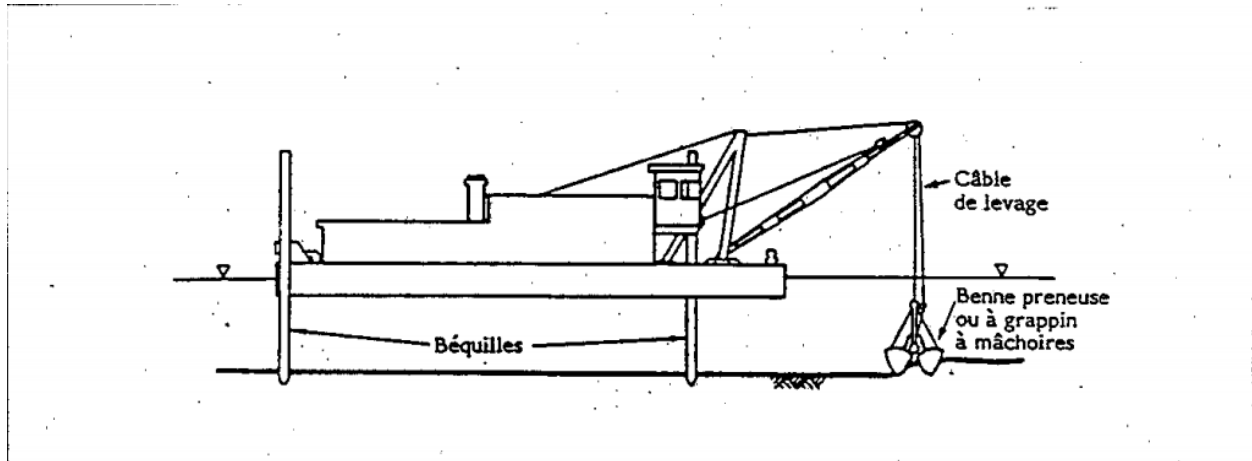


Figure II.7: Représentation schématique Drague à benne preneuse.

### b) Drague à cuiller :

Cette drague est essentiellement une pelle mécanique montée sur un ponton. Les dragues à cuiller sont souvent utilisées pour l'extraction de roches brisées tendres et pour l'excavation de dépôts sédimentaires denses immergés. Elles sont également utilisées pour des travaux en eaux peu profondes ou encore pour des travaux lourds tels que l'élimination d'anciennes structures, de digues, de couches de pierres, etc.

Le ponton est pourvu de deux béquilles avant et d'une béquille arrière. Les béquilles avant servent à soulever le ponton au-dessus de sa position normale, ce qui assure à la drague un positionnement rigoureusement fixe lui permettant d'absorber les secousses en cours d'opération, spécialement lorsque le godet est poussé dans le matériau à draguer.

Dans les matériaux où d'autres types de drague peuvent opérer assez facilement, le rendement de la drague à cuiller est comparativement très faible ou même mauvais. Le dragage avec ce type d'équipement est difficile par mauvais temps, et les pertes de matériaux fins sont importantes lors de la remontée du godet.

En raison de sa construction, la profondeur de dragage maximale ne dépassera généralement pas 12 m. La capacité des godets est variable et le rythme de travail est de l'ordre de 30 à 60 cycles par heure. [15]

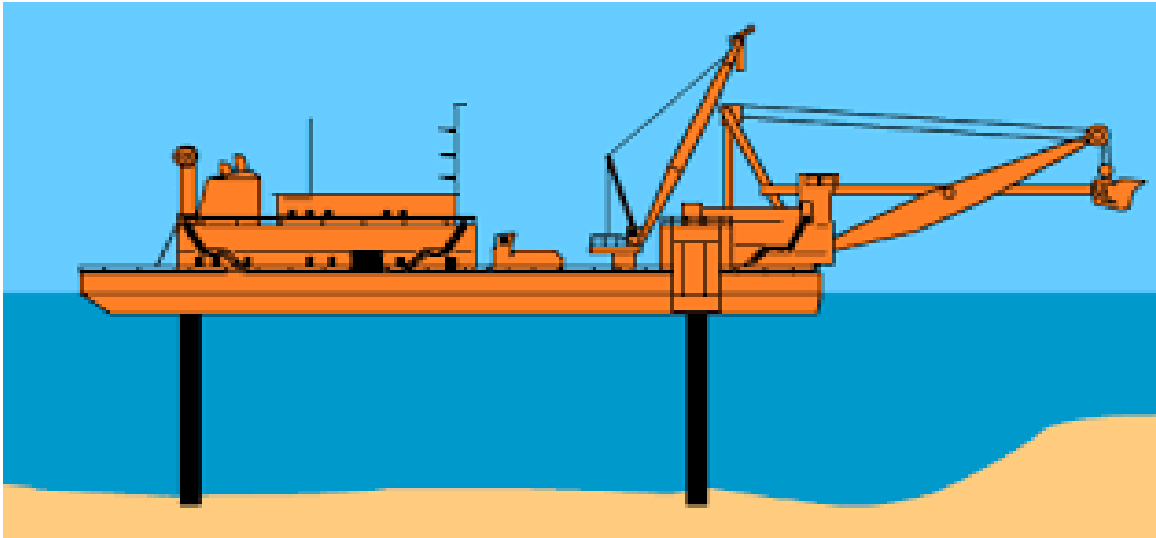


Figure II.8: Drague à cuiller.

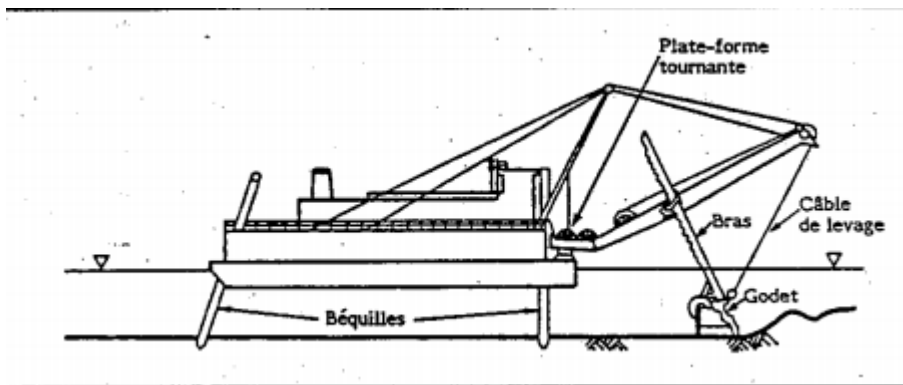


Figure II.9: Représentation schématique Drague à cuiller.

### c) Les dragues à godets :

La drague à godets est une opération qui se fait au repos à cause de la chaîne lourde sur la proue et le câble solide fixe à l'ancre de la proue. Au bout d'un moment, on remarque que la drague a avancé d'une certaine distance et la chaîne à godet a pénétré une certaine profondeur à cause des mouvements circulaires des treuils. [16]

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

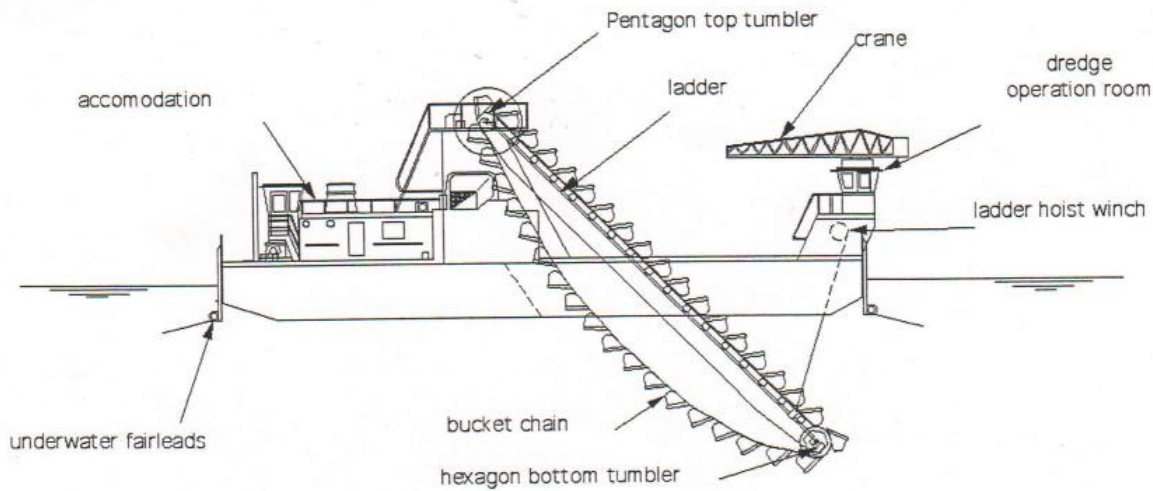


Figure II.10: Représentation schématique Drague à godet.

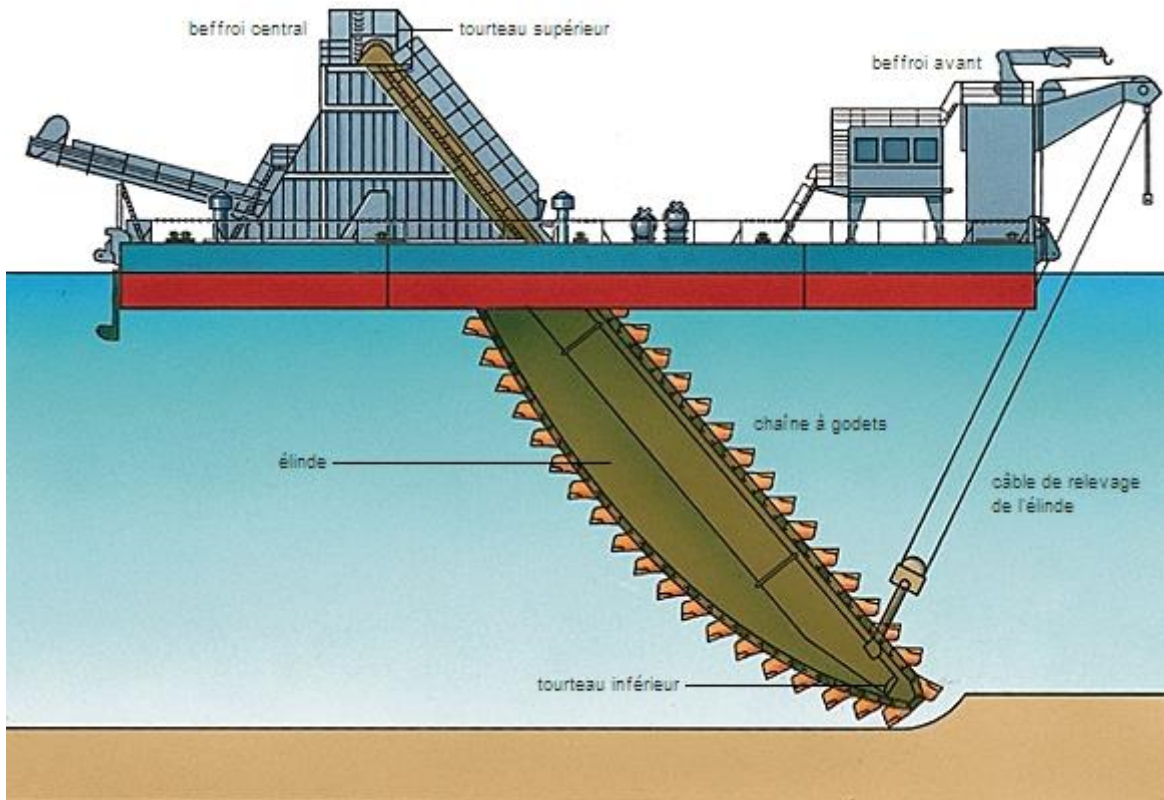


Figure II.11: Drague à chaîne or à godets.

### d) Drague rétro caveuse :

La drague rétro caveuse étant à l'origine un excavateur opérant sur terre, elle peut être installée, même pourvue de ses chenilles, sur le pont renforcé d'un chaland. Le godet de la drague est fixé à un bras de manœuvre articulé sur la flèche, et les matériaux sont extraits en

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

ramenant le godet vers la drague. Les produits de dragage sont déposés sur les rives ou dans des chalands.

La drague rétro caveuse peut normalement opérer jusqu'à une profondeur d'environ 12 m dans une large gamme de sédiments : petits cailloux, gravier, sable grossier, sable cohésif et argile compacte. Elle est habituellement équipée de godets dont la capacité varie de 1 m<sup>3</sup> à 3 m<sup>3</sup>.

Cette drague peut occasionner des pertes importantes de matériaux dragués et, pour cette raison, elle est rarement utilisée pour l'excavation de sédiments fins. [15]

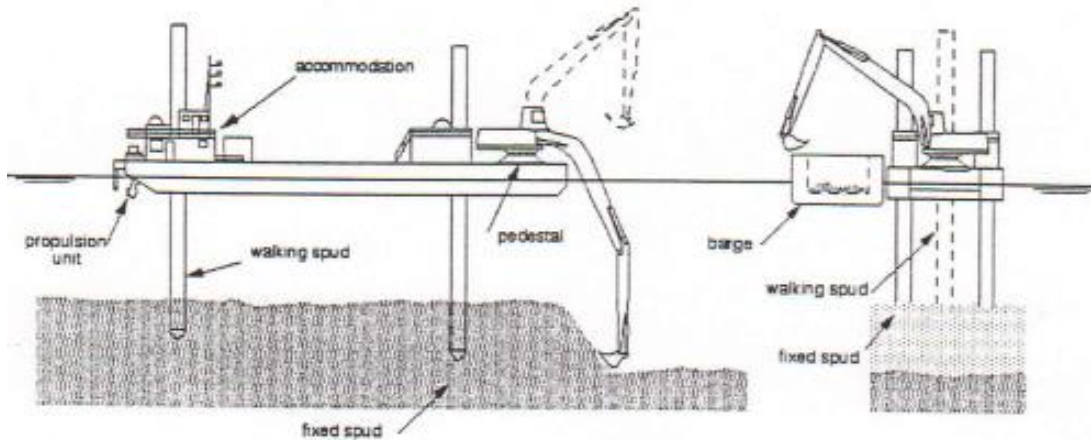


Figure II.12: Représentation schématique drague à pelle rétro caveuse.

### II.3.5.2- Les dragues hydrauliques :

Les dragues hydrauliques aspirent et refoulent les sédiments sous forme de boues liquides. Elles sont généralement montées sur des barges équipées de pompes centrifuges commandées par un moteur diesel ou électrique et raccordées à des pipelines de refoulement de 15 à 122 cm de diamètre, montés sur flotteurs. Les boues liquides, contenant généralement 10 à 20 p. 100 de matières solides (en poids) sont souvent évacuées à de bonnes distances du site d'extraction. Les autres méthodes utilisées pour le transport ou l'évacuation des matériaux de dragage sont le déchargement latéral, le chargement dans des barges ou des chalands et le chargement dans les puits à déblais installés à bord.

Les dragues hydrauliques sont généralement plus rapides que les dragues mécaniques leur rendement peut atteindre 7 600 m<sup>3</sup> de matériaux à l'heure. Leur performance sur le plan de la remise en suspension des sédiments au site de l'excavation est généralement meilleure que celle des dragues mécaniques. En contrepartie, l'évacuation du mélange eau- déblais implique parfois des mesures particulières au site de dépôt comme la mise en place de vastes bassins de décantation,

. Exception faite des dragues auto- porteuses, il est difficile d'opérer les dragues hydrauliques dans des eaux agitées. De plus, l'évacuation par pipeline des matériaux excavés est entravée en présence de débris qui occasionnent le colmatage des conduites. Par ailleurs, <sup>a</sup> les

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

systèmes d'ancrage, les conduites de refoulement et les manœuvres des navires auxiliaires peuvent constituer des obstacles à la navigation. [15]

Il existe actuellement trois types de dragues hydrauliques sont :

### a) Drague suceuse simple :

Comme son nom l'indique, la drague suceuse simple opère par aspiration à l'aide d'une pompe centrifuge. Elle se déplace généralement à l'aide d'un système de câbles d'ancrage.

Les dragues suceuses simples existent en diverses dimensions et puissances. Elles ont un excellent rendement et sont généralement utilisées pour l'extraction de la boue, des sables (peu compacts) et même des graviers. Leur rendement est proportionnel au diamètre des élinde, à la puissance de la pompe, à la vitesse de déchargement et à la nature des matériaux dragués. [15]

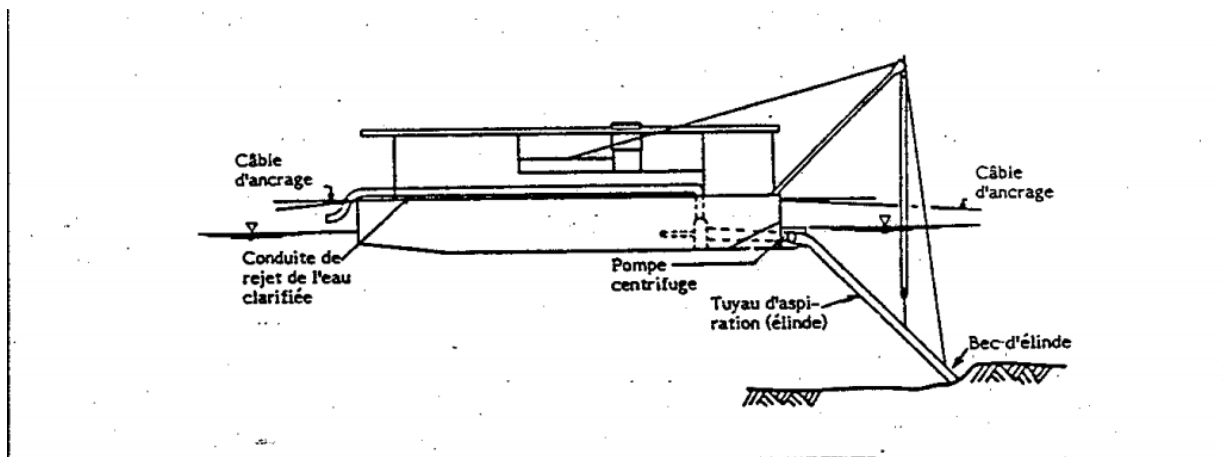
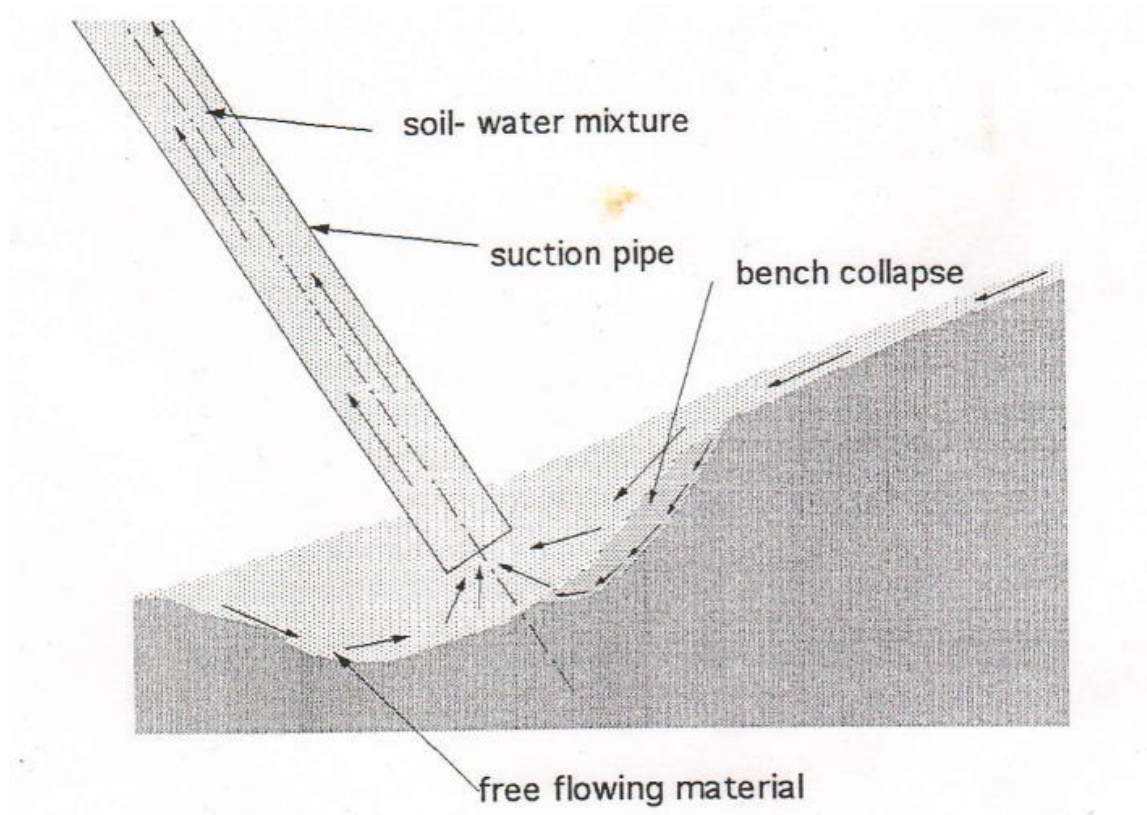


Figure II.13: Représentation schématique Drague suceuse simple.

Drague suceuse simple à la bouche d'aspiration abaissée dans le fond où elle collectera le matériau grâce à la puissance d'aspiration de la pompe. Ce type de drague ne peut draguer que du sable à écoulement libre, le matériau s'écoulant vers la bouche d'aspiration car le banc s'effondre après que la drague a rongé le matériau faiblement tassé au niveau de l'orteil, voir la figure II.14 [17]

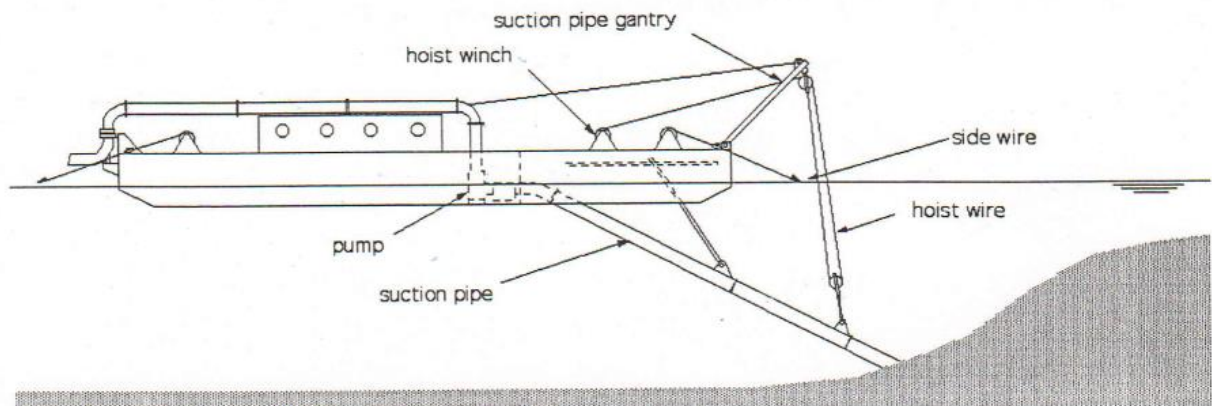
## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE



**Figure II.14: Sable s'écoulant librement vers la bouche d'aspiration d'un DSS.**

La drague avance lentement avec le sable qui coule de l'avant et des côtés créant un fond marin profond en forme de tranchée à chaque passage, qui tombe plus tard dans une certaine mesure en raison de l'effondrement continu du sable des pentes. La drague travaillera une zone en suivant ensuite des pistes parallèles.

Le navire est positionné sur six ancrs et se déplace lentement en ligne droite en tirant sur son ancre avant et en maintenant l'ancre arrière sous tension, voir figure II.15 [17]



**Figure II.15: Drague suceuse simple.**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### b) Dragage suceuse à désagrégateur :

Cette drague suceuse est dotée d'un puissant appareil rotatif (dés agrégateur) monté à l'extrémité de l'élinde. Le dés agrégateur fragmente les matériaux durs et cohésifs en morceaux qui sont pompés par la tête aspiratrice. Il existe plusieurs types de têtes désagrégatrices adaptées aux différents types de sédiments.

La drague suceuse à désagrégateur est généralement équipée de deux pieux qui servent à la stabiliser et à assurer son positionnement pendant le dragage. Lorsque la drague est en activité, elle décrit un arc d'un côté à l'autre en utilisant successivement les pieux babord et tribord comme pivots. Les câbles rattachés aux amarres placées de chaque côté de la drague contrôlent le mouvement latéral. Le déplacement vers l'avant se fait en abaissant le pieu tribord après que l'arc décrit autour du pieu babord soit achevé. Ce type d'opération assure un enlèvement uniforme et précis.

Lorsque le désagrégateur est enlevé ou en position d'arrêt, l'appareil peut opérer comme une drague suceuse ordinaire.

L'efficacité du dragage dépend de l'équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la succion hydraulique. La variabilité du rendement est fonction aussi de la granulométrie des matériaux dragués, de la profondeur d'excavation et de la taille de la drague.

Les dragues de ce type sont utilisées dans le monde entier principalement à cause de leur rendement et de leur souplesse d'utilisation. [15]

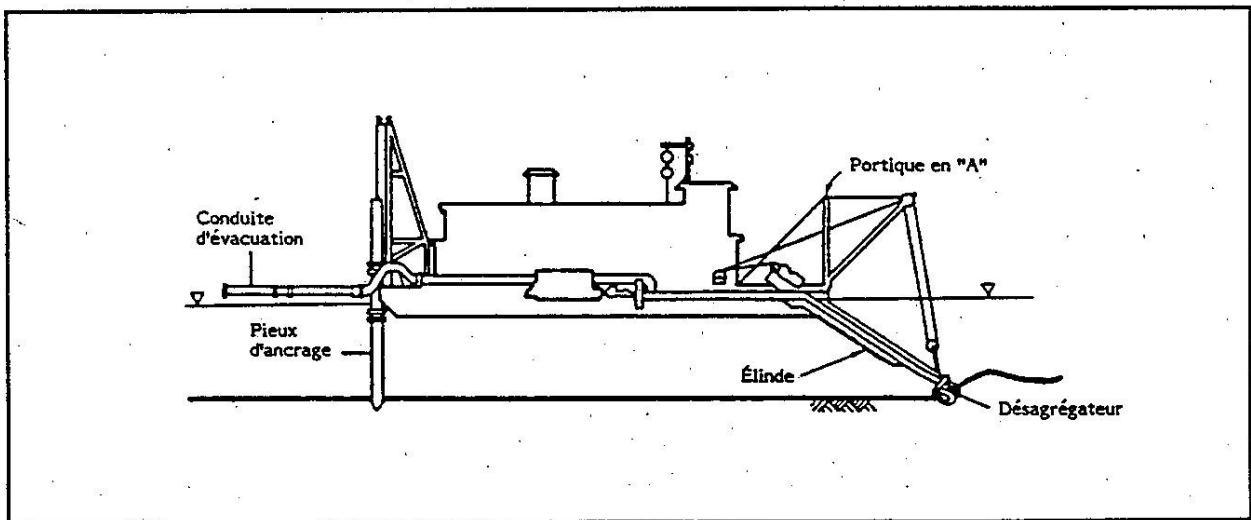


Figure II.16: Représentation schématique Drague suceuse désagrégateur.

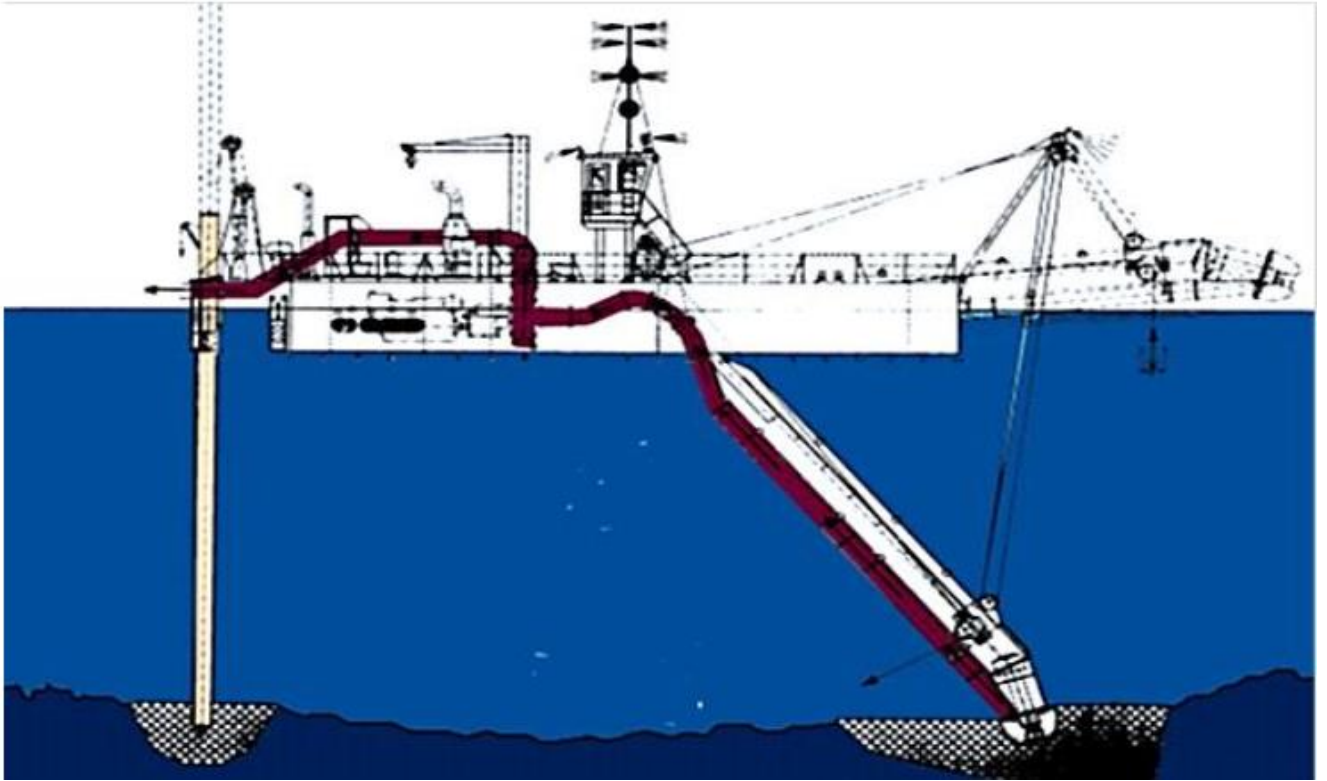


Figure II.17: Schéma d'une drague active dans une retenue d'un barrage.

### c) Drague suceuse porteuse :

Ces dragues diffèrent des autres dragues suceuses par le fait qu'elles sont montées sur des navires autopropulsés et qu'elles transportent les sédiments dragués à bord plutôt que de les déverser sur des barges. Les élingues sont suspendues par des bossoirs des deux côtés de la coque.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

En position de dragage, l'extrémité de l'élinde traîne sur le fond et le navire se déplace à faible vitesse. Les matériaux sont aspirés par l'élinde et stockés dans des puits à déblais où le mélange eau-sédiments décante. Le surplus d'eau à faible teneur en matières en suspension est rejeté en mer par des déversoirs et les solides sont accumulés à bord pour ensuite être rejetés en eaux libres dans un autre site. Les dragues suceuses porteuses sont très efficaces pour excaver des matériaux meubles, non cohésifs. Ce type de drague automotrice peut opérer en mer houleuse, dans des courants relativement forts, en pleine circulation maritime et sous de mauvaises conditions atmosphériques. La profondeur de dragage minimale est toutefois limitée au tirant d'eau du navire.

Comme ce type de drague fonctionne sans aucun système d'ancrage, la surface draguée peut être très irrégulière à cause de la houle, si bien qu'il faut généralement enlever une couche plus épaisse de sédiments pour obtenir la profondeur voulue. Les principales causes de remise en suspension des sédiments avec ce type de drague sont le débordement des eaux provenant des puits à déblais (la surverse), l'élinde traînant sur le fond et le mouvement de l'hélice du navire. De façon générale, l'utilisation de ce type de drague dans le Saint-Laurent est restreinte à l'entretien de certains tronçons du chenal maritime. [15]

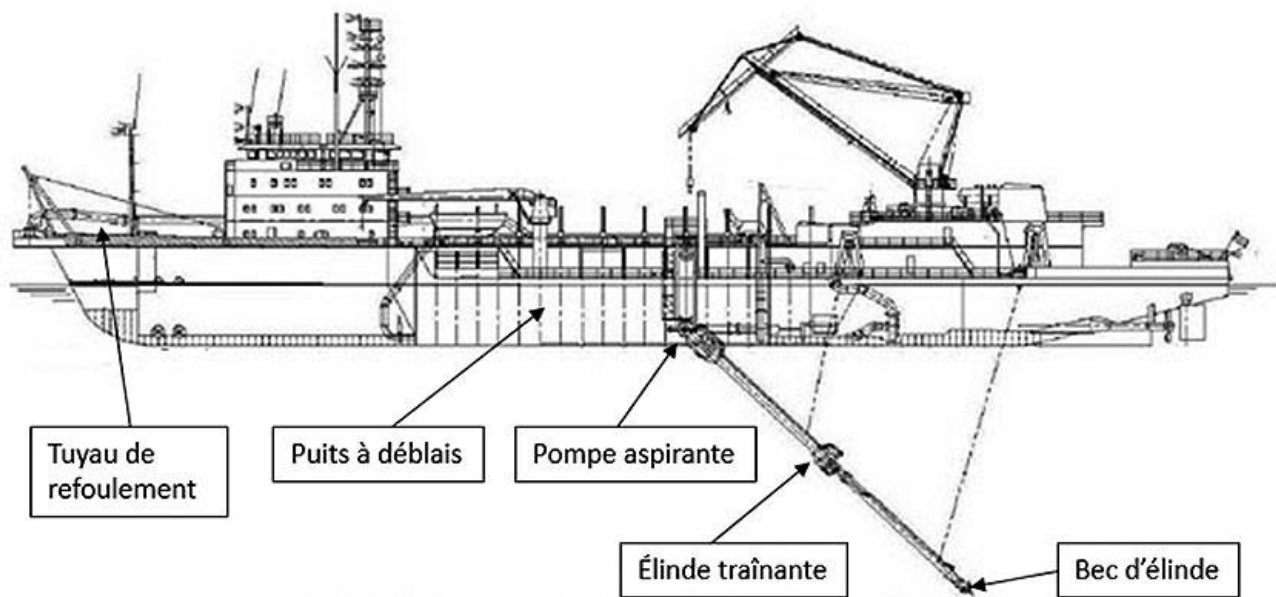


Figure II.18: Représentation schématique Drague suceuse porteuse.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### II.3.5.3- Les dragues Spéciales : (Dragues écologiques)

Plusieurs systèmes de dragage de conception spéciale ont été développés ces dernières années aux États-Unis et au Japon pour aspirer les sédiments en maintenant une teneur élevée en solides ou en réduisant la remise en suspension occasionnée par l'excavation. La plupart des dragues de conception spéciale sont destinées à des travaux de petite et de moyenne envergures et elles sont surtout utilisées pour les projets de restauration de nettoyage ou encore pour des interventions très particulières.

La recherche actuelle dans le domaine des dragues de conception spéciale est très dynamique et le lecteur qui désire en savoir plus long sur ces équipements est invité à consulter.

[15]

Il existe actuellement deux types de dragues Spéciales sont :

#### a) Drague à tarière horizontale (Mudcat) :

La drague à tarière horizontale est une drague hydraulique portable montée sur un ponton et munie d'un désagrégateur en forme de tarière qui achemine la boue liquide par une pompe centrifuge. Cette drague a été conçue pour extraire les sédiments fins. Elle se déplace le long d'un câble d'ancrage les déblais de dragage sont évacués par une canalisation montée sur flotteurs.

Ce genre d'équipement est utilisé pour des travaux de petite et moyenne envergures, à profondeur réduite. Son principal avantage est sa petite taille qui facilite le transport par camion pour des travaux dans des endroits confinés et peu accessibles, Elle peut excaver à des profondeurs aussi faibles que 0,5 m mais elle est limitée à une profondeur maximale de 6,1 m. Son rendement est de l'ordre de 90 m<sup>3</sup>/h. Elle laisse un fond uniforme.

La drague à tarière horizontale « Mudcat » provoque une faible remise en suspension des sédiments qui origine surtout des extrémités de la tarière et qui peut être réduite en ajustant la puissance de succion à la vitesse de rotation de la tarière et à la profondeur de coupe. La mise en place d'un écran autour de la tarière peut également minimaliser la turbidité. [15]

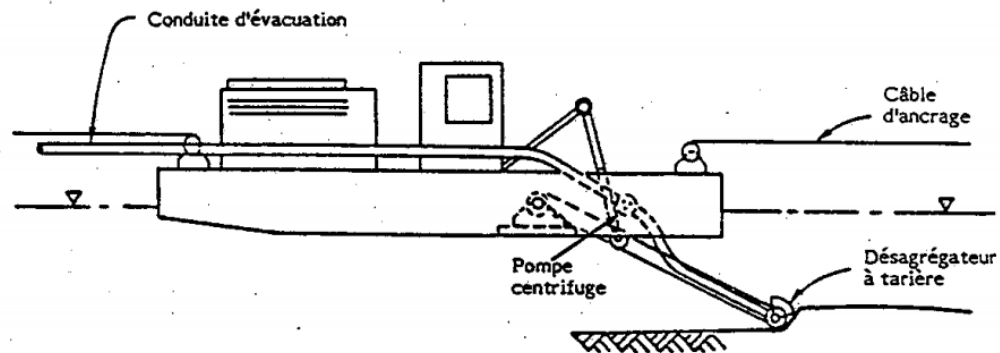


Figure II.19 : Représentation schématique Drague à tarière horizontale (Mudcat).

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### b) Drague amphibie (Watermaster) :

La drague amphibie Watermaster est une pelle rétro caveuse montée sur un ponton et équipée de stabilisateurs ainsi que d'une hélice. Elle peut donc opérer de façon autonome aussi bien sur terre que dans l'eau ou dans les zones marécageuses. En plus d'un godet excavateur conventionnel, cette drague peut également être munie d'un godet-pompe : deux pompes à déblais situées dans le godet permettent de pomper en continu les matières délogées. Pour éviter l'obstruction des conduites, des lames coupantes sont logées à l'entrée de la pompe afin d'assurer le déchiquetage des racines ou de la végétation. Le mélange pompé est refoulé dans un pipeline. [15]

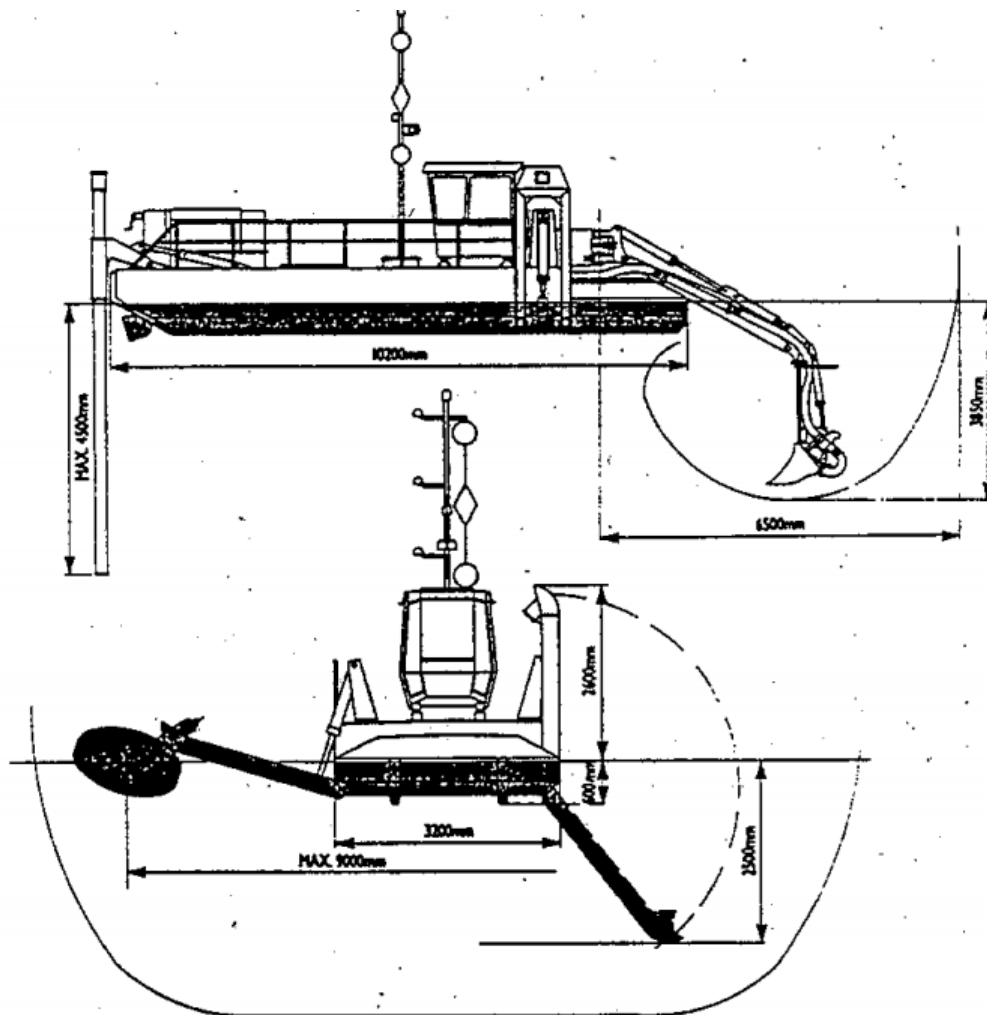


Figure II.20: Drague amphibie (Water master).

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### II.3.6- Les avantages et Inconvénients des options disponibles pour le dragage :

OPTIONS	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
---------	-----------	---------------

#### Dragage mécanique

<p>À BENNE PRENEUSE</p> <p>À CUILLER</p> <p>RÉTROCAVEUSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conservation maximale de l'intégrité des matériaux excavés : hauteur en solides.</li> <li>➤ Envergure minimale des installations pour le transport, le- traitement et le dépôt des matériaux excavés</li> <li>➤ Pour la drague à benne preneuse. profondeur de dragage presque illimitée.</li> <li>➤ Possibilité de travailler en toute sécurité près des quais et autres ouvrages fixes.</li> <li>➤ Efficace pour l'enlèvement des sédiments pollués déposés sur la rive ou dans la plaine inondable</li> <li>➤ Bonne précision de dragage en eau peu profonde.</li> <li>➤ Opération possible dans les matériaux meubles et durs, en présence d'obstacles et de débris .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Taux de production relativement faible et décroissant avec la profondeur (30 à 500 m<sup>3</sup> à l'heure).</li> <li>➤ Taux de remise en suspension des sédiments relativement élevé dans la colonne d'eau, particulièrement durant le travail dans un matériau fin et non cohésif.</li> <li>➤ Efficacité faible ou nulle dans les sédiments fluides ou en présence de débris.</li> <li>➤ Peut constituer un encombrement pour la navigation.</li> <li>➤ Manipulations additionnelles requises lorsque le rejet en eaux libres est impossible</li> </ul>
--	---	--

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### Dragage hydraulique

<p>SUCEUSE SIMPLE À DÉSAGRÉGATEUR</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Taux de production élevé (jusqu'à 7000 m<sup>3</sup> à l'heure).</li><li>➤ Facilite le transport sur de longues distances des matériaux dragués.</li><li>➤ Taux de remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau plus faible qu'avec les mécaniques, à l'endroit du dragage.</li><li>➤ Utilisation non limitée par les vitesses de courant.</li><li>➤ Dans les sédiments pollués, minimalisation des risques pour les travailleurs et la population grâce au transport par pipeline.</li><li>➤ Pour l'excavation de volumes importants, les coûts unitaires sont généralement moins élevés que ceux des mécaniques.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Haute teneur en eau des matériaux excavés (80 % à 90 %).</li><li>➤ Grandes surfaces nécessaires pour le dépôt des matériaux dragués et le traitement des eaux.</li><li>➤ Fond irrégulier généralement laissé dans les sois durs.</li><li>➤ Impossibilité d'enlever la plupart des débris de façon hydraulique.</li></ul> <p>Dragues suceuses- refouleuses très sensibles à la houle et aux vagues.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ La drague elle-même et la présence du pipeline peuvent constituer un obstacle à la navigation.</li><li>➤ Le rejet en eaux libres par pipeline génère plus de turbidité que le rejet par barge des dragues mécaniques.</li><li>➤ La présence de gaz dans les sédiments peut affecter le fonctionnement des pompes.</li></ul>
---	--	--

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

Suite de tableau :

<p>DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entrave à la navigation nulle.</li> <li>➤ Transport sur de longues distances facilité et aucune manipulation additionnelle lorsque le rejet en eaux libres est possible.</li> <li>➤ Utilisation maximale des compartiments grâce à la surverse.</li> <li>➤ Application non 'imitée par les vitesses de courant, par les vagues ou par la houle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Haute teneur en eau des matériaux excavés (80 % à 90</li> <li>➤ Impossibilité d'enlever la plupart des débris de façon hydraulique.</li> <li>➤ Taux de remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau plus élevé qu'avec les dragues mécaniques, à l'endroit du dragage.</li> <li>➤ Impossibilité d'opérer en continu.</li> <li>➤ Dans les sédiments pollués, impossibilité d'utiliser la pleine capacité des compartiments sans recourir à la surverse.</li> <li>➤ Manipulations additionnelles des matériaux requises lorsque le rejet en eaux libres est impossible.</li> <li>➤ Précision moindre que pour tous les autres types de drague.</li> <li>➤ Utilisation généralement réservée à l'excavation de volumes importants dans les chenaux de navigation.</li> </ul>
--	---	--

**Tableau II.4: Principaux avantages et Inconvénients des options disponibles pour l'excavation des sédiments.**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

### II .3.7- Différents Moyens De Dragage:

- Tapis roulant
- Chalands vides par des bennes preneuses au niveau des rives
- Chalands vides directement en amont dans la retenue.
  
- Transport hydraulique par conduites flottantes et terrestres en utilisant un volume minimum d'eau,
  - Par engins de terrassement, Pour l'épandage de la vase dans l'oued ou dans la zone de rejet, il est important de :
    - veillez à ne pas obstruer l'oued de façon à assurer l'écoulement de l'eau durant les chasses de vidange de fond ou les déversements du barrage
    - identifier les zones de rejet le long de l'oued
    - définir les aires de stockage de préférence sur les rives de la retenue pour la récupération des eaux après décantation.[18]

### II .3.8- Modifications des méthodes de dragage:

La réduction des répercussions associées au dragage passe non seulement par une amélioration des équipements mais aussi par une modification des méthodes ou des modes d'opération de ces équipements. En plus de présenter pour chaque type d'équipement les principaux facteurs influençant le taux de remise en suspension des sédiments, le 'tableau 5 fournit une liste de recommandations relatives aux améliorations pouvant être apportées aux méthodes actuelles de dragage et de transport..

#### A) DRAGAGE MÉCANIQUE :

La remise en suspension provoquée par l'utilisation des dragues mécaniques peut être réduite en prenant des mesures opérationnelles appropriées. Ainsi, il sera particulièrement important de régler la vitesse de descente de la benne à moins de m/s, de minimaliser la vitesse de remontée du godet. Ou de la pelle lorsque des matériaux fins et non cohésifs sont dragués et de renoncer à la pratique d'aplanir la surface excavée en traînant la benne. Ces mesures devraient s'appliquer dans tous les cas où des ressources sensibles peuvent être affectées par une hausse de la turbidité. L'utilisation d'un équipement électronique informatisé couplé à un logiciel de contrôle et à un moniteur vidéo peut permettre le réglage automatique des vitesses de descente/remontée en fonction de la profondeur déterminée à chaque endroit. Il permet également de contrôler avec précision la profondeur du dragage et la localisation de l'aire à draguer de manière à éviter le surdragage ainsi que l'abandon de plages de résidus.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### B) DRAGAGE HYDRAULIQUE :

De façon générale, lorsque la pression de pompage, la vitesse de rotation du désagrégateur, la vitesse de déplacement de la tête de la drague et la profondeur de la coupe font l'objet d'un contrôle serré, les dragues hydrauliques occasionnent peu de répercussions sur le site des travaux. De façon plus particulière, un équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et la capacité de la pompe doit être maintenu afin de réduire la remise en suspension des sédiments. En effet, l'équilibre judicieux de ces paramètres opérationnels permet une plus grande efficacité et un rendement plus élevé puisque l'ensemble des sédiments délogés sont aspirés par drague. Plusieurs techniques simples d'opération permettent de régler l'allure d'excavation par la tête désagrégatrice sur l'allure de pompage.

DE DRAGUE	FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE REMISE EN SUSPENSION DES SÉDIMENTS	MÉTHODES DE DRAGAGE ET DE TRANSPORT
DRAGUES MÉCANIQUES	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Impact sur le fond lors de la descente de la benne et vitesse de remontée de la benne.</li><li>➤ Lavage de la pelle rétro caveuse ou du godet lors de la descente.</li><li>➤ Perte de matériaux pendant le transport par barge ou par chaland.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilisation soignée des équipements par des opérateurs convenablement formés et sensibilisés.</li><li>➤ Réduction de la vitesse de remontée et de descente de la benne 0,6 m/s).</li><li>➤ Nivellement du fond par pivotement de la benne sur le fond à éviter.</li><li>➤ Descente de la benne le plus bas possible dans le chaland.</li><li>➤ Lavage de la benne sur le chaland dans le cas d'une pollution très importante.</li><li>➤ Transport des chalands à éviter lorsque les conditions météorologiques peuvent entraîner la perte de matériaux</li></ul>

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

DRAGUES HYDRAULIQUES	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Profondeur de coupe.</li><li>➤ Vitesse de déplacement latéral.</li><li>➤ Angle de la crépine.</li><li>➤ Vitesse de rotation de la tête du désagrégateur.</li><li>➤ Profondeur de la coupe.</li><li>➤ État de la marée (montante ou descendante).</li><li>➤ Déplacement de la drague vers l'avant (abandon de plages de résidus.</li><li>➤ Portion inférieure du désagrégateur lorsque la drague excave par couches épaisses.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilisation soignée des équipements par des opérateurs convenablement formés et sensibilisés.</li><li>➤ Choix de plans de coupe en escalier 'au lieu de coupes verticales.</li><li>➤ Remontée des ancrs avant le déplacement de la drague.</li><li>➤ Opération de la drague en décrivant des arcs concentriques contigus sur la surface de dragage et en coupant dans le sens du balayage ; de façon à éviter la de plages de résidus. Idéalement, chaque coupe devrait se superposer à la précédente avec un chevauchement de 0,3 m</li><li>➤ Utilisation d'un système de pieux pour le déplacement de la .</li><li>➤ Positionnement précis de la drague.</li><li>➤ Limitation de la profondeur de coupe pour qu'elle corresponde approximativement au diamètre du désagrégateur .</li><li>➤ Limitation de la vitesse de déplacement latéral de ta tête de la drague. .</li><li>➤ Utilisation de couteaux ajustés et appropriés.</li><li>➤ Modification ou ajustement de l'angle d'attaque des couteaux du désagrégateur .</li><li>➤ Optimisation de la vitesse de rotation du désagrégateur avec la puissance de la pompe.</li><li>➤ Limitation de la vitesse de rotation du désagrégateur à 30tours/min.</li><li>➤ Enlèvement de la tête désagrégatrice dans les matériaux fins et mous.</li><li>➤ Nettoyage du pipeline avant d'enlever ou d'ajouter une section de tuyau. .</li></ul>
-------------------------	--	--

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

<p>DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisation de la surverse.</li> <li>➤ Turbulence générée par la drague autopropulsée.</li> <li>➤ Vitesse de croisière.</li> <li>➤ Crépine traînant près du fond de l'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisation soignée des équipements par des opérateurs convenablement formés et sensibilisés.</li> <li>➤ Recours à la surverse à éviter pour les matériaux fins.</li> <li>➤ Optimisation de la vitesse de la drague avec la puissance d'aspiration de la pompe.</li> <li>➤ Réduction de la vitesse d'écoulement de la boue pompée dans les puits à déblais</li> <li>➤ Choix d'une technique d'avancement de drague minimalisant les plages de résidus</li> <li>➤ Choix de plans de coupe en escalier au lieu de coupes verticales.</li> <li>➤ Remontée des ancrs avant le déplacement de la drague</li> </ul>
--	--	--

**Tableau II.5 : Modifications pouvant être apportées aux méthodes de dragage et de transport des sédiments.**

De façon générale, la vitesse du désagrégateur devrait toujours être réglée au minimum à l'intérieur des limites d'une production acceptable sur le plan économique. Des vitesses réduites sont souvent plus efficaces économiquement et environnementalement.

Les pentes des chenaux de navigation devraient faire l'objet de coupes en escalier plutôt que de coupes verticales. Cette dernière pratique qui consiste à laisser le talus s'affouiller et atteindre par lui-même son angle de repos entraîne une remise en suspension considérable des matériaux lorsqu'ils sont fins et peu cohésifs.

Dans certains projets, il est parfois plus économique de procéder à des coupes grossières pour ensuite compléter le projet par un nettoyage final. Cette technique n'est généralement pas recommandée car la couche de sédiments laissée par les coupes grossières peut facilement être remise en suspension sous l'effet des courants et de la circulation maritime. Cette technique devrait donc être utilisée uniquement lorsque la remise en suspension des sédiments n'affecte pas de ressources sensibles.

De longues distances d'avancement de la drague pour chaque coupe, les coupes très profondes et les coupes très superficielles devraient être évitées. Les coupes trop profondes ont tendance à ensevelir la tête désagrégatrice et provoquent une remise en suspension importante si

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

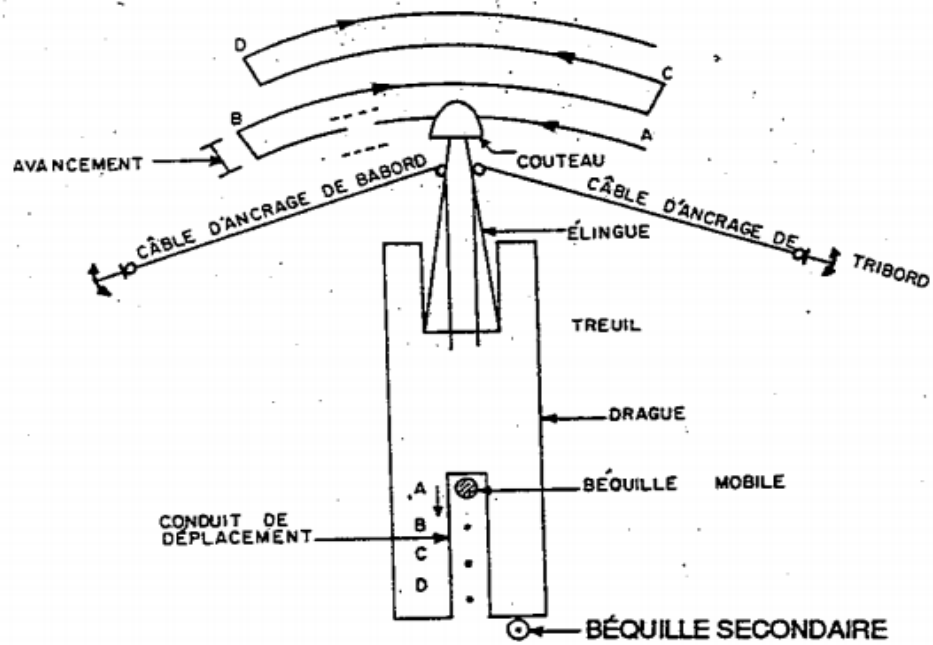
---

l'aspiration est insuffisante. D'autre part, si les coupes sont trop superficielles, la tête désagrégatrice aura tendance à rejeter les sédiments en dehors de la prise d'aspiration. .

L'opérateur devrait déplacer la tête de la drague en s'assurant que le désagrégateur couvre le mieux possible la surface à draguer, réduisant ainsi la formation de plages de résidus ou de rides constituées par les sédiments partiellement laissés entre les coupes. Les sédiments amassés sur ces rides peuvent être remis en suspension et sont exposés aux courants et à la turbulence causée par la tête désagrégatrice ou par les manœuvres de la drague. La formation de ces rides est éliminée en décrivant des arcs concentriques contigus à la surface de dragage. La figure 21 montre deux techniques d'avancement : la technique à béquille mobile et la technique à deux pieux. Bien que la technique à béquille mobile soit recommandée en raison de sa meilleure performance sur les plans technique et environnemental, les deux méthodes peuvent être utilisées de telle sorte qu'elles n'entraînent pas la formation de plages de résidus non- dragués.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### Technique à béquille mobile



### Technique à deux pieux

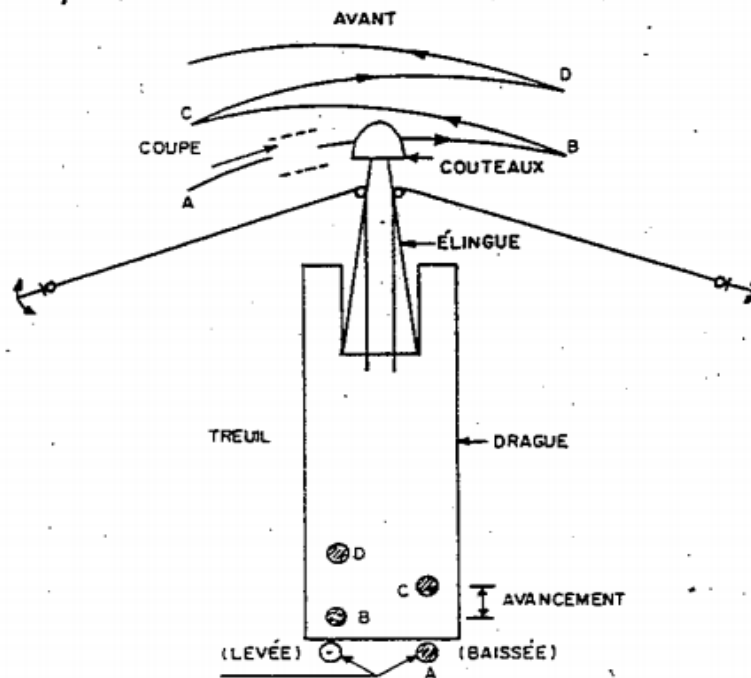


Figure II.21: Techniques d'avancement de la drague hydraulique.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

Dans le système à béquille mobile, la béquille de support (ou "pieu de travail) est fixée au fond de l'eau à partir du centre de la coque. Une ouverture (rainure) est pratiquée dans la coque selon son axe le plus long, du centre vers l'arrière. Un mécanisme hydraulique attaché à la béquille coulisse d'avant en arrière le long de cette rainure. Le piston hydraulique se détend après chaque balayage et pousse le navire vers l'avant. La longueur du cylindre étant limitée (6 à 30 m), la béquille mobile doit être replacée sur le fond tous les 5 balayages environ. En replaçant la béquille, le piston se trouve automatiquement dans sa position là. plus courte. Pour éviter que le navire ne dérive, une béquille secondaire (pieu de marche), habituellement fixée à l'arrière du bateau, est plantée au fond de l'eau. En s'assurant qu'il recoupe toujours une partie de l'aire précédemment balayée, l'opérateur peut aisément éviter de laisser des plages de résidus. Cette méthode est récente et peu répandue. Elle s'adapte facilement sur les anciens équipements. .

La méthode à deux pieux sur lesquels le navire repose en alternance est la plus courante bien que moins rapide, car elle demande un changement d'appui à chaque balayage pour pouvoir avancer. De plus, les balayages doivent être très rapprochés pour éviter la formation de plages de résidus.

Le désagrégateur devrait être muni de couteaux adaptés au travail envisagé. La tête doit être conçue en fonction de la longueur de l'élinde. Le nombre de couteaux et leur rayon de courbure sont d'autres facteurs très importants qui doivent être bien ajustés en fonction de la profondeur d'excavation et de la nature et de l'épaisseur de la couche de sédiments à draguer.

Dans la mesure du possible, la tête désagrégatrice doit être retirée où cesser d'opérer lorsque la nature des matériaux le permet afin de rapprocher davantage la tête aspirante des sédiments à excaver et de diminuer la remise en suspension des sédiments.

L'angle de ratissage du désagrégateur doit être soigneusement déterminé. S'il est trop large, les sédiments les plus fins seront projetés hors de la portée de l'aspirateur. S'il est trop petit, le défonçage du fond se produira avec le talon de la dent et la remise en suspension des sédiments se trouvera ainsi augmentée. Pour les sédiments à granulométrie fine, un angle de ratissage de 20 à 25 degrés est idéal. Ce dernier permet une entrée étroite qui soulèvera les sédiments du fond et les dirigera vers la succion

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### II.4- OPERATION DE DRAGAGE SUR L'KSOB:

#### II.4.1- Dragage du barrage de K'SOB:

L'ANBT a lancé un projet de dévasement de quelques barrages algériens dont celui de K'SOB, mais dans ce cas il s'agit d'un dragage technique pour vider les vidanges de fonds. Cette opération confiée à une entreprise ANBT rentre dans le cadre de l'entretien du barrage elle aura pour objet le dévasement de 5 Hm<sup>3</sup>.

L'opération a été lancée en 21-11-2019, le délai journée à partir de 6.00 à 22.00 Deux groupes, le premier groupe à travailler à partir de 6.00 à 13.00, et le 2eme groupe travailler de 13.00 à 22.00.

Nom de dragueur G(a) : Sélim. Prénom du dragueur G(a) : Yassine

Nom de dragueur G(b) : Ben-Marzouk. Prénom du dragueur G(b) : Al Yameen.

#### a) Avancement des travaux :

le volume de vase extraite à février 2023 est 819246 m<sup>3</sup>.

Les travaux à l'arrêt pour manque d'eau.

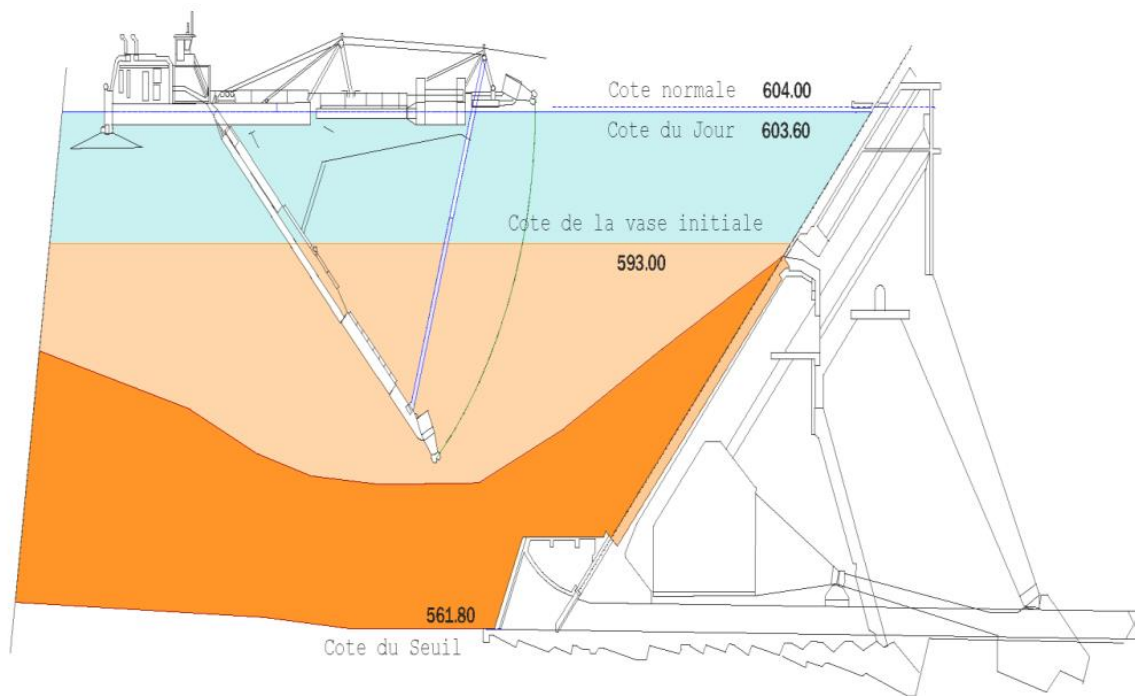


Figure II.22: Schéma général de dragage du barrage K'sob.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

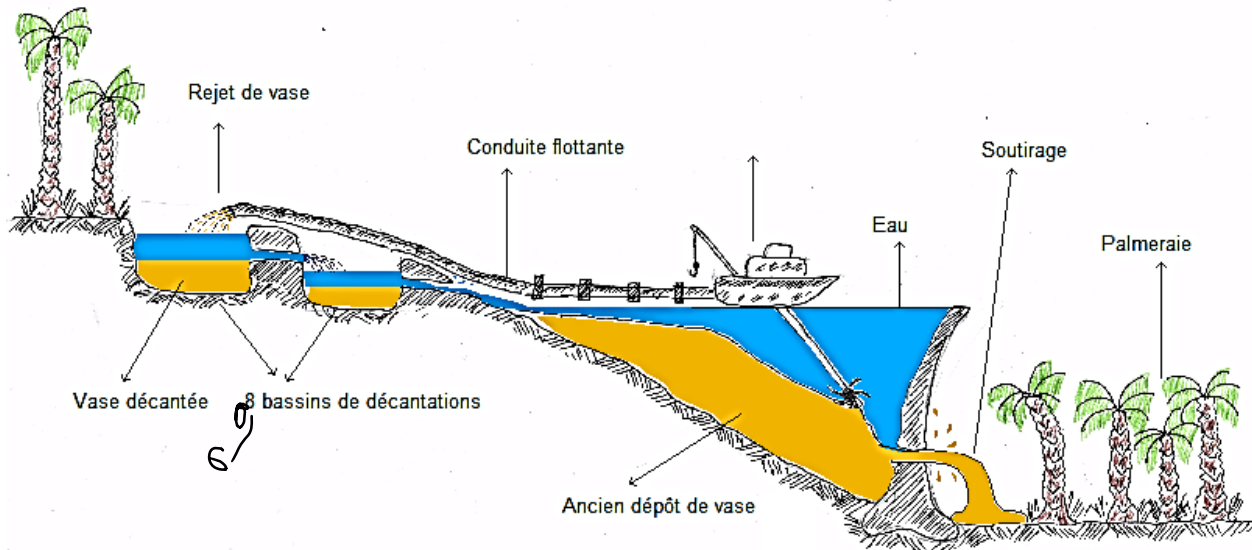


Figure II.23: Schéma général de dragage du barrage.

### b) Description de la drague :

La drague utilisée est une drague hydraulique, drague suceuse à désagrégateur (Figure II.24).

La vase fait 20 mètres de profondeur ce qui à amener spécialement dans ce barrage à utiliser une élinde de 30 mètres pour l'atteindre.

Cette technique utilise des pompes centrifuges, aspirant à travers un tube d'élinde, muni d'un embout, appelé bec élinde, un mélange eau sédiments. Elles aspirent et refoulent donc les sédiments sous forme de boues liquides dont la teneur en eau varie autour de **80%**.



Figure II.24: Equipements drague du barrage K'sob M'sila.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### II .4.2- Technique de dragage utilisé:

#### II .4.2.1- Dragage hydraulique: « Drague aspiratrice Suceuse à désagrégateurs »

##### (drague aspiratrice stationnaire)

Les sédiments sont désagrégés par le cutter et aspirés avec de l'eau. La mixture obtenue est refoulée directement par une conduite au point de dépôt. Elle accède facilement aux endroits de petites tailles et à faible tirant d'eau.

Le principe d'extraction de cette drague, est la désagrégation du fond de vase à l'aide du désagrégateur (remaniement du solide de façon à constituer un mélange appelé 'mixture').

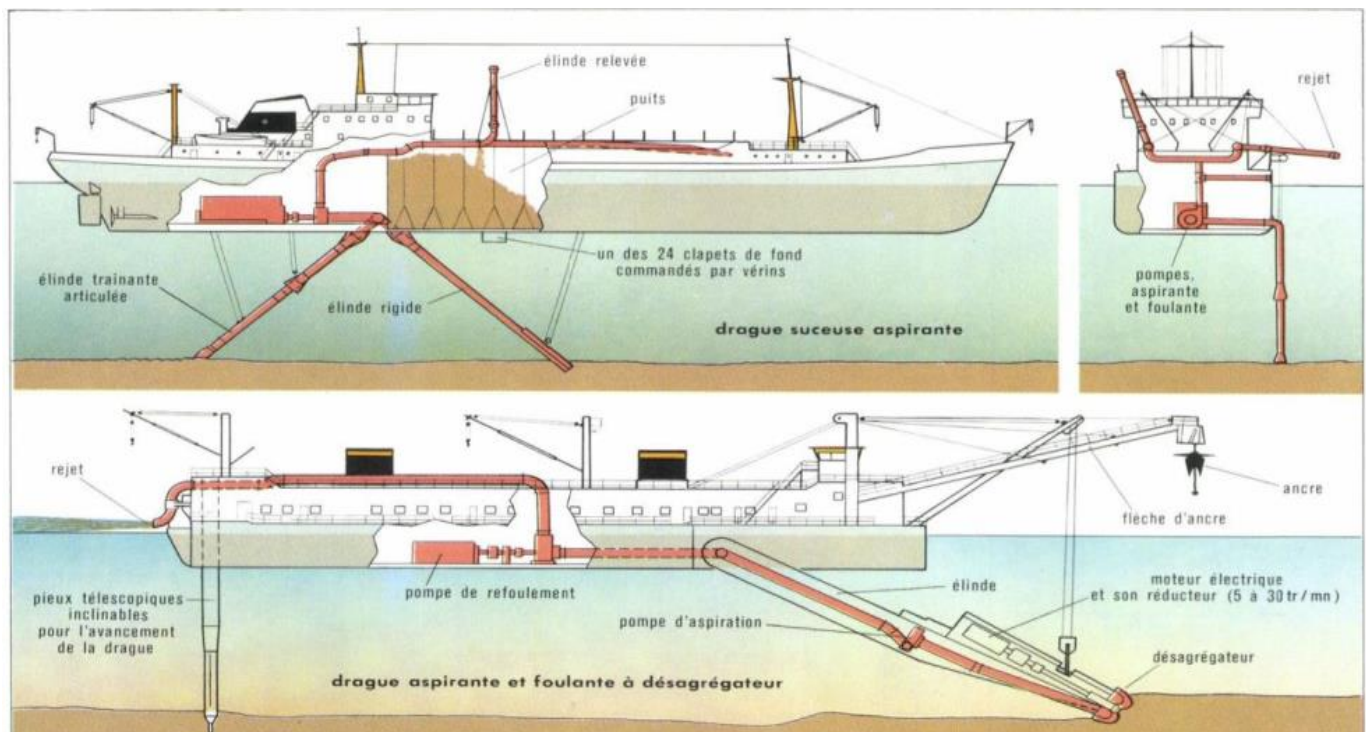


Figure II.25: Drague aspiratrice Suceuse à désagrégateurs.

#### II .4.2.2- Pompe de dragage submersible DOP:

Pompe de dragage hydraulique submersible utilisable dans ports et bassins, eaux côtières et voies navigables intérieures. Cette mixture est aspirée par la pompe d'aspiration, puis refoulée à l'extérieur de la retenue à l'aide du système de refoulement pour le transport de la vase vers les bassins de stockage

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

réalisés à cet effet.



Figure II.26: le cutteur (DOP) [Source étudiant].

### II .4.2.3- le volume dévasé moyenne horaire:

DATE	VOLUME DEVASE(m3)	VOLUME HORAIRE(h)	MOYEN (m3/h)
01/02/2023	0	0	0
02/02/2023	1 472	6	245.33
05/02/2023	2135	11	194.09
06/02/2023	2 530	11	230
07/02/2023	250	2	125
08/02/2023	1240	5	248
09/02/2023	1441	5	288.2
12/02/2023	1673	6	278.83
13/02/2023	904	4	226
14/02/2023	2780	12	231.66
15/02/2023	681	4	170.25
16/02/2023	0	0	0
Total:	15106	66	2237.36

Tableau II.6 : le volume dévasé moyen horaire.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

### II .4.2.4- Caractéristiques Technique Drague CSD 350/B060184/2007:

DIMENSIONS	Année de construction Longueur totale Largeur totale Hauteur Tirant d'eau Longueur d'élinde Profondeur de dragage Profondeur de dragage pompe suspendue Capacité des soutes (gas-oil)	2007 54 m 54 m 7.32 m 7.25 m 0.90 m 40 m 30 m 50 m 2 x 15 m <sup>3</sup>
SYSTEME DE REFOULEMENT	Moteur principal Pompe immergée type Pompe à bord type $\phi$ de rouet pompe à bord $\phi$ de rouet pompe immergée Conduite d'aspiration	CAT 3412 DOP 3530 LD BP 3530 MD 860 mm 704 mm $\phi$ 350 mm
	Conduite de refoulement Débit mixture Longueur conduite flottante $\phi$ 400m	$\phi$ 400 mm 1200 – 2000 m <sup>3</sup> /h $\approx$ 600 m
SYSTEME HYDRAULIQUE	Moteur auxiliaire Puissance de désagrégateur Vitesse de rotation du désagrégateur Puissance pompe DOP Puissance pompe à déblais « BOOSTER » Nombre de treuils	CAT 3412 51 HP – 38 kW 35 tr/mn 250 kW (630 tr/mn) 375 kW (700 tr/mn) 04 Av + 03 X mas 3
ENERGIE ELECTRIQUE	Moteur Puissance	LISTER PETTER 30 KVA – 24 kW

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

EQUIPEMENT DE MESURE	Débitmètre	KROHNE – IFS
EQUIPEMENT DE MESURE	Source radioactive blindée	4005 F CS 137
	Densimètre	TNT
	Compteur Volume (m3 ou tonnes)	SIEMENS – SIMATIC PANEL

**Tableau II.7 : Caractéristiques Technique Drague CSD 350/B060184.**

### II .4.2.5- Le booster:

Compte tenu de la dénivelée entre la retenue et la zone de rejet, un booster (pompes intermédiaires) (Figure II.27) terrestre a été prévu pour maintenir une pression suffisante tout le long de la conduite.



**Figure II.27: Booster.**

### II .4.3 Système de refoulement:

#### a) La conduite flottante:

La conduite flottante (Figure II.28) dispose de segments flexibles bridés pour permettre les mouvements de la drague. Les éléments de conduite flottante seront connectés et mis à l'eau au fur et à mesure du montage.

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE



Figure II.28: Conduite flottante [source étudiante].

### b) La conduite terrestre :

Le refoulement vers la décharge a été réalisé à l'aide d'une conduite terrestre de 600 mètres (fig.29), composée d'éléments en acier de diamètre 400 mm et de 12 mètres de long chacun. La conduite de refoulement mobilise les vases extraites (fig.28) vers les bassins de stockage (fig.31) où l'eau collectée par gravité à partir des digues rejoint le cours d'eau pour enfin retourner à la retenue du barrage.



Figure II.29: Conduite de terrestre [source étudiante].

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---



**Figure II.30: Vase stockée [source étudiante].**



**Figure II.31: Bassin de stockage [source étudiante].**

## CHAPITRE 2 : GENERALITE SUR LE DRAGAGE

---

### **II.5 CONCLUSION:**

En conclusion, le dragage joue un rôle crucial dans le maintien des voies navigables l'amélioration des infrastructures portuaires et la réalisation de projets de construction marins. Bien qu'il présente des avantages indéniables, il est essentiel de mener ces activités de manière responsable sur le plan environnemental, en prenant en compte les impacts potentiels et en mettant en œuvre des mesures appropriées de gestion des sédiments et des contaminants.

**CHAPITRE III :**  
**MÉTHODE DE TRANSPORT PAR**  
**PIPELINE**

## **CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE**

---

### **III.1- INTRODUCTION :**

Les pipelines de dragage sont des systèmes de canalisations spécialement conçus pour le transport des matériaux de dragage, tels que les sédiments, les boues et les graviers, sur de longues distances. Ils jouent un rôle essentiel dans les opérations de dragage, qu'il s'agisse de maintenir la profondeur des voies navigables, d'extraire des ressources marines ou de gérer les sédiments dans les zones côtières.

### **III.2- INFORMATIONS SUR LE TERRAIN :**

Les matériaux à draguer peuvent être divisés en deux types, les roches et les sédiments. Les roches sont les types de matériaux, qui viennent par action volcanique à la crête de la terre et sont visibles comme des montagnes à la fois au-dessus et au-dessous du niveau de la mer. Les sédiments proviennent de l'altération de la roche et du transport du matériau sur une certaine distance par la glace, l'eau ou le vent. Les sédiments sont généralement appelés sols.

La glace peut transporter des matériaux sur de grandes distances sans modifier les caractéristiques des sédiments, de sorte qu'on peut trouver de gros morceaux de roche dans un ancien dépôt glaciaire d'argile. Lorsque les sédiments sont transportés par l'eau, ils dégringolent, roulent et cisailent dans le cours d'eau et réduisent taille due à l'usure et ils se brisent en raison de l'impact de frapper d'autres pièces ou particules. C'est la raison pour laquelle les sédiments plus éloignés d'une source (montagne) sont plus finement classés que les sédiments proches de la source. Le gravier se trouve en amont et le sable et le limon en aval dans une rivière.

Lorsque les sédiments sont soufflés par le vent, ils ont tendance à être fins et uniformément classés en raison du fait que le vent peut les transporter. Les particules trop grosses pour être absorbées restent à la surface à la source et protègent la zone contre toute nouvelle érosion.

La résistance du pipeline se comporte de la même manière. Les matériaux grossiers ont besoin de beaucoup d'énergie pour être transportés (comparez cela avec les pentes abruptes des rivières dans les montagnes) et les matériaux fins ont besoin de peu d'énergie pour être transporté (comparer avec le transport de limon dans une rivière dans une zone de basses terres).

Les caractéristiques du sol influencent fortement l'énergie demandée pour pomper un mélange sur une certaine distance à une capacité de production donnée

Regarder la terre au-dessus de l'eau donne surtout une bonne impression des caractéristiques sous l'eau et sont bonnes Guide pour un opérateur de dragage qui commence à travailler dans une nouvelle zone.

[19]

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE

---

### III.3- LES PIPELINES :

Le pipeline est la voie de transport des matériaux dragués du fond marin à travers la drague jusqu'à la trémie de la drague suceuse traînante (**DST**) ou vers la zone de remise en état pour la drague suceuse de coupe (**DSC**) ou pour la **DST** lors du pompage à terre. Le pipeline est le moyen de transport du milieu,

Mais il impose également des restrictions sur le transport. Un pipeline est un assemblage de nombreux types de pièces et de pièces, qui ont toutes une fonction et des caractéristiques qui influencent la production totale processus.

Une liste de composants peut être établie pour un **DSC** (la drague suceuse de coupe) en commençant par la fraise et la bouche d'aspiration et se terminant à un raccordement à la poupe pour raccorder un pipeline flottant pour atteindre la rive. Pour un **DST** (la drague suceuse traînante) cela commence par la tête de traînée et se termine par la décharge de la goulotte du diffuseur dans la trémie.

Un **DSC** ou un **DST** pompant à terre est relié par un pipeline flottant et une connexion à terre au pipeline côtier. Le pipeline à terre se compose de nombreux tuyaux, coudes et pièces en Y ainsi que de vannes dans la zone de remise en état.

Les sections de tuyaux sont généralement en acier doux, elles sont constituées de plaques soudées ou laminées en spirale avec des brides pour les relier les unes aux autres ou aux autres composants.

À bord de la drague, de nombreux coudes sont en fonte en raison de la complexité de la ligne et de l'épaisseur de paroi requise des virages serrés. La plupart des systèmes de canalisations à bord de la drague sont revêtus de tuyaux intérieurs en acier moulé spécial très résistant à l'usure. Récemment, les tuyaux à bord de certaines dragues ont été équipés de carreaux de protection contre l'érosion afin de réduire le taux d'usure et la résistance et d'augmenter ainsi la durée de vie des tuyaux.

#### III.3.1- Les Pipelines Flottants :

Les pipelines flottants sont utilisés dans deux types distincts :

**a) Le type unique** consiste en des sections de tuyaux en acier de 12 à 18 mètres de long, qui sont maintenues à flot - y compris le mélange sol-eau transporté - au moyen de flotteurs séparés. Il pourrait s'agir de pontons en acier - deux par section de tuyau, chacun muni d'une selle pour reposer le tuyau

**b) des flotteurs en plastique** enroulés autour du tuyau. Ces flotteurs se composent de deux moitiés, qui sont montées ensemble par des boulons autour du tuyau en acier.

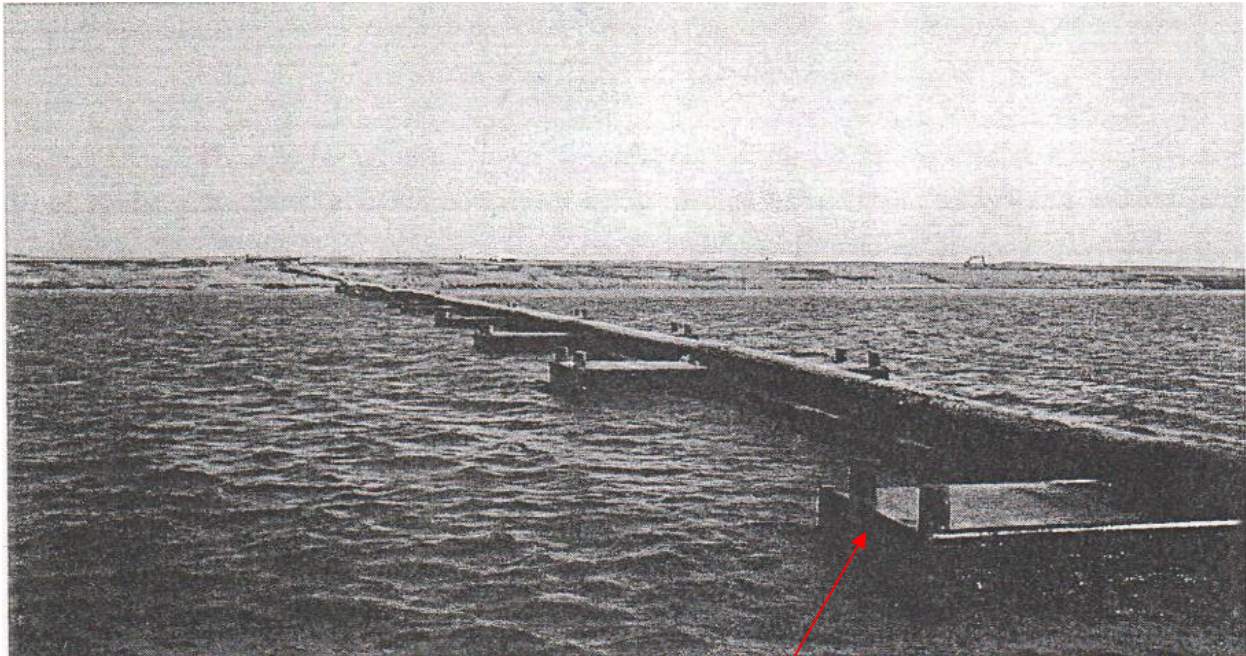
Dans le premier cas, les sections de tuyauterie sont reliées par des rotules en acier robustes pour permettre des courbes dans la conduite et une flexibilité dans les mouvements dus aux vagues, etc. (Figure III.1) Les pontons peuvent être équipés de treuils et d'ancrages pour maintenir la canalisation en position ou dans une certaine courbe.

Les canalisations en acier avec flotteurs en plastique enroulés sont pourvues de brides en acier et sont connectés par des boulons. À intervalles réguliers, un tuyau de pression en caoutchouc flexible est inséré pour prendre soin des besoins nécessaires flexibilité dans le pipeline.

Le deuxième type se compose de tuyaux ou de tuyaux auto flottants entièrement flexibles en caoutchouc avec un corps de flottaison en caoutchouc vulcanisé intégré (Figure III.2). Il s'agit d'un type de tuyau appliqué pour la plupart des connexions à terre de **DST**. La connexion à la drague est

## **CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE**

principalement réalisée par un raccord rapide en acier et un ensemble spécial de tuyaux, qui sont plus flexibles et peuvent résister à de grandes forces de traction longitudinales. [19]



**Figure III.1: Pipeline flottant sur pontons.**



**Figure III.2: Pipeline flottant avec flotteurs.**

## **CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE**

---

Les tuyaux auto flottants en caoutchouc ont des brides en acier vulcanisées aux deux extrémités et peuvent être reliés par des boulons. [19]

Le type de pipeline convient au travail dans les vagues et est fréquemment utilisé lors du rejet à terre d'un DST ou d'un grand DSC. Il est cependant très coûteux par rapport aux autres types de pipelines et plus vulnérable aux dommages extérieurs.

### **A) Gazoduc Sinker :**

Afin de réduire la longueur totale des pipelines flottants coûteux et vulnérables, des pipelines « à plomb » sont utilisés pour combler de plus longues distances au-dessus de l'eau. Ces pipelines sont construits à partir de sections de tuyaux en acier qui sont soudés ensemble sur de plus longues longueurs et abaissés sur le fond marin, où ils reposent sans autre support. Ils sont reliés au(x) pipeline(s) flottant(s) et/ou terrestre(s) par des rotules en acier et des tubes dits riser. Dans certains cas, des tuyaux en caoutchouc sont également utilisés. Sur les projets de réapprovisionnement des plages ou d'autres projets où la DST ne peut pas s'approcher de la zone d'élimination, des pipelines de plomb sont utilisés pour combler la distance entre des eaux plus profondes et sûres à travers la zone de surf jusqu'à la plage. La connexion entre le DST et le pipeline de plomb est réalisée avec un ensemble spécial de tuyaux en caoutchouc, avec des capacités de flottaison réduites variables. [19]

### **B) Pipeline Shore :**

Selon la position de la zone d'immersion par rapport au navire de livraison, un pipeline devra être posé jusqu'à la zone d'immersion pendant la durée du travail, L'itinéraire de la connexion à terre l'aire d'élimination doit être aussi courte que possible. Cependant, de nombreux obstacles peuvent interférer avec la pose de la conduite, tels que les zones bâties, l'opposition des propriétaires fonciers, les routes, les canaux, etc. Les lignes de livraison doivent avoir une épaisseur de paroi suffisante, car elles peuvent rester longtemps dans la même position. Le temps et l'usure auront leur effet sur des endroits particuliers. Les tuyaux devront être tournés régulièrement afin pour répartir l'usure sur toute la paroi du tuyau. Les rives semi-permanentes doivent être étanches à l'eau pour éviter les inconvénients et les dommages aux tiers. Des tuyaux de la meilleure qualité ou de nouveaux tuyaux sont utilisés lors de la pose d'un pipeline dit fixe. Les tuyaux usés sont plus légers et peuvent être plus facilement transportés lors de l'élimination, bien qu'ils aient moins de résistance et soient vulnérables aux dommages causés par les chargeuses sur pneus et les bulldozers. [19]

Les bosses dans les tuyaux s'useront plus fort que le reste du tuyau et pourraient devenir des entiers très rapidement. Des boulons d'un diamètre adéquat doivent être utilisés et le garnissage doit être placé aussi droit que possible dans l'alignement de la tuyauterie, car des pièces inégales dans la paroi du pipeline entraîneront une augmentation de l'usure à ces endroits.

#### **B.1) Rétrécissement/Expansion :**

Les lignes de livraison sont sensibles aux variations de température intérieure et extérieure. Une canalisation de 1 000m qui est soumise à une élévation de température de 10 degrés Celsius s'étendra dans le sens de la longueur d'environ 0,12 m. ». Lors de la pose de canalisations dans les zones à haute température, cela se fait de préférence de nuit, pour éviter l'étirement des raccords de boulon (et des raccords de bride serrés). Cet allongement sera généralement absorbé par des coudes. Les pipelines

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

côtiers sont normalement posés sur des terrils sur lesquels ils peuvent s'installer sans endommager la surface de support. Lorsque vous traversez des surfaces dures, il est tout aussi bien de placer des morceaux dessous le pipeline et des deux côtés du virage, ce qui permet au pipeline de se déplacer facilement sans causer de dommages.

### C) Y-Pièce :

Pour déplacer le flux de mélange de l'une à l'autre tuyauterie lors de la livraison, une pièce en Y est utilisée. Une unité de tuyauterie en Y se compose d'un tuyau en Y (ou d'un tuyau de dérivation), de deux vannes à fil de sable et d'une ou deux sections de conduite de refoulement. Il est monté de telle manière que soit le tuyau de descente avec vanne peut être échangé, soit l'avant tuyau par une section de tuyauterie d'une longueur de 6 ou 12 m. Pour faciliter l'échange d'une unité de conduite de dérivation par une section de canalisation fixe de 6 m, la longueur totale de la section de tuyauterie est portée à une longueur de la longueur standard des tuyaux. La branche est inclinée à 30 ou 45 degrés. Le diamètre du tuyau reste le même.

Il est clair que l'échange d'un tuyau par une pièce en y doit se faire à un moment de la journée où la température du tuyau permet l'insertion d'un nouveau tuyau. Il faut se rendre compte que la température d'un tuyau de recharge vide posé au soleil est beaucoup plus élevée qu'un tuyau dans un pipeline en fonctionnement [19]

### D) Coudes :

Les courbures sont disponibles dans les angles suivants : 15,22,5,30,45,60 et 90 degrés (voir Figure III.3). Quand Les courbes sont utilisées, il faut garder à l'esprit que les courbures offrent une résistance supplémentaire. En général, il est vrai que le Plus le virage est large, moins il y a de résistance.

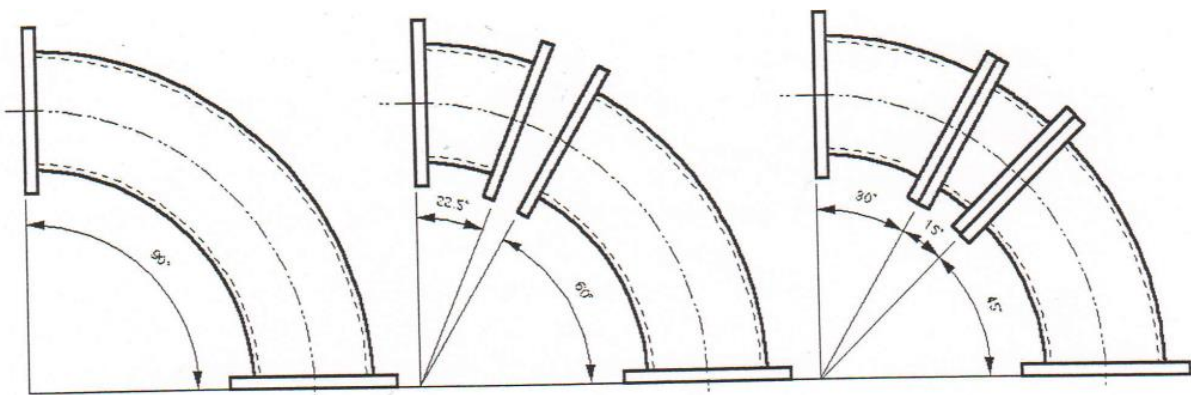


Figure III.3: Coudes disponibles pour les tuyaux de dragage.

Un coude avec un angle de 90 degrés et un rayon de  $r = 2 \times$  diamètre du tuyau,  $d = 0,65$  m, offre la même résistance qu'un pipeline droit d'environ 18 m. [19]

### Toutefois :

Si un pipeline doit faire un virage à angle droit, il donnera moins de résistance et d'usure à placer juste sur un virage de 90 degrés, que de placer 4 petits virages avec un angle de 22,5 degrés chacun, chacun

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

La courbure est reliée à une tuyauterie droite, si  $R = 2 d$  (les brides supplémentaires offrent plus de résistance).

### E) Vannes :

Si une section particulière de la conduite doit être complètement scellée, une vanne de coupure est installée dans la canalisation, la vitesse à laquelle la vanne peut être ouverte et fermée, ainsi que l'étanchéité après la fermeture, sont des exigences importantes concernant le danger de ponçage de la canalisation derrière la vanne de coupure "Pour éviter que le sable ne glisse en arrière après la fermeture, ces vannes doivent être installées au même niveau ou plus haut que la section de canalisation à sceller, également sur le site de décharge.

### F) La tête de pulvérisation :

La tête de pulvérisation est généralement constituée d'un morceau de tuyau dont la face supérieure a été coupée et dont la partie inférieure a été percée de trous. Deux crochets sur la bride assurent une installation facile et un mouvement de rotation libre de sorte que la direction du flux puisse être ajustée, Figure III.4.

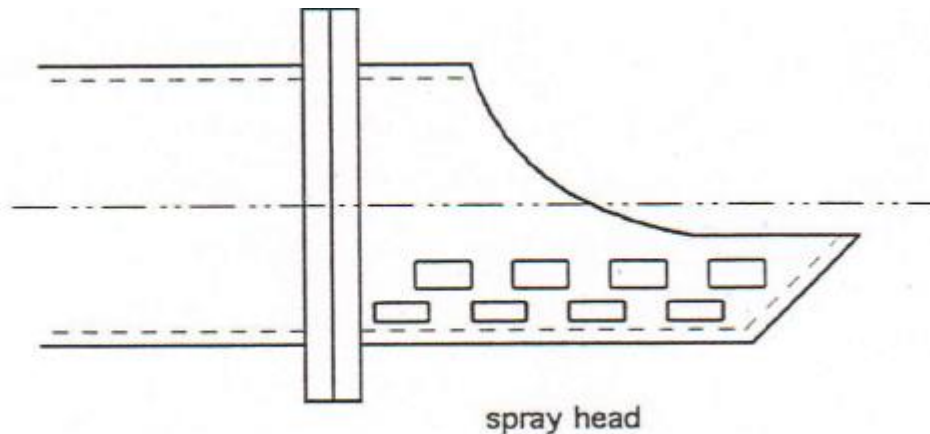


Figure III.4: Tête de pulvérisation.

## III.4- TRANSPORT HYDRAULIQUE DANS LES PIPELINES :

Après l'explication générale du pompage et de la dynamique des fluides dans le module de pompage, le processus de transport des matériaux dragués est présenté plus en détail. Pour comprendre le transport des matériaux dragués dans les pipelines, les bases du transport des fluides et des mélanges dans les pipelines sont expliquées en commençant par le transport d'eau. [19]

### III.4.1- Perte D'énergie Dans Les Tuyaux Droits :

Un fluide qui s'écoule possède une énergie potentielle et cinétique. L'énergie totale peut être décrite avec la formule :

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

$$E_t = \rho \cdot g \cdot z + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad [J]$$

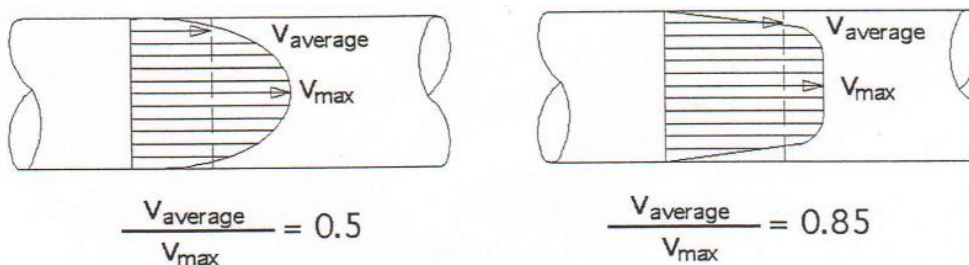
C'est le modèle de Bernoulli et il suppose que le long d'une ligne d'écoulement, dans le cas de lignes d'écoulement droites, l'énergie totale est constante dans tout l'écoulement. Cependant, en raison du frottement le long de la paroi et des turbulences, une partie de l'énergie est transférée en chaleur. L'énergie transférée en chaleur n'est plus disponible pour le mouvement du fluide et est considérée comme une perte.

Il est possible de mesurer cette perte d'énergie en mesurant l'énergie totale en deux points différents à une distance donnée le long d'une ligne d'écoulement. Aux deux points, la pression et la hauteur de l'emplacement sont surveillées. La différence d'énergie observée est principalement exprimée en gradient, la perte d'énergie sur une unité de longueur. Cette chute est appelée perte par frottement. [19]

### III.4.2- Types D'écoulement :

La chute de pression dans un écoulement dépend de la vitesse du fluide. Dans une canalisation donnée, le comportement de l'écoulement est "laminaire" si la vitesse du fluide ne dépasse pas une certaine limite. Si la vitesse dépasse cette limite, qui dépend de la viscosité du fluide et du diamètre du tuyau, le comportement devient "turbulent". Le passage d'un écoulement laminaire à un écoulement turbulent va de pair avec une forte augmentation de la résistance et donc de la perte de charge dans une conduite et en outre un changement de la façon dont la perte de frottement dépend de la vitesse moyenne.

Les deux types d'écoulement sont présentés à la Figure III.5.



**Figure III.5: Une vie laminaire et une droite turbulente.**

Une différence marquante entre les deux types d'écoulement est l'influence de la rugosité de la paroi. Dans un écoulement turbulent, la perte de frottement est fortement influencée par la rugosité de la paroi, tandis que dans un écoulement laminaire, cette influence peut être négligée.

Le type d'écoulement dépend du nombre de Reynolds ( $Re$ ), qui indique si un écoulement sera laminaire ou turbulent.

Dans la pratique du dragage, les écoulements dans les pipelines sont, en raison de la vitesse élevée de l'écoulement et de la faible viscosité de l'eau, principalement turbulents. Une exception peut être nécessaire pour pomper un mélange de limon (matériau très fin) et d'eau. La viscosité de l'eau est fortement influencée par le limon fin. Le mélange d'eau salée se comporte comme un fluide homogène avec une viscosité plus élevée que l'eau. L'influence du limon dépend bien sûr de la concentration de sel dans l'eau et des caractéristiques du limon.

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

### III.4.3- Pertes Par Frottement :

Un écoulement d'eau à travers une canalisation du diamètre d'un tuyau de dragage et une vitesse d'écoulement normale dans un tuyau de dragage subissent une résistance basée sur un écoulement turbulent. Pour maintenir le flux en mouvement, cette résistance doit être conquise. La résistance ou la force de frottement par unité de surface peut être dérivée de l'équilibre des forces agissant sur un écoulement dans un tuyau. [19]

DARCY –WEISBACH a formulé en 1845 cette chute de pression due à la perte de friction dans les tuyaux droits pour l'eau :

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

$\lambda$  = Facteur de frottement ..... [-]

$l$  = longueur de la conduite d'écoulement considérée ..... [m]

$d$  = diamètre de la conduite ..... [m]

$\rho$  = densité du fluide ..... [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  = vitesse moyenne du fluide ..... [m/s]

Les différences de comportement à l'écoulement des écoulements laminaires et turbulents sont prises en compte par la valeur du facteur de frottement  $\lambda$ , qui dépend de la vitesse d'écoulement, de la densité du fluide, de la viscosité du fluide, de la température, du diamètre de la conduite et de la rugosité de la paroi.

De plus, il faut se rendre compte que le facteur de résistance

$\lambda$  dépend également du diamètre du tuyau et de la vitesse du mélange. Un diamètre de tuyau plus grand a un plus petit  $\lambda$  et  $\lambda$  diminue avec la vitesse (voir Figure III.6).

$\lambda = 0,011$

$l = 1000$  [m]

$d = 0,8$  [m]

$\rho = 1000$  [kg/m<sup>3</sup>]

$v = 3$  [m/s]

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} = 0,011 \cdot \frac{1,000}{0,8} \cdot \frac{1,000 \cdot 3^2}{2} = 61,875 \quad [\text{Pa}]$$

# CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

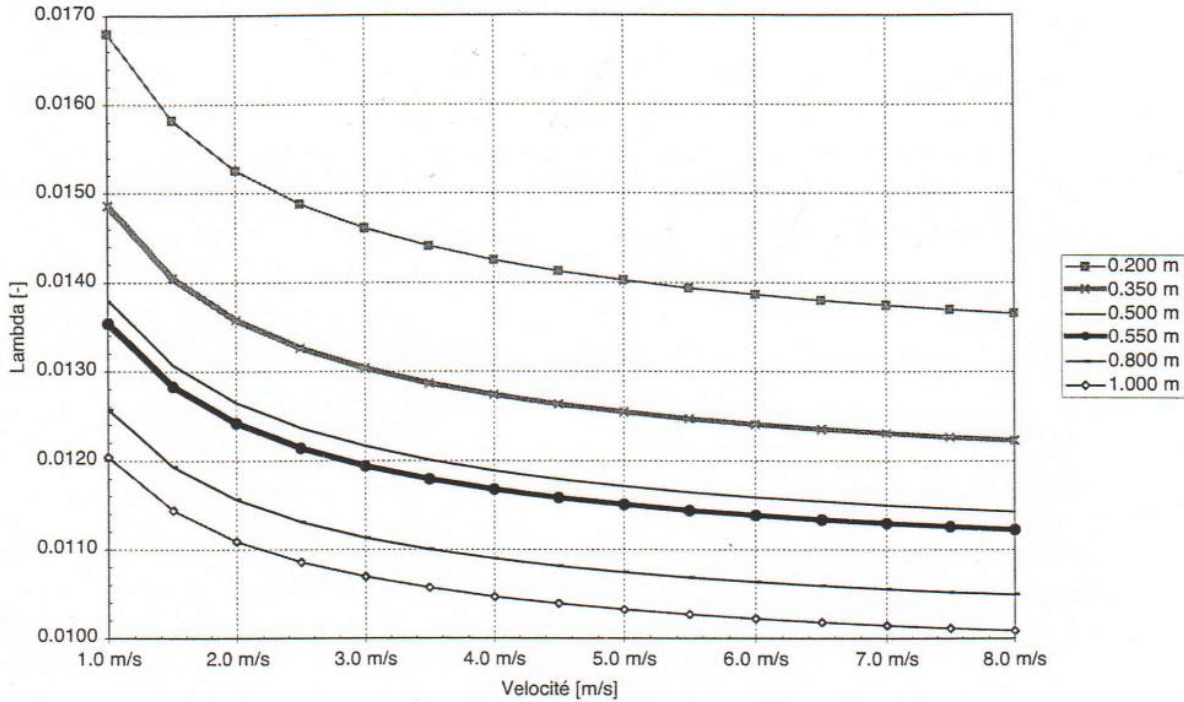


Figure III.6: Facteur pour différents diamètres de tuyaux et vitesses d'eau.

Les graphiques de la **Figure III.7** montrent la résistance à l'eau dans un tuyau de 0,80 m de diamètre interne pour des longueurs de tuyau de 1 000 m et 2 000 m et un tuyau de 0,60 m de diamètre interne pour une longueur de tuyau de 2 000 m.

Il montre que la résistance pour une vitesse donnée est plus élevée dans un tuyau de plus petit diamètre et que malgré la réduction de la valeur de  $\lambda$  la résistance augmente avec la vitesse.

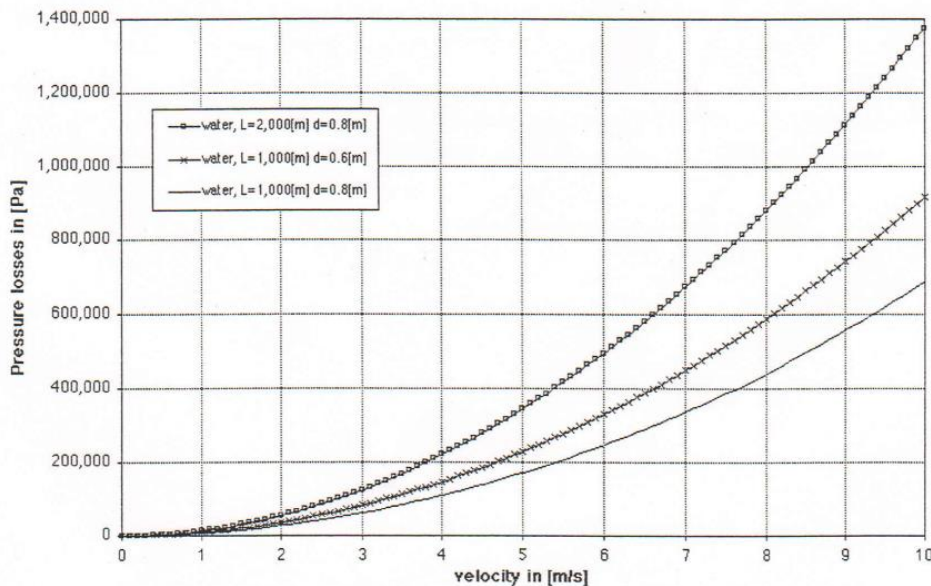


Figure III.7: Pertes par frottement dans les conduites droites pour l'eau.

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRNSPORTE PAR PAIPELINE

### III.4.4- Pertes De Décélération :

Dans un tuyau droit, seul le frottement provoque la chute de pression. Dans la pratique du dragage, un tuyau est rarement posé en ligne droite uniquement. Pour diverses raisons, toutes sortes de pièces spéciales de tuyaux sont montées pour contourner les obstacles. Par exemple, à bord de la drague, un pipeline se compose de coudes, de vannes de différentes formes et sections de tuyaux droits. Ces éléments provoquent une discontinuité dans l'écoulement. En raison de l'accélération et de la décélération du flux aux points de transition, de l'énergie supplémentaire est perdue.

La diminution de l'énergie peut être exprimé comme une diminution de l'énergie potentielle comme indiqué dans l'équation suivante :

$$\Delta p_i = \xi_i \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{Pa}]$$

$$\xi_i = \text{loss coefficient of the discontinuity} \quad [-]$$

$$\rho = \text{density of the fluid} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$v = \text{average velocity of flow} \quad [\text{m/s}]$$

La valeur du facteur dépend de la conception de la pièce de tuyau spéciale. Pour les coudes avec un rayon de courbure donné par rapport au diamètre du tuyau, les valeurs suivantes pour le coefficient de perte peuvent être utilisées, tableau 8 :

$\xi_i$	$\xi_i$ for different bends of pipe						
	r/d	15°	22.5°	30°	45°	60°	90°
1.5		0.03	0.050	0.085	0.13	0.17	0.20
2		0.03	0.045	0.060	0.09	0.12	0.13
3		0.03	0.045	0.055	0.08	0.10	0.13
5		0.03	0.045	0.050	0.07	0.08	0.11

**Tableau 8 : Coefficient de perte pour les coudes  $\xi_i$ .**

à l'extrémité d'un tuyau d'écoulement, la hauteur de vitesse est réduite à zéro, la perte d'énergie à ce point est :

$$\Delta p_u = \xi_u \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad \text{with } \xi_u = 1 \quad [\text{Pa}]$$

En suivant les déblais de dragage du lit jusqu'à la décharge de la **DSC**, il passe par les éléments suivants composantes avec les coefficients de perte individuels  $\xi_i$  comme indiqué dans le tableau 9 ci-dessous :

DSC (pas de pompe sous-marine)	$\xi_i$
Bouche d'aspiration	0.50
Tuyau (0,55 m)	0.05
Tuyau (15 m)	0.20
Tuyau d'aspiration	0.09
Tuyau (5 m)	0.05

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE

Soupape	0.18
Tuyau	0.10
Coude	0.16
Tuyau d'inspection	0.01
Entrée de la pompe	*
<b>Total loss factor suction side</b>	<b>1.34</b>
Turbine, volute, refoulement de la pompe	*
Tuyau conique	0.10
Tuyau	0.20
Compteur de vitesse	0
Densimètre	0
Tuyau	0.20
Soupape	0.18
Tuyau	0.20
Coude	0.18
Tuyau	1
<b>Facteur de perte totale côté décharge</b>	<b>2.06</b>

**Tableau III.9 : facteurs de coefficient de perte individuels.**

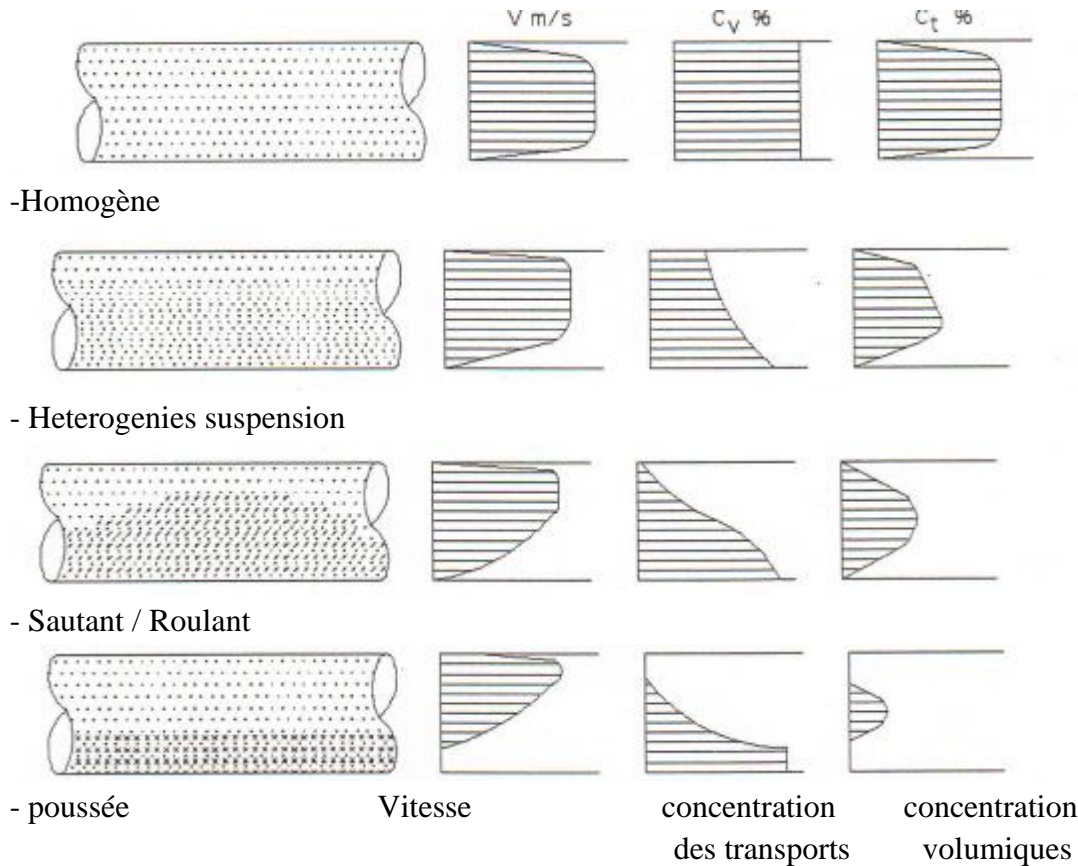
Dans certaines publications, la résistance supplémentaire des coudes, vannes et autres sections spéciales de pipelines est exprimée en mètres de longueur de conduite droite.

### III.5- INFLUENCE DES PARTICULES DU SOL SUR LA CONFIGURATION DE L'ÉCOULEMENT :

#### III.5.1- Types De Flux :

Les particules de sol influencent le modèle d'écoulement en influençant la turbulence dans le tuyau d'écoulement et en traînant le long de la paroi du tuyau. En raison des particules de sol dans le mélange, la répartition de la vitesse sur le diamètre du tuyau n'est plus symétrique et l'écoulement n'est pas homogène. En fonction de la taille des particules et la vitesse, les particules se déposent, sautent ou même traînent le long du fond. Le pourcentage de particules de sol qui se dépose dépend de la distribution granulométrique, de la densité du sol et du fluide, du diamètre du tuyau et de la vitesse d'écoulement.

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE



**Figure III.8: Modes de transport du mélange sol-eau.**

Sur la Figure III.8, quatre modèles d'écoulement différents sont présentés. Dans un flux avec uniquement des particules fines, les particules ne se déposeront pas du tout, c'est vrai pour les particules d'un diamètre inférieur à 150  $\mu\text{m}$ . Un sol avec une plus grande taille de particules restera en partie suspendu et en partie se déposera, ce qui signifie que l'écoulement devient hétérogène. Si la taille des particules augmente encore, d'autres particules toucheront de temps en temps le fond et seront ramenées dans le flux. La majeure partie du transport du sol se déplace en sautant dans la moitié inférieure du tuyau.

À partir d'une certaine taille de particules, les forces exercées par la turbulence sont trop faibles pour soulever les particules et celles-ci poussent sous forme de sédiments au fond du tuyau. La transition d'homogène à hétérogène et de là à sauter et bousculer dépend de la vitesse et de la densité de l'écoulement. Un mélange particulier d'eau du sol sera transporté avec les particules poussant sur le fond lorsqu'une faible vitesse existe alors que si la vitesse de l'écoulement, à l'aide de pompes supplémentaires, augmente les particules peuvent être suspendues à nouveau. La vitesse à laquelle les particules de sol dans les mélanges d'eau commencent à se déposer est définie comme la vitesse critique (voir également le paragraphe 4.4). À cette vitesse, la perte d'énergie est à son minimum, mais ce n'est pas un point de fonctionnement stable. Toute discontinuité dans le processus pourrait faire chuter la vitesse en dessous de ce point provoquant ainsi un tassement supplémentaire et éventuellement même un blocage complet du tuyau.

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

### III.5.2- Concentration De Mélanges :

Pour calculer le volume de matériau pompé, le volume du mélange doit être multiplié par la concentration de particules dans le mélange. Le choix du type de concentration est assez important pour arriver au bon type de volume. Il est indiqué au paragraphe 4.1 que les particules ne sont pas toujours réparties uniformément sur la section transversale du tuyau. Typiquement, un mélange à faible densité à écoulement rapide de particules plus fines s'écoule sur un mélange à haute densité à déplacement lent de particules plus grosses. Ce phénomène est la raison pour laquelle la vitesse moyenne des particules est inférieure à la vitesse moyenne de la partie fluide et donc également inférieure à la vitesse moyenne du mélange. Mesurer la concentration des particules sur le volume du tuyau donne donc une capacité de production trop optimiste. La concentration en volume est :

$$c_v = \frac{V_g}{V_m}$$

$v_g$  = Volume des particules ..... [m<sup>3</sup>]

$v_m$  = Volume du mélange total ..... [m<sup>3</sup>]

$c_v$  = Concentration en volume..... [-]

Cette concentration est prélevée dans une section sélectionnée du pipeline et il s'agit de la concentration momentanée dans toute la section. L'équation peut également s'écrire : [19]

$$\rho_g C_v + \rho_w (1 - C_v) = \rho_m$$

Or: 
$$c_v = \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_g - \rho_w}$$

$\rho_g$  = Densité des particules ..... [Kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_w$  = Densité du fluide ..... [Kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_m$  = Densité du mélange..... [Kg/m<sup>3</sup>]

$c_v$  = Concentration en volume..... [-]

Le problème est résolu en définissant une concentration de transport  $C_t$  c'est le quotient de la particuleproduction ( $q_g$ ) et la capacité totale de la pompe ou la production du mélange ( $q_m$ ). Cela peut être montré dans l'équation :

$$C_t = \frac{q_g}{q_m} \dots\dots\dots [-] \text{ sans unité}$$

Par souci d'uniformité, la production de particules dans cette équation est présentée sans vides entre les particules. Pour dériver à la concentration de transport, la vitesse de la particule  $V_g$  et la vitesse du mélange total  $v_m$ . Sont prises en compte.

La formule pour la production de particules est :

$$q_g = \frac{\pi}{4} \times V_g \cdot c_v \cdot d^2 \dots\dots\dots [m^3/s]$$

Pour la production du mélange, il est :

$$q_m = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot v_m \dots\dots\dots [m^3/s]$$

La combinaison de ces deux équations avec l'équation  $C_t = \frac{q_g}{q_m}$  donne l'équation :

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE

$$\frac{C_t}{C_v} = \frac{V_t}{V_m} = f_t \dots\dots\dots [-] \text{ sans unité}$$

Le facteur  $f_t$  est appelé facteur de transport et comme la vitesse moyenne des particules est toujours inférieure à la vitesse moyenne du mélange, le facteur  $f_t$  est toujours inférieur à 1. Ce n'est que lorsque le modèle d'écoulement est homogène que le facteur  $f_t$ , sera proche de 1 et que la concentration de transport sera presque égale à la concentration en volume.

Le facteur  $f_t$  à la vitesse critique :

$$f_t = 0.95 \text{ pour } d_m = 200 \mu\text{m}$$

$$f_t = 0.80 \text{ pour } d_m = 300 \mu\text{m}$$

$$f_t = 0.70 \text{ pour } d_m = 400 \mu\text{m}$$

Dans le calcul de la perte par frottement, la concentration de transport est prise en compte. Sur les dragues, la vitesse du mélange et la concentration en volume sont mesurées. Avec ces valeurs, la densité de mélange  $\rho_m$  est calculée. Cependant, on s'intéresse à la production exprimée en  $[m^3 / s]$  du sol avec une certaine densité compte tenu des vides se produisant dans ce sol. Si (n) est défini comme le taux de vide l'équation suivante peut être donnée :

$$n = \frac{V_{voids}}{V_{All}} \dots\dots\dots [\%]$$

$$V_{voids} = \text{Volume de vides par échantillon} \dots\dots\dots [m^3]$$

$$V_{All} = \text{Volume de l'échantillon} \dots\dots\dots [m^3]$$

$$q_s = q_g + n q_s \dots\dots\dots m^3/s]$$

$$q_s = \text{Production de particules, y compris les vides} \dots\dots\dots [m^3/s]$$

$$q_g = \text{Production de particules excluant les vides} \dots\dots\dots [m^3/s]$$

$$n q_s = \text{Pourcentage de vides dans la production in situ ou en décharge}$$

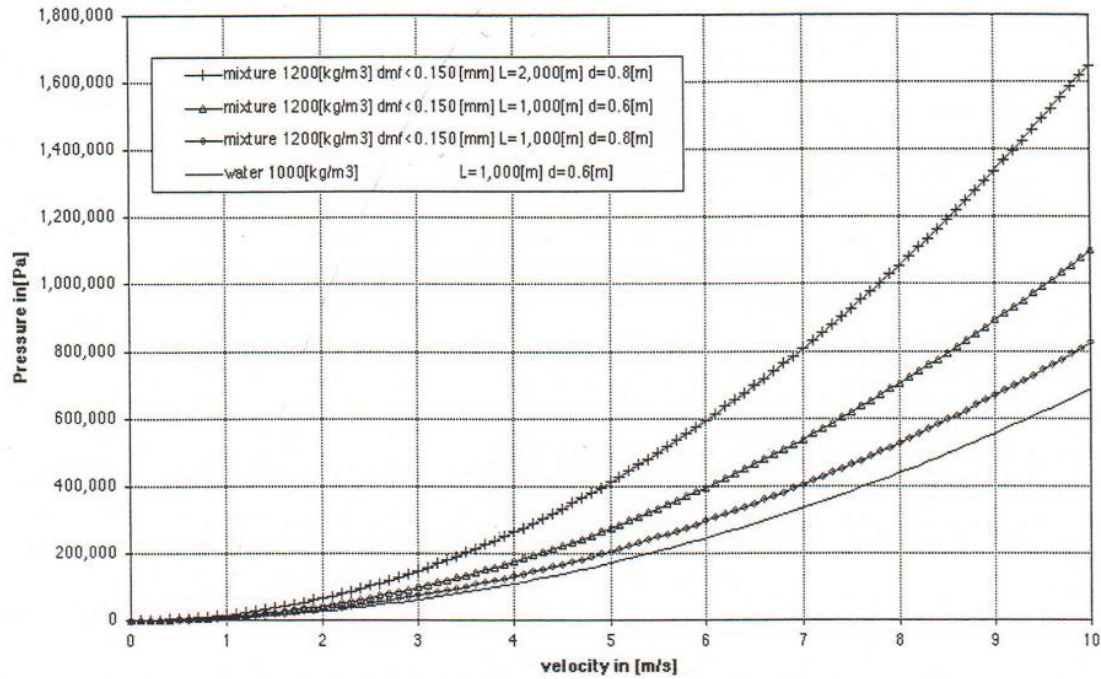
### III.5.3- Perte De Friction Dans Le Transport Du Mélange Eau-Sable :

Pour le sable fin avec  $d_m < 150 \mu\text{m}$ , la perte par frottement peut être calculée en utilisant la méthodologie utilisée pour le calcul de la perte par frottement pour l'eau, en substituant la densité de l'eau par la densité du mélange. Ceci est basé sur l'hypothèse que pour les fractions fines, le transport est homogène. La formule donnée par DARCY-WEISBASH est :

$$\Delta_{P_m} = \lambda \cdot \frac{\rho_m v^2}{2 \cdot D} \cdot \Delta L \dots\dots\dots [Pa]$$

Un échantillon de la perte par frottement pour un certain nombre de longueurs de canalisation, de diamètres de canalisation et pour un mélange la densité et pour l'eau sont données à la figure III.9

# CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE



**Figure III.9: Perte par frottement pour un mélange (dmf < 150 µm).**

Le sable dont la taille des particules est supérieure à 150 µm est transporté sous forme d'écoulement hétérogène. Une formule appliquée plusieurs fois est celle des écoulements hétérogènes donnée par FUHRBOTER :

$$\Delta_{Pm} = \left( \Delta_{pw} + \frac{\rho_w + g + S_{\kappa_t}}{v} \cdot c_t \right) \cdot \Delta l$$

$\Delta_{Pm}, \Delta_{pw}$  = Perte de frottement dans le mélange resp eau ..... [N/m<sup>2</sup>]

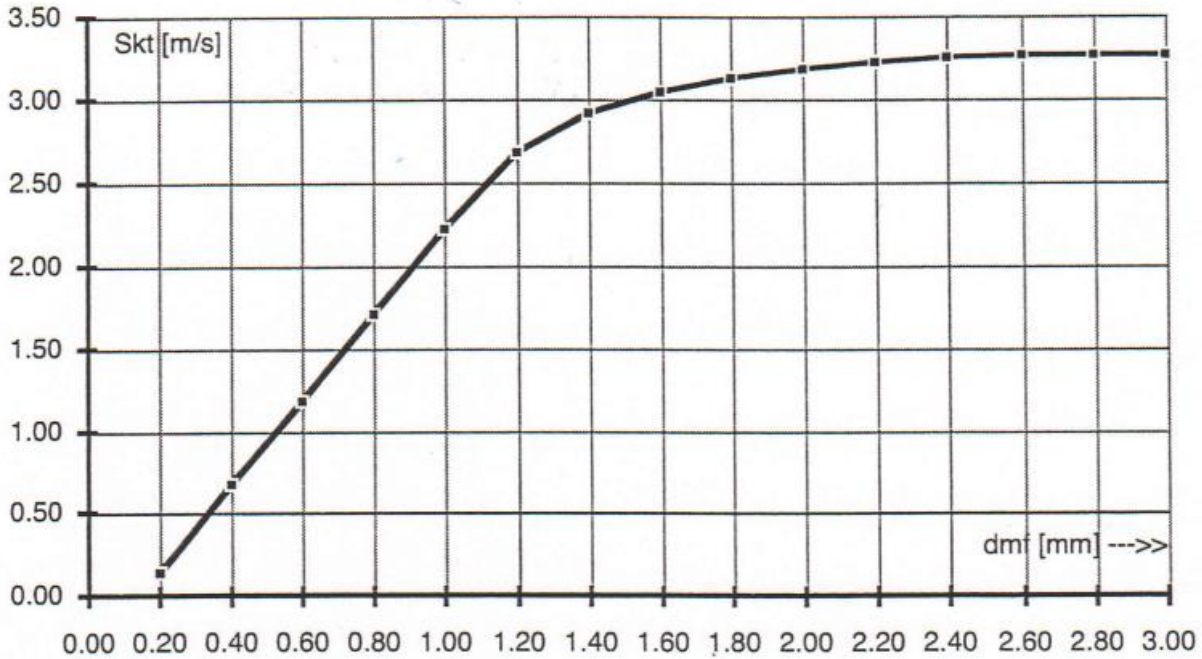
$S_{\kappa_t}$  = constante ..... [m/sec]

$c_t$  = concentration des transports ..... [-]

$v$  = vitesse de mélange ..... [m/sec]

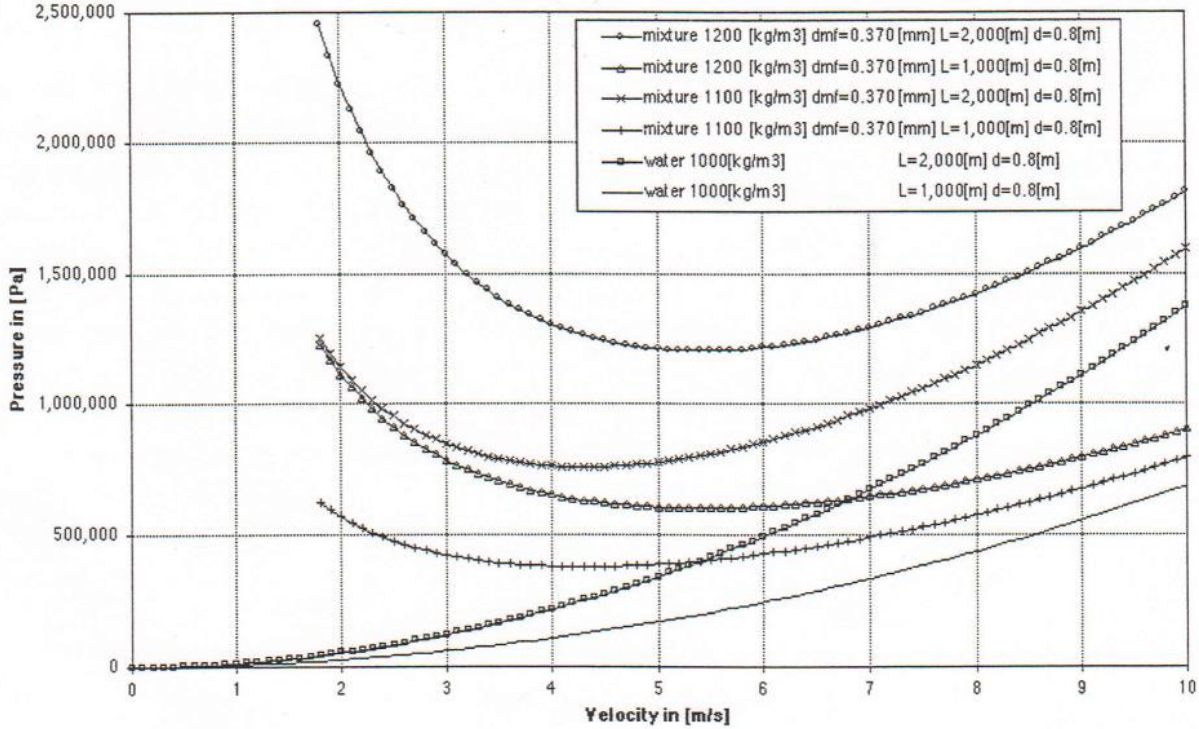
Les facteurs  $S_{\kappa_t}$  représentent les propriétés matérielles du matériau à transporter. La relation entre la constante et le diamètre granulométrique dmf est présentée à la Figure III.10. Le paramètre dmf utilisé dans ce graphique est expliqué en détail dans le module Sol. En bref, le diamètre granulométrique représentatif (dmf) d'un sable est défini comme la moyenne des tailles de tamis sur lesquelles 10%, 20 %, 30%... 90% des particules restent. Les fractions inférieures à 10% et supérieures à 90% sont négligées pour calculer la dmf.

# CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAPELINE



**Figure III.10: Relation entre  $S_{\kappa_t}$  et  $dm_f$ .**

Les pertes par frottement pour deux longueurs de canalisation, deux densités de mélange et deux diamètres de canalisation sont données dans Figure III.11

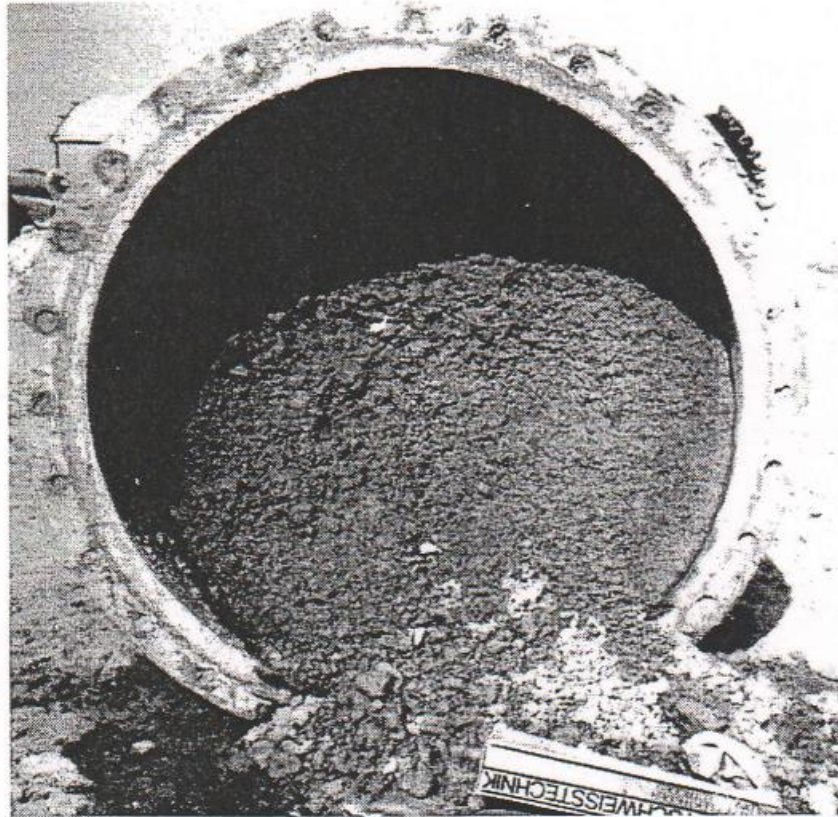


**Figure III.11: Perte par frottement pour un mélange ( $dm_f > 150 \mu m$ ).**

## **CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE**

### **III.5.4- Vitesse critique :**

Lorsqu'un mélange est pompé à travers une canalisation, la perte par frottement est la plus faible à une certaine vitesse en fonction de la taille des particules et du diamètre de la canalisation (Figure III.11) Cette vitesse où la perte par frottement est minimale est considérée comme une vitesse critique.



**Figure III.12: Transport du mélange sous " vitesse critique.**

Cette vitesse est considérée comme critique en raison du risque de blocage du pipeline (Figure III.12) lorsque la vitesse descendrait en dessous de cette vitesse. En pratique, la drague fonctionnera généralement à une vitesse bien supérieure à la vitesse critique car le processus de dragage n'est pas stationnaire dans le temps. Une marge de 1,3 à 1,7 fois la vitesse critique est considérée comme prudente pour surmonter la variation de la taille et de la densité des particules de salissures pénétrant dans le tuyau, modifications des mouvements de l'outil de coupe et blocage de la bouche d'aspiration. N'importe laquelle de ces fluctuations pourrait augmenter la pression requise pour évacuer le mélange. Les pompes génèrent une pression supplémentaire à une vitesse de mélange inférieure et la demande de pression à une vitesse.

## **CHAPITRE 3 : METHODE DE TRONSPORTE PAR PAIPELINE**

---

### **III.6- ASPIRATION :**

L'aspiration n'est possible que lorsque la pression dans l'entrée d'aspiration du tuyau est inférieure à la pression environnante. Mais il y a une limite précise dans la mesure où l'on peut abaisser la pression du côté aspiration d'une pompe.

La pression normale sur terre au niveau de la mer est d'un bar ou 100 kPa (égale à la pression d'une colonne d'eau d'environ 10 mètres). Le minimum absolu, donc la pression la plus basse possible est de zéro bar. Cela signifie que la pression d'aspiration maximale au niveau de la mer sur terre serait équivalente à 100 kPa. [19]

#### **III.6.1- Vide Maximal Dans Le Tuyau :**

Toute section d'un tuyau où la pression a tendance à descendre en dessous de la pression du zéro absolu risque d'être endommagée par les ondes de choc et limite la capacité de production.

Dans certaines dragues, le tuyau d'aspiration monte au-dessus du niveau de l'eau pour empêcher l'eau de s'engouffrer lorsque l'échelle est au-dessus de l'eau. Les dragues de déchargement des barges ont un tuyau d'aspiration qui doit passer au-dessus de l'arrivée des barges à décharger, qui peut atteindre 3 m au-dessus de la surface de l'eau.

Dans de telles sections, la pression absolue ne doit pas descendre en dessous de 0,1 bar, soit 10 kPa ou un vide de 90 kPa. Pour soulever le mélange avec, par exemple, une densité de 1 500 kg / m<sup>3</sup> sur 3 m au-dessus du niveau de l'eau, il faut déjà 45 kPa de vide, soit la moitié du vide disponible à ce stade. Les 45 kPa restants sont disponibles pour l'érosion du matériau dans la barge, la fin du mélange dans la bouche d'aspiration et la résistance dans le tuyau devant ce point haut. [19]

#### **III.6.2- Vide Maximal À L'entrée De La Pompe :**

Aucune pompe centrifuge ne serait en mesure d'obtenir la plus basse de toutes les pressions possibles, dans le meilleur des cas, un potentiel d'aspiration (appelé "vide") de l'ordre de disons 80 kPa peut être obtenu. Cela signifie que la demande totale de tête devant la pompe doit être inférieure à ces 80 kPa. C'est toute l'énergie potentielle disponible pour :

- ✚ Accélérez l'eau de l'arrêt pratique à quelque chose de l'ordre de 3 à 7 m / s pour éroder le fond et pénétrer dans la bouche d'aspiration.
- ✚ Soulevez les déblais par le bas à travers le système de tuyau d'aspiration dans le côté admission de la pompe.
- ✚ Surmontez les frottements dans le tuyau d'aspiration et la résistance due aux courbures du système jusqu'à l'admission de la pompe.

Ces trois éléments "rongent" facilement le vide, en particulier lors du dragage de matériaux lourds ou lorsque la distance entre la bouche d'aspiration et la pompe est longue.

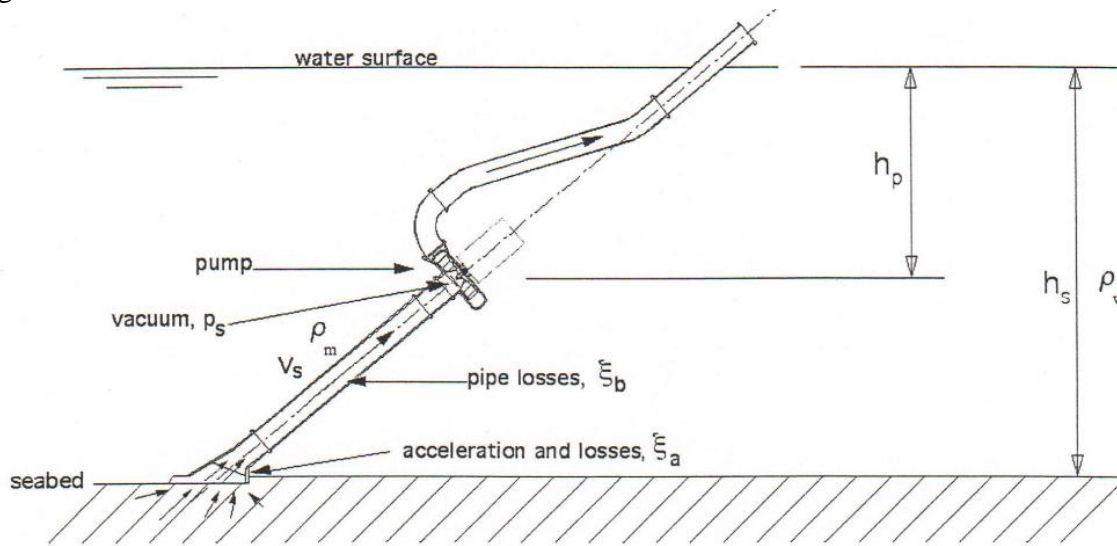
Certaines mesures logiques pour réduire la résistance sont :

- ✚ Placez la pompe aussi basse possible dans le navire ou installez une pompe sous-marine sur l'échelle de coupe ou dans le tuyau d'aspiration d'un DST.

## CHAPITRE 3 : METHODE DE TRANSPORTE PAR PAIPELINE

- ✚ Evitez les coudes et autres obstructions (la boîte en pierre par exemple) dans le trajet du tuyau du bas vers l'admission de la pompe, en d'autres termes, évitez toutes les résistances inutiles.
- ✚ Soyez "conscient du vide" tout le temps lors du dragage en particulier, l'opérateur de dragage doit en être conscient.

Le placement de la pompe bas dans le navire ou sous l'eau sur le tuyau d'aspiration présente l'avantage supplémentaire que la pression obtenue en abaissant la pompe peut être ajoutée au vide disponible, voir la figure III.13.



$$p_s = (1 + \xi_a + \xi_b) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_m \cdot v_s^2 + (h_s - h_p) \cdot \rho_m \cdot g - h_s \cdot \rho_w \cdot g$$

**Figure III.13: Pression d'aspiration disponible (vide) à l'entrée de la pompe.**

Pour surveiller le vide à tout moment, le vacuomètre doit être en bon état, bien calibré et parfaitement visible (et surveillé) tout le temps en draguant. [19]

### REMARQUE :

Comme il n'y a pas de limite à la pression que l'eau peut supporter, le processus de décharge n'a pas ces propriétés physiques limites. Il s'agit simplement d'une tête manométrique suffisante ou de révolutions adéquates de la pompe ou d'une quantité suffisante des pompes et assez de puissance.

### III.7- CONCLUSION :

Les pipelines de dragage sont des infrastructures clés dans les opérations de dragage, permettant le transport efficace des matériaux de dragage sur de longues distances. Leur utilisation permet de maintenir les voies navigables, d'exploiter les ressources marines et de gérer les sédiments de manière contrôlée. Cependant, une planification minutieuse et un entretien adéquat sont nécessaires pour assurer leur performance et leur durabilité à long ter

**CHAPITRE IV :**  
**POMPES DE DRAGAGE**

# CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE

---

## CHAPITRE 4 : POMPED DE DRAGAGE

### IV.1- INTRODUCTION :

Les pompes de dragage sont des équipements spécialement conçus pour l'extraction et le déplacement de sédiments, de boues et d'autres matériaux du fond des cours d'eau, des lacs, des ports et d'autres zones marines. Elles jouent un rôle crucial dans les activités de dragage, qui consistent à maintenir les voies navigables en profondeur suffisante, à assurer la gestion des sédiments et à soutenir les projets de construction maritime.

L'objectif principal des pompes de dragage est de créer un flux de fluides à haute pression qui peut transporter efficacement les matériaux dragués. Elles sont conçues pour résister à des conditions difficiles et à des environnements corrosifs, et elles sont souvent utilisées pour enlever des sédiments tels que du sable, de la boue, de l'argile et des graviers. Les pompes de dragage sont généralement équipées d'une entrée large et d'une sortie étroite, ce qui permet de créer une force d'aspiration puissante pour collecter les matériaux du fond et de les transporter à distance.

Il existe différents types de pompes de dragage, notamment les pompes centrifuges, les pompes à boues et les pompes à godets. Les pompes centrifuges utilisent la force centrifuge pour aspirer et transporter les matériaux, tandis que les pompes à boues sont spécialement conçues pour manipuler des matériaux plus visqueux et abrasifs. Les pompes à godets sont utilisées pour les travaux de dragage plus lourds, où de grands godets sont fixés à une chaîne ou à une pelle mécanique pour collecter et décharger les matériaux.

Les pompes de dragage sont largement utilisées dans de nombreux secteurs tels que la construction et l'entretien des ports, le creusement de canaux, l'extraction de sable et de gravier pour l'industrie de la construction, la restauration des écosystèmes aquatiques et la gestion des sédiments dans les barrages et les réservoirs

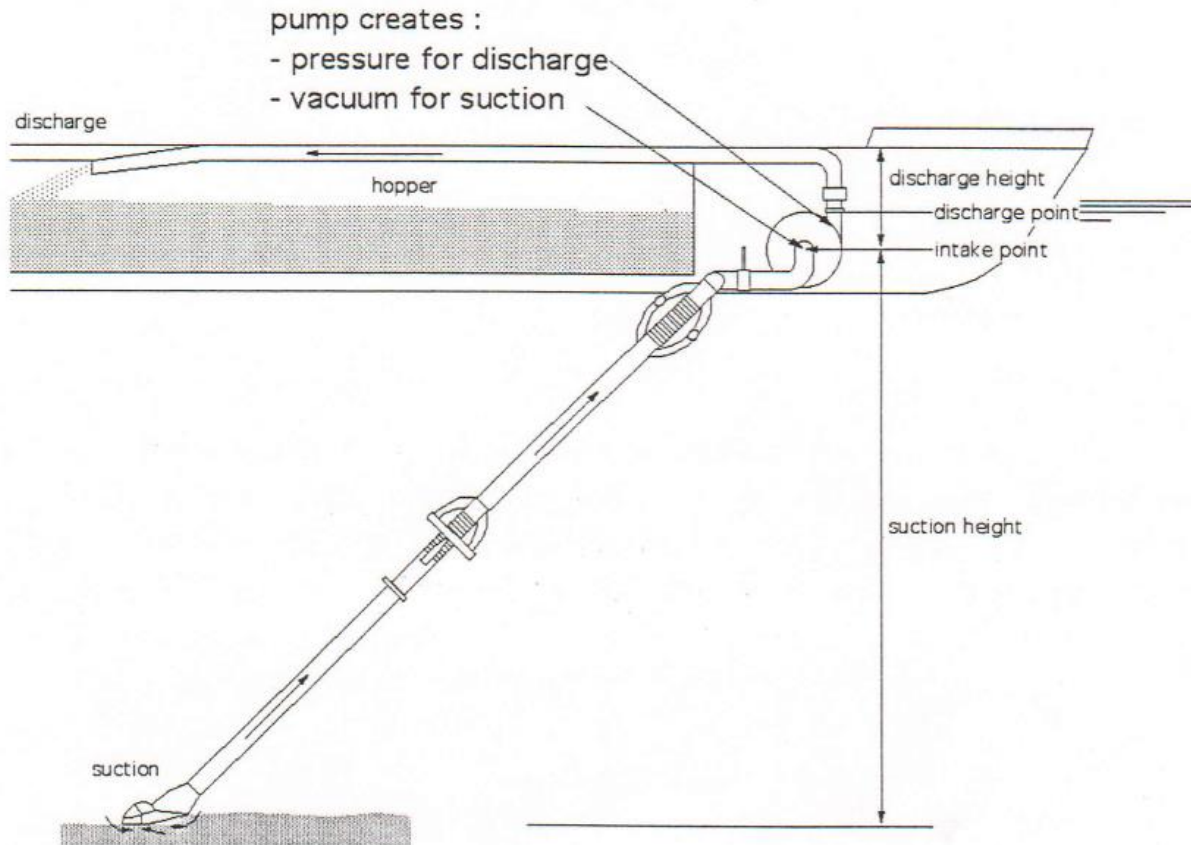
### IV.2- LES POMPE :

Tout système de dragage fonctionnant sur le principe hydraulique, signifie qu'il utilise l'eau comme moyen de transport, a un côté d'admission et un côté d'évacuation. Les deux côtés sont reliés par des tuyaux et entre les deux se trouve la pompe de dragage.

La pompe génère la puissance motrice du système de dragage. Il provoque l'entrée d'un flux d'eau (contenant des sédiments) dans le tuyau d'aspiration et son passage à travers le tuyau d'aspiration, la pompe et le tuyau de refoulement dans la trémie d'un DST ou dans une canalisation flottante si la pompe est installée dans un DSC. [20]

Le croquis de la figure IV.1 montre ces bases.

## CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE



**Figure IV.1: Système de dragage DST fonctionnant sur le principe hydraulique.**

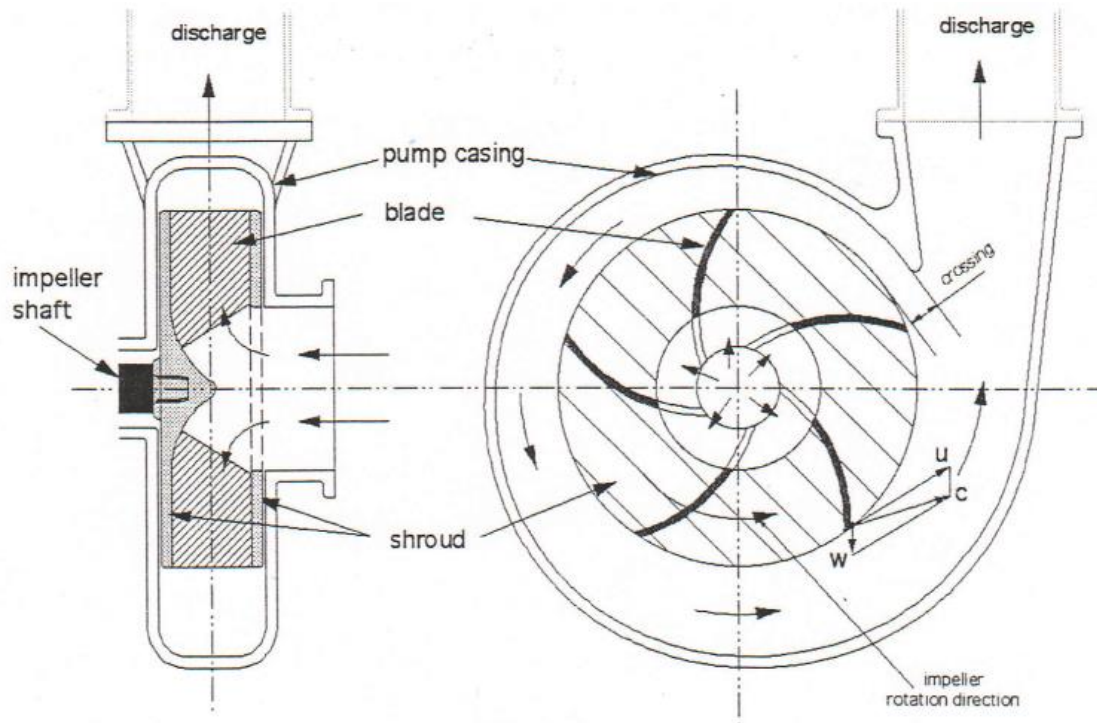
La pompe est le cœur de la drague et le :

- ✚ le processus de pompage doit être continu ; une fois le débit démarré, il doit se poursuivre en douceur et dans les limites des caractéristiques de la pompe.
- ✚ la capacité d'aspiration doit être suffisante pour faire passer la capacité de production requise du fond dans la pompe.
- ✚ la capacité de refoulement doit également être suffisante pour amener ce matériau de fond dans le débit d'eau de la pompe dans le puits de la trémie ou le tuyau de refoulement du DSC.

Pour ce processus, la pompe centrifuge est l'outil le plus approprié. Les pompes de dragage de type centrifuge sont, dans de nombreuses variétés et versions, appliquées dans les dragues. Le mot centrifuge est utilisé pour décrire la méthode dans laquelle la roue de la pompe transfère sa force motrice dans le flux. La force centrifuge provoque l'éjection d'une masse d'eau en rotation dans la pompe à partir de ce centre. Une particule à la pointe de la roue à une vitesse  $w$  dans la direction radiale provoquée par la force centrifuge et une vitesse tangentielle  $u$  provoquée par la rotation. Les deux vecteurs  $u$  et  $w$  peuvent être combinés pour obtenir un vecteur  $c$ , indiquant la vitesse et la direction de la particule quittant la roue et entrant dans la volute.

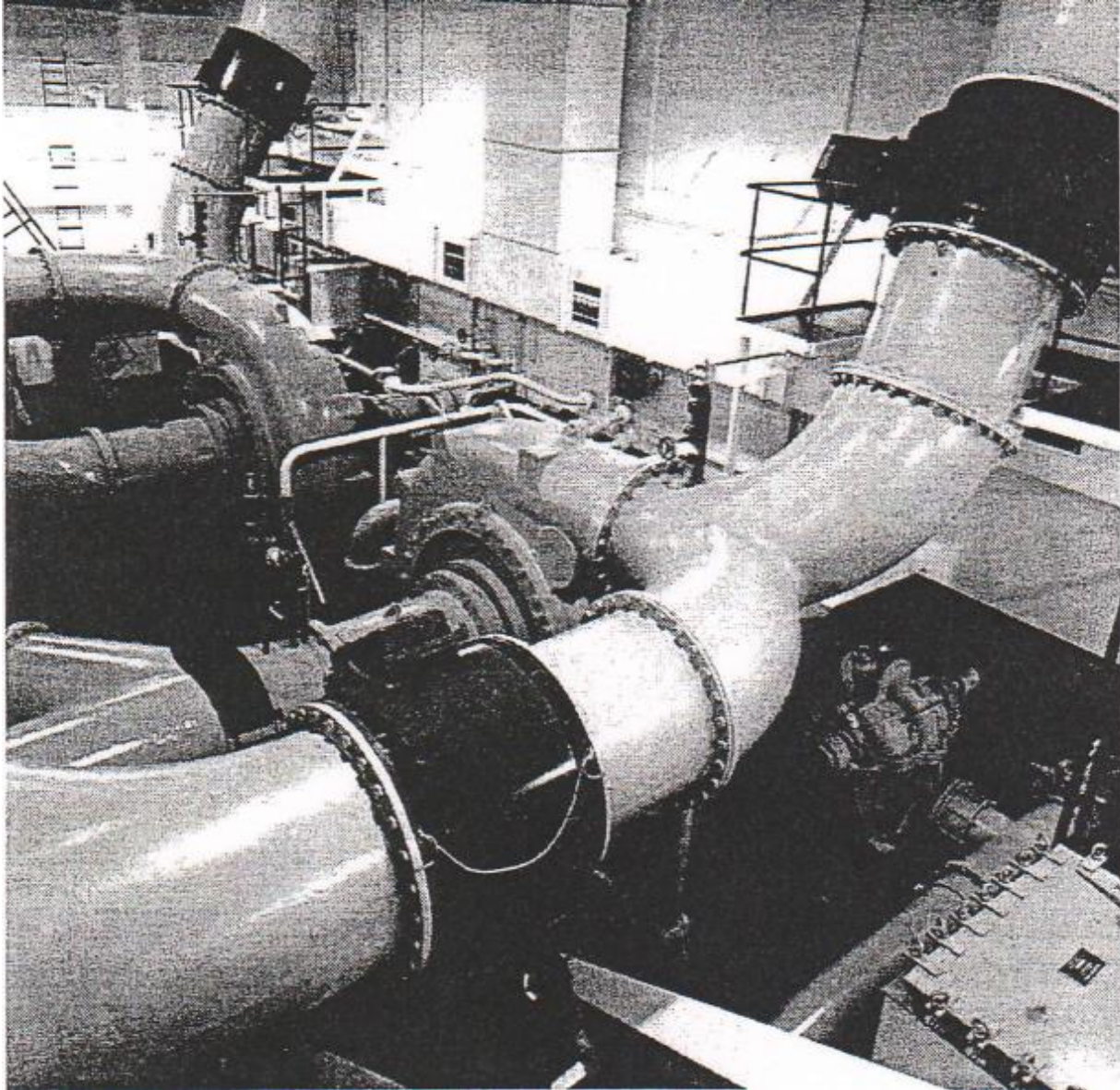
La figure IV.2 suivantes illustre les composants de base.

## CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE



**Figure IV.2: Pompe de dragage de type centrifuge.**

Le "carter" en acier contient une turbine à 3 à 5 pales (aubes) montées entre deux plaques d'acier, les haubans. Cette roue tourne entraînée par un moteur, placé à l'extérieur du carter. Les pales projettent de l'eau par la force centrifuge du centre de la pompe vers le cercle extérieur du carter, la volute. Cependant, cette paroi n'est pas continue, mais il y a un trou auquel le tuyau d'évacuation est connecté. L'image de la figure IV.3 montre deux pompes dans une salle des pompes. La figure 3 salle des pompes in DST avec deux pompes de dragage à paroi simple. [20]



**Figure IV.3: Salle des pompes in DST avec deux pompes de dragage à paroi simple.**

Par conséquent, l'eau est forcée dans le tuyau d'évacuation. À la ligne médiane du corps de la pompe, il y a un trou, l'admission. L'admission est reliée au tuyau d'aspiration. Comme l'eau est projetée du centre par la force centrifuge temporelle, le trou au centre attire l'eau. Ainsi, l'aspiration est également activée.

Cependant, une distinction est faite entre l'aspiration et la capacité de production globale de la pompe. Le taux de production global régit le taux de production d'un système tuyau-pompe, mais sa capacité est limitée par le taux de production d'aspiration.

Si par exemple la capacité d'aspiration est limitée à 500 m<sup>3</sup> par heure et que la capacité de production globale de la pompe pourrait théoriquement être de 800 m<sup>3</sup> par heure, le système fonctionnera au plus bas des deux, soit 500 m<sup>3</sup> par heure.

### IV.3- PROCESSUS DE POMPAGE (FLUIDES DE POMPAGE) :

#### IV.3.1 Principes De Pompage :

La pompe est un équipement permettant de transférer de l'énergie dans un flux. L'énergie fournie par une pompe est exprimée en un débit traversant la pompe et une augmentation de la pression dans la canalisation due à l'action de la pompe (tête manométrique voir paragraphe 3.4). La pompe a une certaine caractéristique, c'est-à-dire que la pompe délivre une certaine pression  $p_1$  [Pa ou kPa ou bar] à une capacité de débit  $q_1$  [m<sup>3</sup>/s], de même la pompe délivrera une pression  $p_2$  à une capacité de débit de  $q_2$ . Il existe une certaine relation entre la pression et le débit d'une pompe, la caractéristique de la pompe (en fonction des tours de la roue).

En suivant une particule d'eau à travers la pompe, la caractéristique sera expliquée. La force centrifuge créée par la rotation de la roue (avec 3 pales ou plus) force une particule liquide entre les pales de la roue à s'écouler vers le contour de la roue. Le liquide dans la pompe passera le contour de la roue, à travers la volute du corps de la pompe dans le tuyau de refoulement.

À l'admission de la roue (cœur de la roue), le tuyau d'aspiration est monté sur le corps de la pompe et, lorsque l'eau est projetée du centre par la force centrifuge, l'œil au centre aspire l'eau. Lorsqu'il y a une obstruction du côté aspiration, le débit d'aspiration diminue et le soi-disant vide augmente, c'est-à-dire la pression d'aspiration va chuter. Pour comprendre le mécanisme du système de dragage, il faut se rendre compte qu'un flux continu d'eau avec des sédiments traverse le système et tant que les pales tournent continuellement, les flux d'aspiration et de refoulement se poursuivent et sont égaux. [20]

#### IV.3.2- Caractéristiques De La Pompe :

Les facteurs constituant la théorie de base de la pompe de dragage seront illustrés à travers quelques graphiques, voir la figure IV.4. Ces graphiques montrent la relation entre la pression et le débit dans la pompe générée par cette pompe pour une eau d'une densité de 1 000 kg / m<sup>3</sup>, une vitesse de pompe constante et une hypothèse puissance illimitée à l'arbre de la pompe.

Une pompe est caractérisée par une courbe représentant la hauteur manométrique  $p$  en fonction du débit  $q$  pour une vitesse de pompe constante. C'est ce qu'on appelle la courbe  $p$ - $q$ . Deux autres courbes liées à la pompe sont les courbes  $q$ - $\eta$  et  $q$ - $P$ , donnant respectivement le rendement et la puissance en fonction du débit. Si deux des trois courbes sont connues, la troisième peut être calculée.

Outre la courbe  $p$ - $q$ , les fabricants donnent également une courbe d'efficacité- $q$  pour la pompe. Les deux courbes sont nécessaires pour effectuer des calculs de production pour un certain système pompe-tuyau, l'effet de l'efficacité sera discuté au paragraphe 3.5.

La pression de la pompe générée par une pompe peut être calculée (voir paragraphe 3.4) sur la base de la mesure de la pression de refoulement et de la pression d'entrée et lue à partir d'un manomètre est appelée tête manométrique ( $P_{man}$ ). La pression est généralement exprimée en kilo Pascal (kPa) ou en mètres de colonne d'eau (mwc), dans ce manuel, la définition en kPa est utilisée. Le débit est présenté par le symbole  $q$ , exprimé en (m<sup>3</sup> / s).

Dans un système spécifique, par exemple avec une pompe tournant à 220 tours par minute (tr / min), deux points sur cette courbe indiquent :

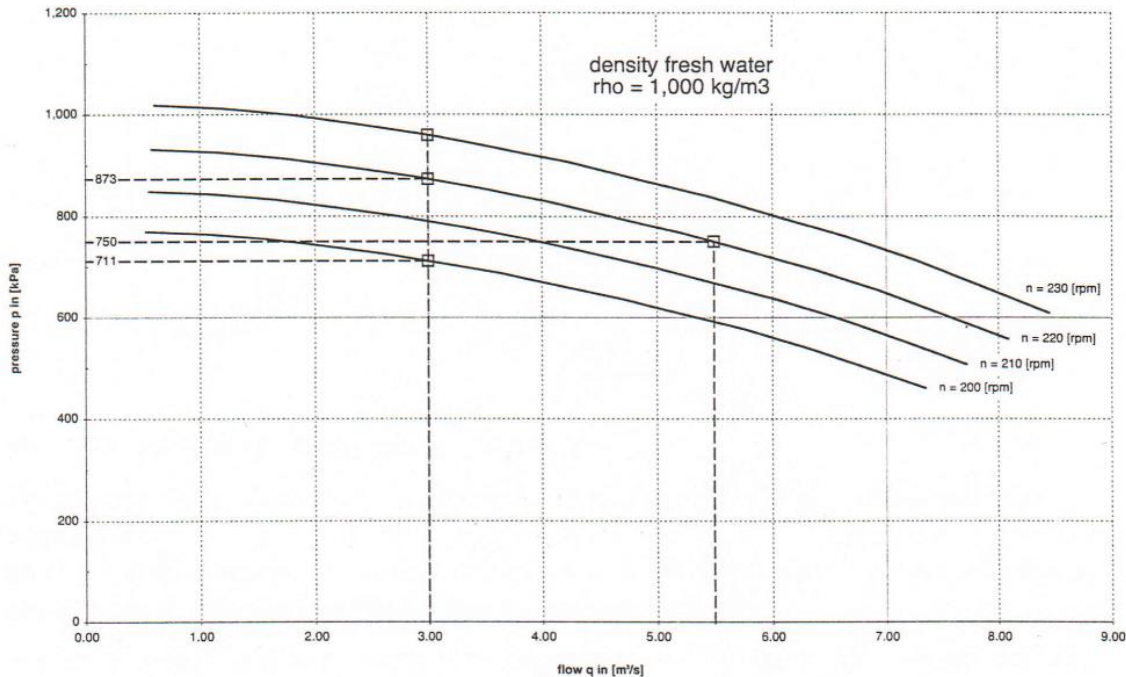
## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

$P_{man} = 873 \text{ KPa}$  à un flux  $q = 3.0 \text{ m}^3/\text{s}$  et

$P_{man} = 750 \text{ KPa}$  à un flux  $q = 5.5 \text{ m}^3/\text{s}$  etc.

Ces points ainsi que de nombreux autres points forment la ligne courbe : courbe q-p. Dans le passé, cela s'appelait

la courbe Q-H, avec la tête manométrique exprimée en (mwc)



**Figure IV.4: Relation entre la pression et le débit générés par une pompe.**

Lorsque la vitesse de la pompe est réduite à 220 ou 200 tr / min, on remarque que les courbes ont une pression plus faible (c'est-à-dire que 873 réduisent à 711 [kPa]) au même débit que la courbe à 220 tr / min. Augmenter la vitesse à 230 tr / min déplacera le graphique vers le haut. En d'autres termes : débit inférieur avec des résolutions inférieures à la même pression ou avec des révolutions inférieures, nous avons une pression inférieure au même débit. voir figure IV.4).

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

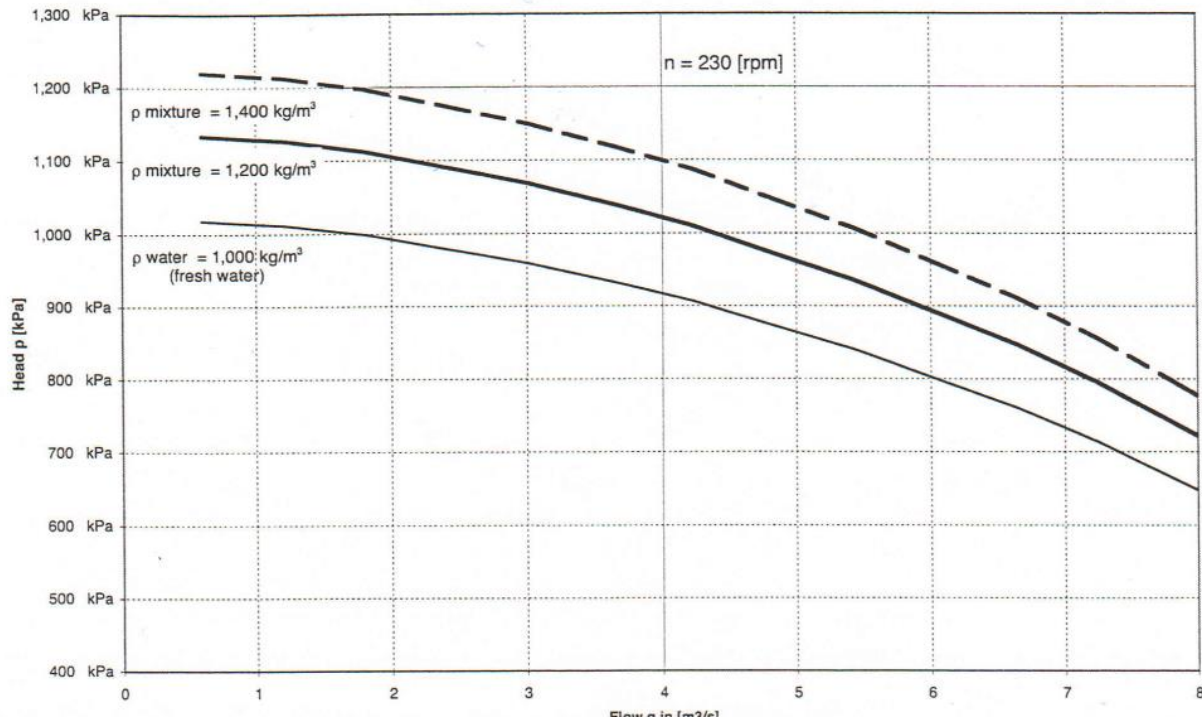


Figure IV.5: Courbes pression-débit pour différentes densités de fluide.

Les courbes se déplacent de la même manière lorsque la densité du débit change, par exemple lorsqu'un fluide plus dense est pompé, la courbe donnera une pression plus élevée pour le même débit. Lorsqu'un fluide plus maigre est pompé, la courbe donnera une pression inférieure pour le même débit. Sur la figure IV.5, des courbes sont présentées pour des fluides d'une densité de 1 000, 1 200 et 1 400 kg/m<sup>3</sup> pour une vitesse de pompe de 230 tr / min.

Un changement similaire de la pression générée par une pompe à un débit donné se produit lors du pompage d'un mélange d'eau du sol. [20]

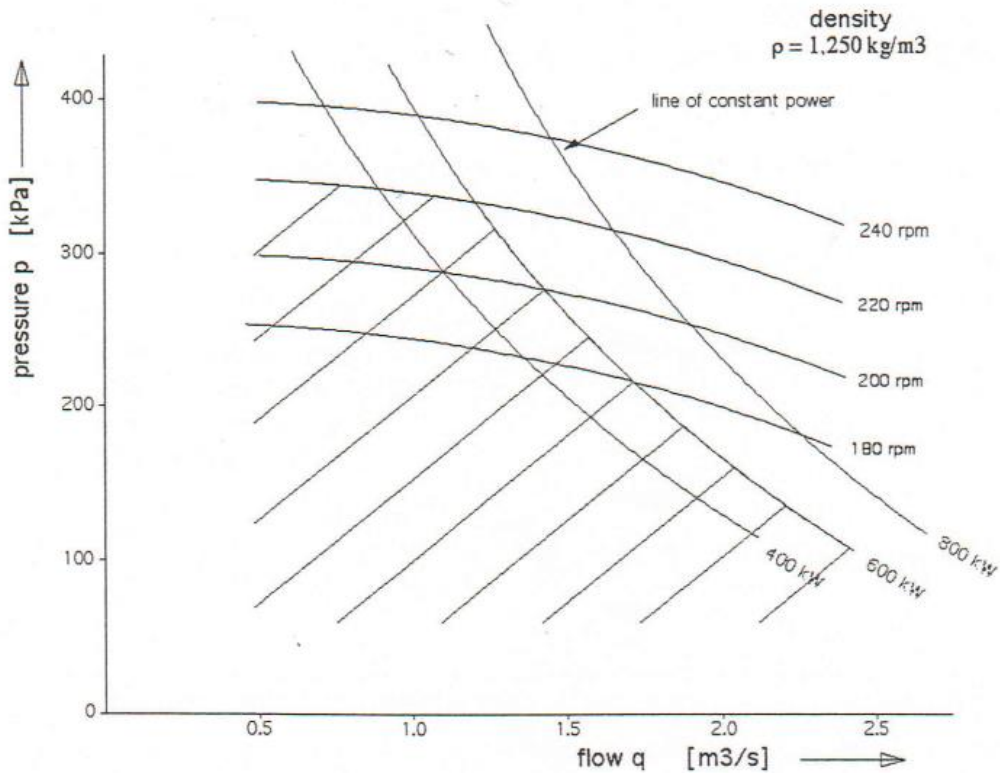
### IV.3.3- Limites De Puissance D'entraînement :

Une autre variable affectant la courbe de la pompe est la puissance du moteur entraînant la pompe de dragage. Les exemples du paragraphe 3.2 montrent une relation harmonieuse entre la pression et le débit pour une vitesse de pompe donnée en supposant une puissance illimitée. Cependant, la puissance installée est limitée, ce qui entraîne une chute de pression plus rapide avec une augmentation du débit au-delà du point où la pompe demande plus de puissance que ce que l'entraînement peut générer. Les lignes électriques constantes résultantes coupent la constante. courbes de vitesse sur le graphique et forment un autre ensemble de courbes plus raides, voir figure IV.6.

Les points de puissance constants passeront à un débit plus élevé lorsque le moteur peut générer plus de puissance aux vitesses de pompe données. Le graphique illustré est pour un fluide d'une densité de 1,250 kg / m<sup>3</sup>, mais la courbe a une forme similaire à celle de l'eau.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

Pour une pompe fonctionnant à 220 tr /m in et un moteur pouvant générer un maximum de 600 kW à l'arbre de la pompe, la zone à gauche de la courbe descendante épaisse et en dessous de la courbe de 220 tr / min est la zone où la pompe peut fonctionner. La forme et l'emplacement de la courbe de puissance constante dépendent de la combinaison de pression et l'efficacité à un débit donné.



**Figure IV.6: Effect of constant power lines of the motor on the pump characteristics.**

Il reste encore quelques variables qui influencent la courbe de la pompe, comme le nombre d'aubes de la turbine, le rôle du système d'aspiration et l'influence d'un changement de densité.

### IV.3.4- Tête Manométrique :

La hauteur manométrique (p) générée par une pompe doit être calculée car la pression à l'entrée de la pompe et au refoulement de la pompe ne peut pas être mesurée directement au même niveau. En théorie, la pression doit être comparée au niveau du cœur de la pompe. Pour régler les différences de niveau des points de mesure et les différences de diamètre du tuyau d'aspiration et du refoulement-tuyau la formule suivante peut être utilisée :

$$\Delta P = P_p - p_s + \rho g(h_p - h_s) + \frac{1}{2} \rho (v_p^2 - v_s^2)$$

$\Delta P$  = hauteur manométrique (gain de pression par pompe) .....[Pa]

$P_p$  = pression côté refoulement de la pompe.....[Pa]

$p_s$  = + vacuum à l'aspiration de la pompe..... [Pa]

$\rho$  = densité du fluide..... [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  = accélération de la pesanteur..... [m/s<sup>2</sup>]

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

$h_s$  = hauteur du compteur d'aspiration par rapport à la pompe de niveau hart...[m]

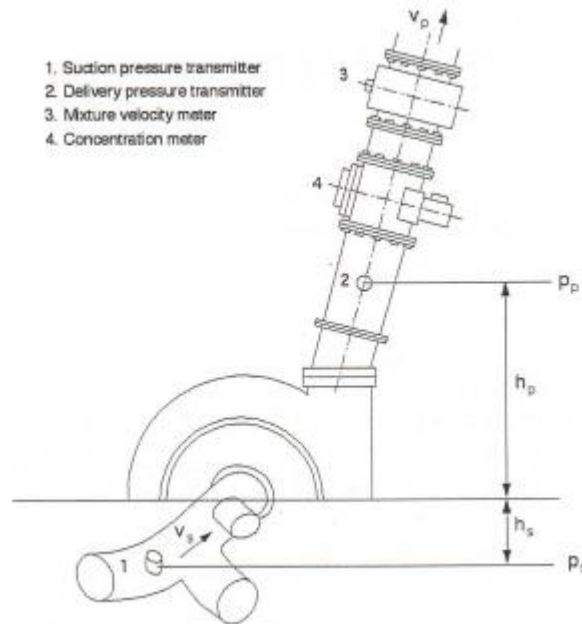
$h_p$  = hauteur du manomètre par rapport à la pompe level hart.....[m]

$V_p$  = vitesse du fluide côté pression de la pompe.....[m/s]

$V_s$  = vitesse du fluide à l'aspiration de la pompe.....[m/s]

La formule réduit les niveaux de pression au niveau du centre de la pompe en tenant compte de la hauteur des capteurs de pression par rapport au niveau du centre de la pompe et de la densité du fluide ou du mélange dans la pompe (voir figure IV.7). [20]

**Remarque :** La formule ci-dessus est également valable si la pression est exprimée en kPa plutôt qu'en Pa. Cependant, la densité doit alors être saisie en [tonnes / m<sup>3</sup>] et non en [kg /m<sup>3</sup>].



- 1 Transmetteur de pression d'aspiration.      2-Transmetteur de pression de refoulement.
- 3- Compteur de vitesse de mélange.            4-Compteur de concentration.

**Figure IV.7: Emplacement des compteurs et des émetteurs près d'une pompe**

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

### a) Calculer la tête manométrique à bord :

La hauteur manométrique délivrée par une pompe embarquée peut être calculée en comparant les pressions mesurées par les jauges. En cela, il y a deux configurations différentes distinctes de la pompe et des jauges.

La première configuration est pour une première pompe où un vacuomètre est installé. Dans ce cas, la jauge à vide indique une pression inférieure à la pression atmosphérique comme valeur positive. Dans cette situation, la tête manométrique délivrée par la pompe est la pression mesurée du côté sortant **PLUS** la pression mesurée avec le vacuomètre plus un réglage pour la différence des hauteurs de position des jauges.

Pour une deuxième pompe à bord, pour une pompe de surpression ou une pompe qui est placée dans une conduite d'aspiration typiquement deux des manomètres sont utilisés, un à l'entrée et un à la sortie de la pompe. La jauge à l'entrée également indique la pression, mais maintenant avec une pression positive s'il y a une pression supérieure à la pression atmosphérique et une valeur négative si la pression est inférieure à la pression atmosphérique. Dans ce cas, la tête manométrique délivrée par la pompe est la pression à la jauge de sortie **MOINS** la pression à la jauge d'entrée plus un réglage de la différence de hauteur de position des jauges. [20]

NB Il faut toujours vérifier lequel des deux types de manomètre "d'aspiration" est installé.

### IV.3.5- Efficacité :

Le rendement d'une pompe est défini comme le quotient de la puissance absorbée par le fluide et de la puissance générée par la pompe au niveau de l'arbre de la pompe. En formule :

$$n = \frac{\text{puissance absorbée}}{\text{arbre de puissance}} * 100 \text{ [-] sans unité}$$

L'écriture (p) en [Pa] pour la tête manométrique, (q) en [m<sup>3</sup> / s] pour la capacité et (P) en [Watt] pour la puissance tr de l'entraînement de la pompe résulte de la formule suivante :

$$n = \frac{qp}{P} * 100 \quad \text{[-] sans unité}$$

La lecture de la courbe p-q et des courbes q-n donne une indication rapide de la consommation électrique de la pompe. Le débit q en [m<sup>3</sup>/s] fois la pression en [Pa] divisé par le rendement au même débit donne la demande de puissance en Watt [w], Si la pression est entrée en [kPa] la puissance sera directement en [kW].

$$P = \frac{q \times p}{n} \quad \text{[kw]}$$

Dans la figure 8, à un débit de 1,5 m<sup>3</sup>/s, la pression est de 756 kPa et le rendement est de 56 %, ce qui entraîne une demande de puissance à ce point de :

$$P = \frac{1.5 \times 756}{56} * 100 = 2.025 \text{ [kw]}$$

À un débit de 4,5 m<sup>3</sup> / s, la pression est de 646 kPa et le rendement est de 79 %, ce qui entraîne une demande de puissance à ce stade :

$$P = \frac{4.5 \times 646}{79} * 100 = 3.680 \text{ [kw]}$$

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

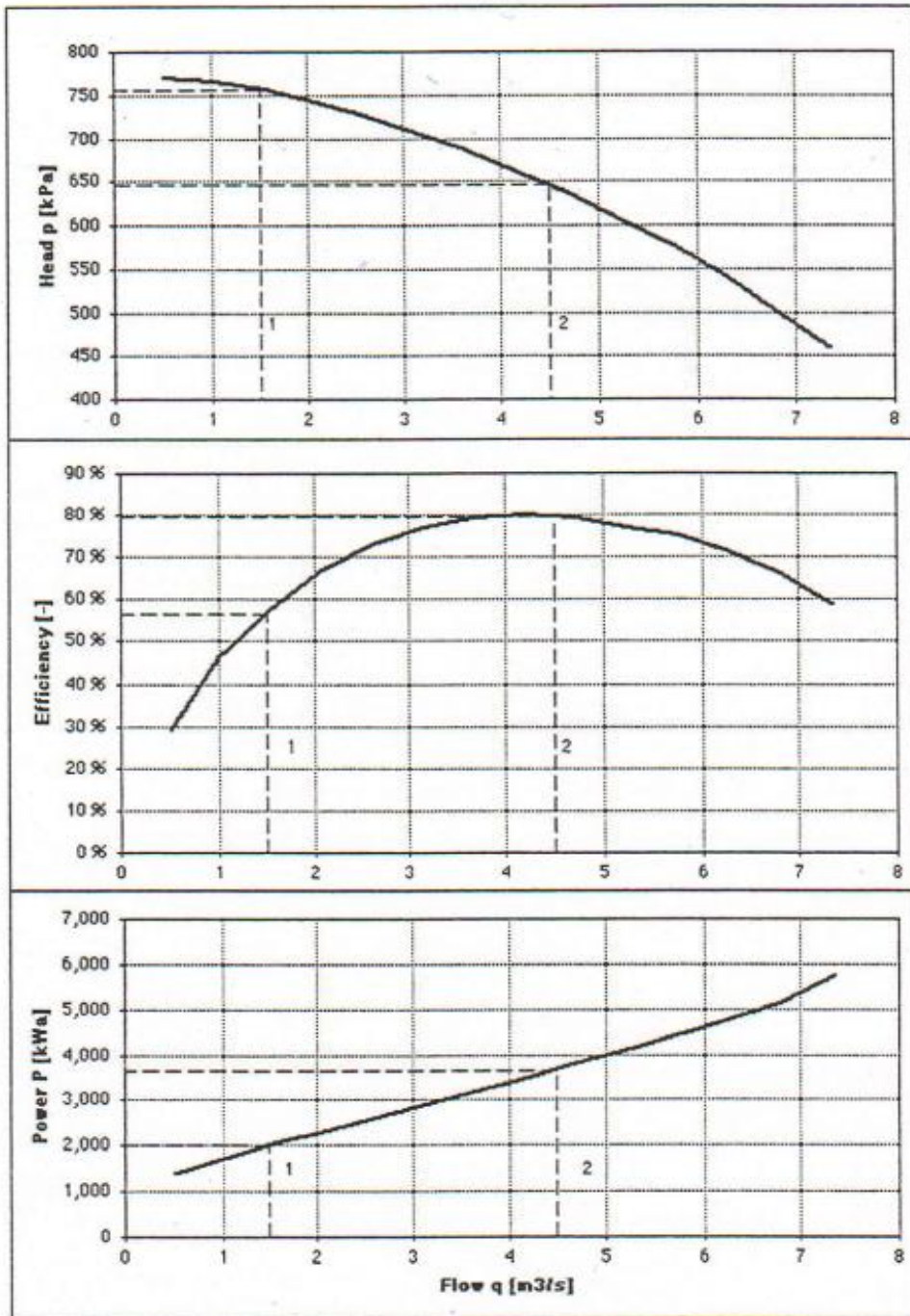


Figure IV.8: Pression, efficacité et puissance d'une pompe de dragage centrifuge

### IV.3.6- Influencer Les Révolutions Et Le Diamètre De La Roue :

Les opérateurs de dragage adaptent souvent les révolutions ou même modifient le diamètre de la roue d'une pompe pour faire face aux conditions particulières du site, à savoir le type de matériau et la distance de pompage. La modification des révolutions de la roue et la modification du diamètre de la roue, soit en brûlant la pointe des pales de la roue, soit en obtenant des roues de diamètre inférieur livrées par le fabricant, ont une influence similaire sur la caractéristique de la pompe. [20]

#### a) Évolution des révolutions :

Pour ajuster la caractéristique de la pompe à certaines conditions dans le domaine de la distance de pompage et de la taille des particules, les révolutions de la roue peuvent être modifiées par le régulateur.

Changer les révolutions influencera le débit, la tête délivrée par la turbine et l'efficacité de la turbine. Lorsque les variations des révolutions se situent à moins de 10% des révolutions nominales, le rendement de la pompe peut être considéré comme restant le même. Les caractéristiques de la pompe peuvent être établies pour différentes révolutions en fonction de la courbe de pompe pour une révolution donnée fournie par le fabricant de la pompe. Ceci est illustré à figure IV.9, qui donne les caractéristiques aux révolutions nominales et une avec des révolutions réduites.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

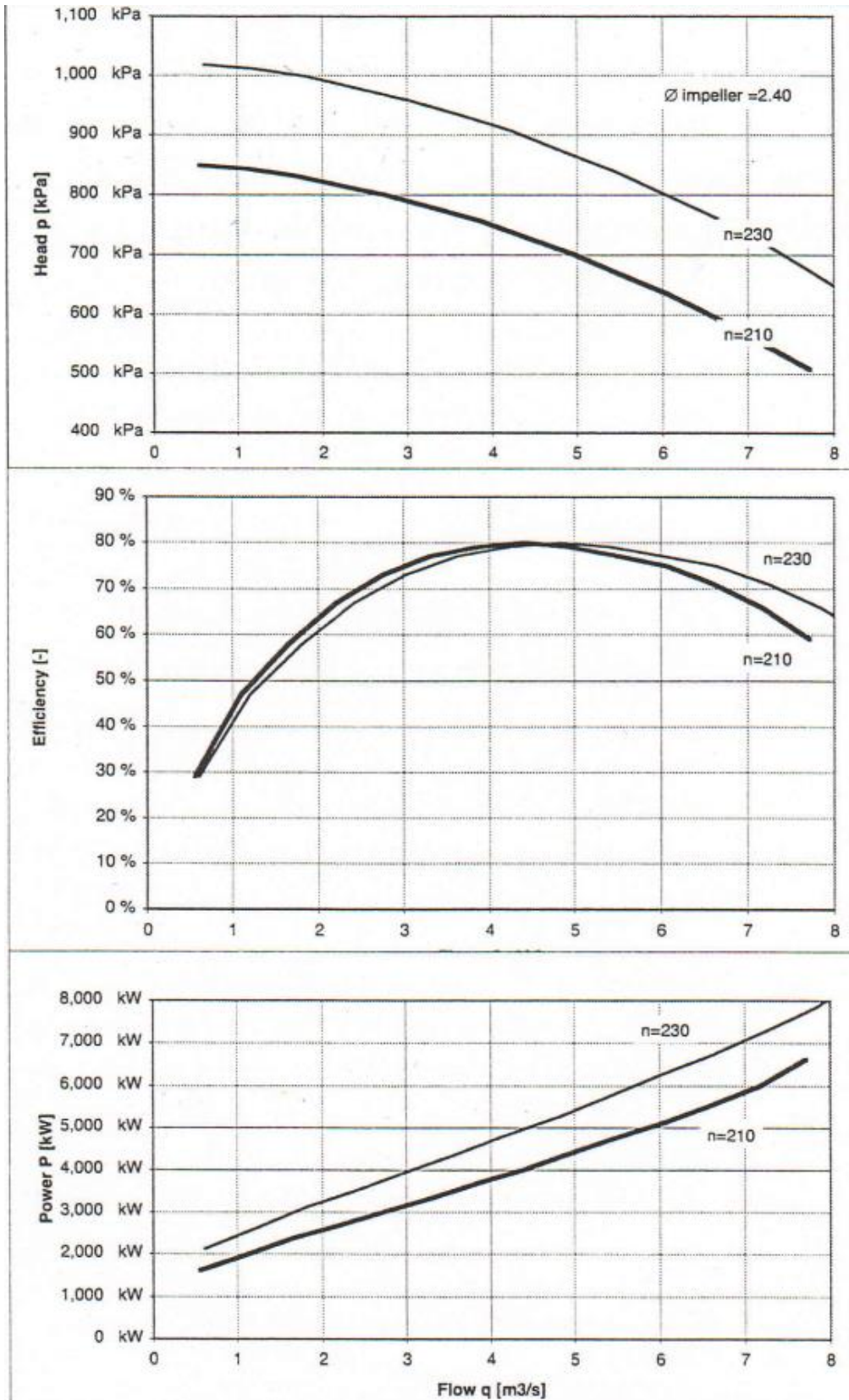


Figure IV.9: Caractéristiques de la pompe avec des révolutions modifiées.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

---

Sur la base des caractéristiques de la pompe pour un nombre de tours spécifique mesuré par le fabricant, les caractéristiques de la pompe pour d'autres diamètres peuvent être reconstruites si le nouveau diamètre ne s'écarte pas plus de 10% en supposant la même efficacité.

### **b) Combustion de la pointe de la roue.**

Pour ajuster la caractéristique de la pompe à certaines conditions dans le domaine de la distance de pompage et de la taille des particules, le diamètre d'une roue peut être réduit en brûlant la pointe des aubes. Bien que, du point de vue de la technologie d'écoulement, il soit préférable de remplacer la turbine par une turbine soigneusement conçue et roue fabriquée avec un diamètre plus petit et un angle modifié des pales la combustion de la pointe des pales se fait en raison du délai de livraison et du coût.

**Remarque :** lorsque le diamètre de la roue est modifié en brûlant la pointe de la roue, la configuration de la roue changera légèrement et ainsi la roue adaptée aura légèrement différentes caractéristiques comparées par une roue modifiée par le fabricant.

La réduction du diamètre influencera le débit, la tête délivrée par la turbine et l'efficacité de la turbine. Lorsque les changements de diamètre se situent à moins de 10% du diamètre d'origine, l'efficacité de la pompe peut être considérée comme restant la même. Les caractéristiques de la pompe peuvent être établies pour différents diamètres de roue pour des révolutions constantes. Ceci est illustré à la figure IV.10, qui donne la caractéristique d'une roue standard et d'une roue de diamètre réduit, en brûlant la pointe.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

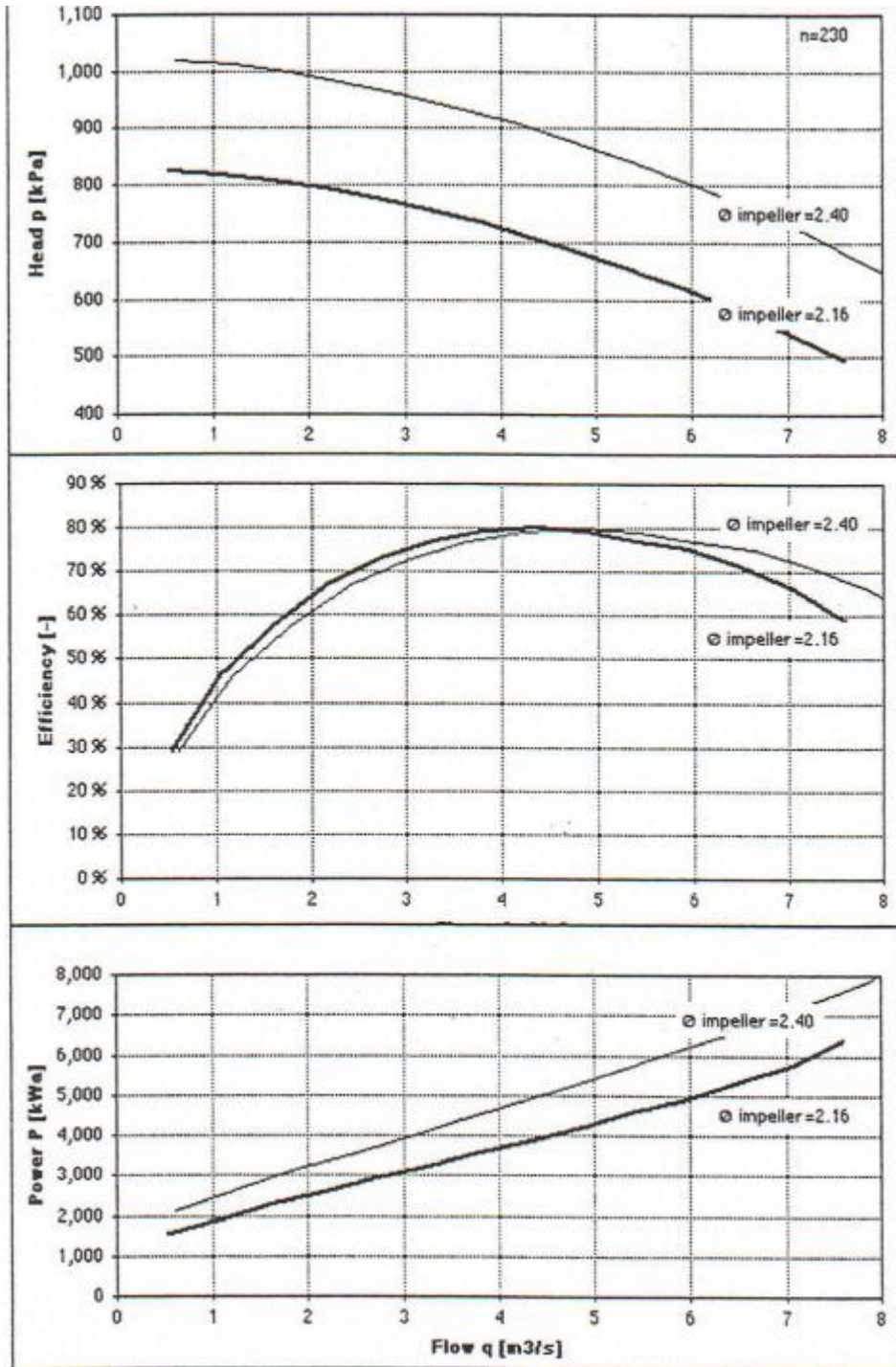


Figure IV.10: Caractéristiques de la pompe avec roue modifiée.

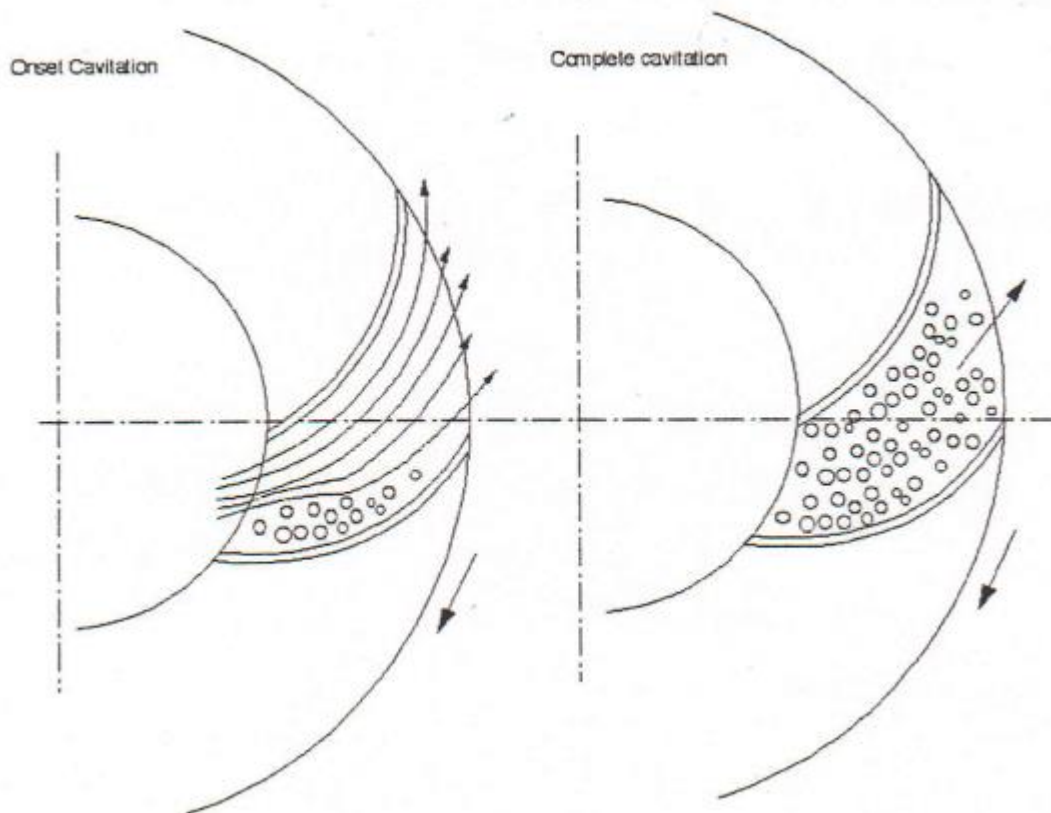
Lorsque le diamètre doit être réduit plus que l'amour, il est généralement préférable de reconstruire la forme des pales, ce qui signifie la construction d'une nouvelle roue avec un diamètre plus petit et une nouvelle courbe  $q$ - $p$  mesuré dans l'eau.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

### IV.3.7- Cavitation :

Le phénomène de cavitation peut être décrit comme suit. Si le vide du côté aspiration de la pompe augmente au point où la pression de l'eau pompée est égale à la pression de vapeur de l'eau, l'eau se vaporisera. Cela signifie que des cavités de vapeur se développent dans l'eau, de l'eau sous forme de gaz. Cela se produit juste derrière la pale de la turbine, (voir figure IV.11). Les bulles de vapeur dans le flux sont transportées vers la sortie de la turbine, où la pression est plus élevée, provoquant l'implosion des bulles. La pression de vapeur varie avec la température de l'eau, mais dépend également de la présence de particules dans le flux ou le gaz de la matière organique.

Le processus de cavitation s'accompagne d'un sifflement et d'un cliquetis dans la pompe, de fortes vibrations, de chocs assez violents et d'autres irrégularités. Cela provoque une usure et des dommages supplémentaires, en particulier au niveau de la roue. Si la cavitation s'aggrave, les cloches de vapeur interrompent le flux continu et la pompe l'efficacité diminue rapidement jusqu'à ce que la pompe s'étouffe. La cavitation peut être corrigée en ouvrant la porte des déchets ou en soulevant la bouche d'aspiration (tête de traînée) du fond marin. Le vide tombe et la cavitation s'arrête. [20]



**Figure IV.11: Cavitation de démarrage et cavitation du carburant près des pales de la turbine, source MTI.**

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

---

### IV.3.8- Aspiration :

Il sera clair que le vide décisif limite la capacité d'aspiration. L'aspiration n'est possible que lorsque la pression dans l'entrée d'aspiration du tuyau est inférieure à la pression environnante. Mais il y a une limite précise dans la mesure où l'on peut abaisser la pression du côté aspiration de la pompe.

La pression normale sur terre est d'un bar ou 100 kPa (soit une colonne d'eau d'environ 10 mètres). Le minimum absolu, donc la plus basse des pressions possibles est zéro. Cela signifie que la pression d'aspiration maximale jamais possible sur terre serait équivalente à 100 kPa. Puisqu'aucun ne centrifuge la pompe serait en mesure d'obtenir cette pression-là plus basse possible, dans le meilleur des cas, un potentiel d'aspiration (appelé "vide") de l'ordre de disons 80 kPa peut être obtenu (voir paragraphe 3.7). C'est toute l'énergie potentielle disponible pour :

- ✚ Accélérez l'eau de l'arrêt pratique à quelque chose de l'ordre de 3 à 1 m / sec pour éroder le fond et pénétrer dans la bouche d'aspiration.
- ✚ Soulevez les déblais par le bas à travers le système de tuyau d'aspiration vers le côté d'admission du pompage.
- ✚ Surmontez les frottements dans le tuyau d'aspiration et la résistance due aux courbures du système jusqu'à l'admission de la pompe.

Ces trois éléments "rongent" facilement le vide, en particulier lors du dragage de matériaux lourds ou lorsque la distance entre la bouche d'aspiration et la pompe est longue.

Certaines mesures logiques pour réduire la résistance sont :

- ✚ Placez la pompe aussi bas que possible dans le navire.
- ✚ Évitez les coudes et autres obstructions (la boîte en pierre par exemple) dans le chemin de conduite du bas vers l'admission de la pompe, c'est-à-dire évitez toutes les résistances qui ne sont pas absolument nécessaires.
- ✚ Soyez "conscient du vide" tout le temps lors du dragage, en particulier, l'opérateur de dragage doit en être conscient.

Le placement de la pompe bas dans le navire ou sous l'eau sur le tuyau d'aspiration présente l'avantage supplémentaire que la pression obtenue en abaissant la pompe peut être ajoutée au vide disponible, voir "Module d'interaction Pompe et tuyau".

Pour surveiller le vide à tout moment, le compteur doit être en bon état, bien calibré et parfaitement visible (et surveillé) tout le temps pendant le dragage. [20]

### REMARQUE :

Comme il n'y a pas de limite à la pression que l'eau peut supporter, le processus de décharge n'a pas ces propriétés physiques limites. Il s'agit simplement d'une tête manométrique suffisante ou de révolutions adéquates de la pompe ou d'une quantité suffisante pompes et assez de puissance.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

---

### IV.4- POMPE CARACTERISTIQUES DU MOTEUR :

Sur la figure 8, la relation entre plusieurs paramètres d'une pompe choisie au hasard est illustrée. Un débit  $q$  plus important nécessite plus de puissance  $P$ . Cependant, il n'est pas pris en compte que la puissance du moteur est limitée. À un certain débit, la puissance maximale du moteur est atteinte : le point de couple nominal maximal a été atteint. Sur la figure IV.12, cette limitation, la caractéristique pompe-moteur, est représentée.

Dans la zone du régulateur, le moteur tourne à des révolutions maximales, dans une plage où la pression augmente légèrement lorsque la vitesse du mélange diminue, d'où un débit plus faible.

Si le débit augmente, la pression diminuera jusqu'à ce que le point A soit atteint : le point nominal de couple maximal.

Le régulateur de carburant du moteur veillera à ce que, malgré la demande croissante de puissance avec l'augmentation du débit, plus de carburant ne soit injecté dans les cylindres par rotation. Au point de couple maximal A, la vitesse et le couple sont tous deux à leur niveau maximal et le moteur tourne à la puissance maximale dans la zone de la crémaillère à carburant complète.

Dans la zone de la crémaillère pleine, la vitesse du moteur diminuera lorsque la charge augmentera et donc également la pression générée par la pompe diminuera. Si le débit augmente et que cette pression continue de baisser, le régime du moteur baissera jusqu'à ce que la limite de fumée soit atteinte. [20]

.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

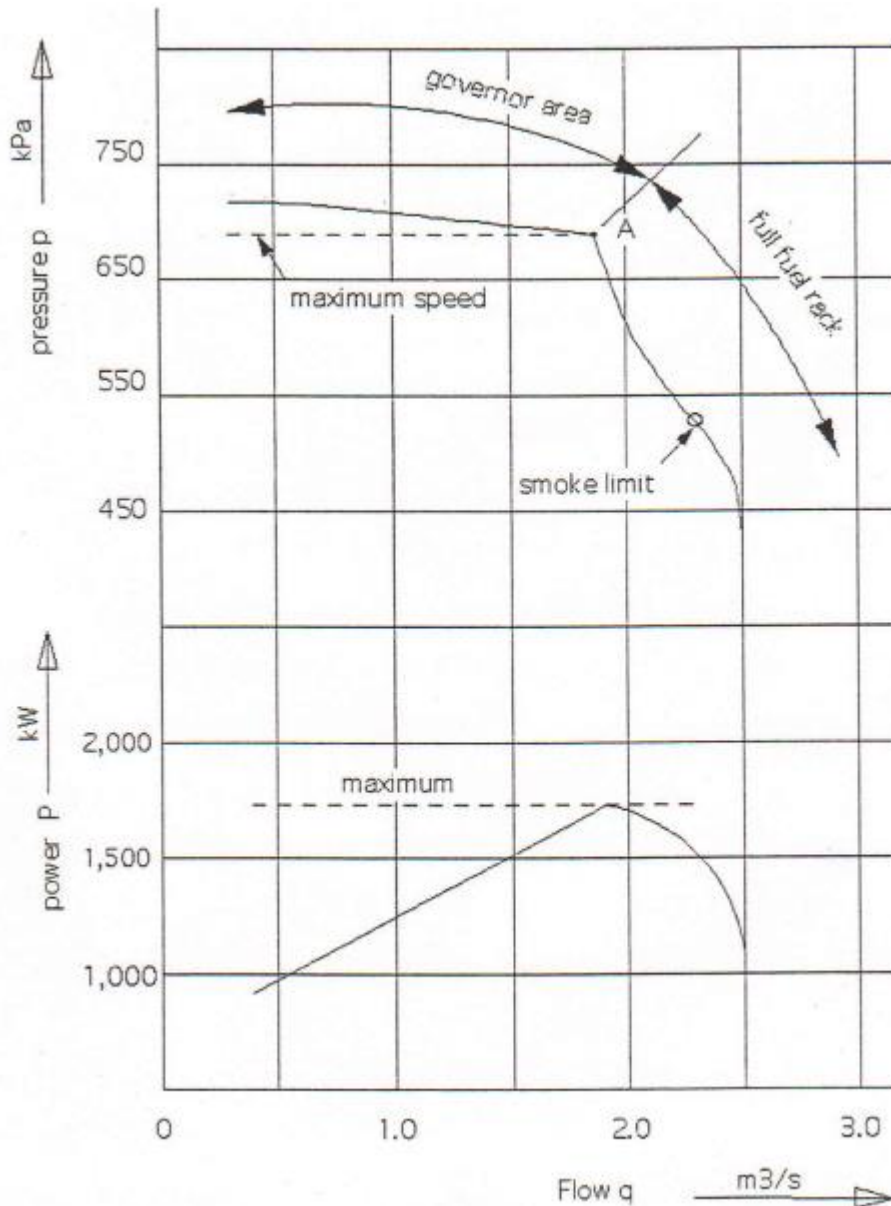


Figure IV.12: Caractéristiques d'une pompe entraînée par un moteur diesel.

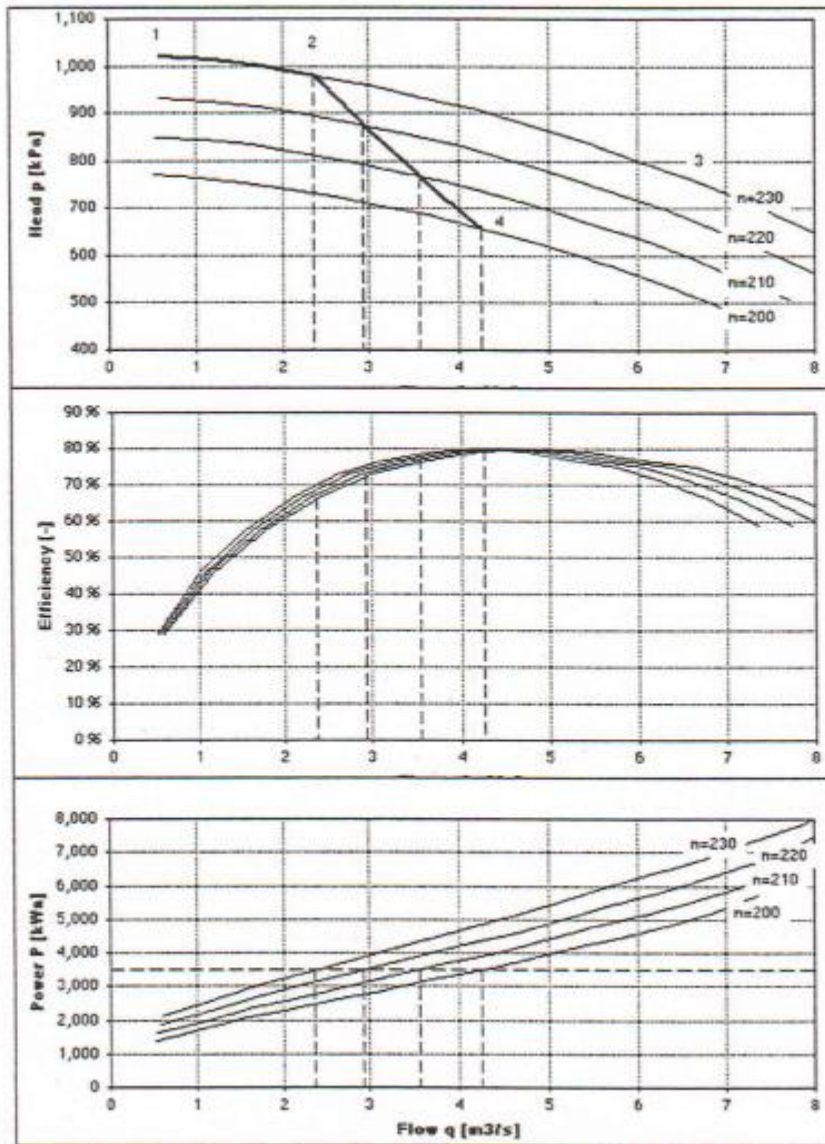
Les lecteurs peuvent être résumés en deux types de lecteurs généraux, dont chacun se comporte différemment lorsque la demande d'énergie est élevée.

Le type le plus courant est appelé entraînement à couple maximal, ce qui signifie que lorsque le moteur est surchargé au-delà de sa puissance nominale, il continuera à fournir le même couple même si les tours par minute chutent. Cependant, la puissance générée par le moteur diminuera lorsque les révolutions seront poussées en baisse par la demande de la pompe.

L'autre type est appelé entraînement à pleine puissance, qui peut continuer à fournir la pleine puissance même au-delà du point où les révolutions du moteur diminuent en raison de la demande de la pompe.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

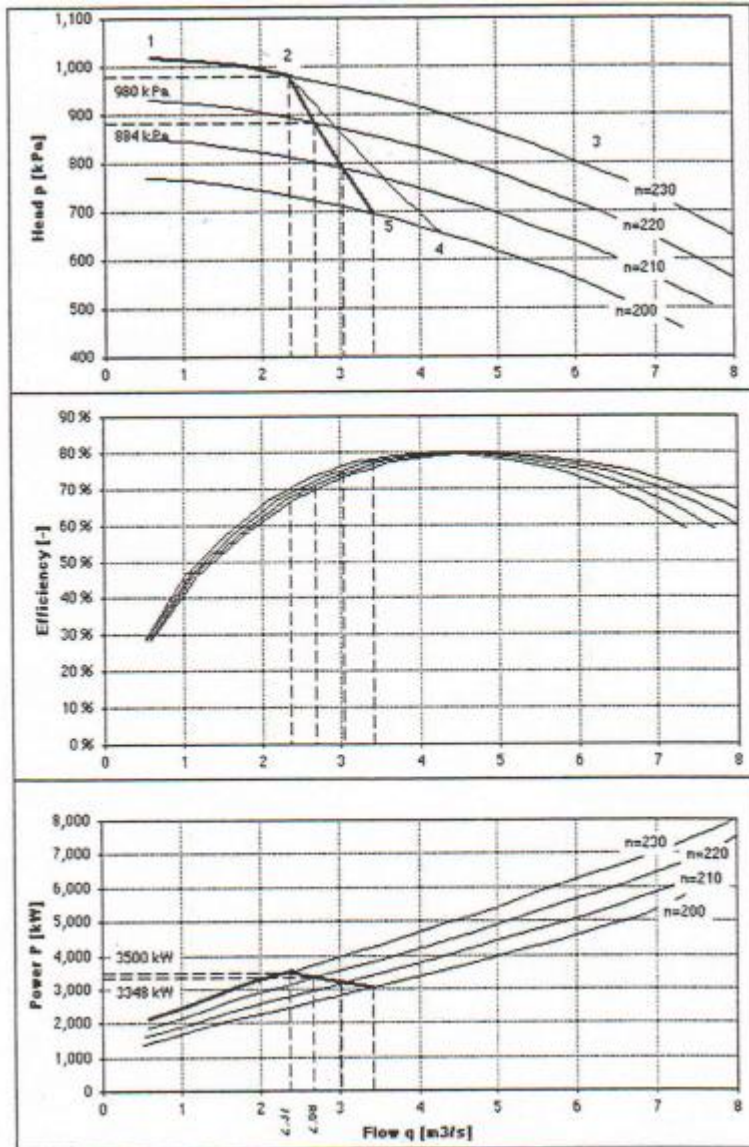
Les fournisseurs proposent parfois un arrangement de transmission spécial pour ajouter un type de transition d'un entraînement à puissance constante, voir la figure IV.13 ci-dessous.



**Figure IV.13: Caractéristique générale d'une pompe à pleine puissance.**

La différence est expliquée avec la courbe q-p de la figure IV 13.in la zone 1-2 De la courbe 1-2-3 le moteur fonctionne à une vitesse constante équivalente à une vitesse de pompe de n de 230 tr / min et jusqu'à 3 500 kW, le moteur n'est pas rechargé à son couple ou à sa puissance maximum. Lorsque la charge sur le moteur augmente par la pompe, deux choses peuvent se produire au point 2. Le moteur tourne à une puissance constante de 3 500 kW, le débit ne peut augmenter qu'en réduisant la vitesse de la pompe, voir les lignes pointillées de la figure IV 13. La caractéristique de la pompe est du type à puissance constante 1-2-4.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE



**Figure IV.14: Caractéristique générale de la pompe à couple maximal.**

Lorsque le couple maximal du moteur est atteint au point 2 (Figure IV.14), la vitesse et la puissance diminuent selon la formule suivante :

$$P = w \cdot T \quad [W]$$

Le couple reste constant de sorte que l'équation suivante peut être utilisée :

$$T = \frac{P}{w} = \text{constante} \quad [Nm]$$

$$\text{Constante} = \frac{P_a}{w_a} = \frac{P_b}{w_b} \Rightarrow P_b = \frac{w_b}{w_a} \cdot P_a$$

$$W = \frac{2\pi n}{60} \rightarrow \frac{W_b}{W_a} * \frac{n_b}{n_a}$$

Si  $P_a = 3.500 \text{ kW}$  pour  $n^a = 230$  tours, alors la puissance peut être calculée pour d'autres tours :

$$\text{Pour } n_b = 220 : P_b = \frac{W_b}{W_a} \cdot P_a, P_b = \frac{220}{230} \cdot 3,500 = 3,348 \text{ [kw]}$$

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

la même chose pour  $n_d = 200$  :  $P_d = \frac{220}{230} \cdot 3,500 = 3,043$  [kw]

La valeur du débit peut être déterminée en construisant une ligne pointillée horizontale pour la puissance calculée (effectuée pour 3 500 et 3 349 kW) dans la courbe p-q, voir la figure IV 14. Là où la ligne pointillée horizontale (3 500 kW) croise la ligne p-q pour  $n=230$ , le débit correspondant (2,37 m<sup>3</sup>/s) peut être trouvé. Le même peut être fait pour  $P_b$ ,  $P_d$  et  $P_a$ . Pour la pression, la même chose est faite dans la courbe p-q, pour le débit de 2,37 (m<sup>3</sup>/s) la ligne pointillée croise la courbe  $n=230$  à p est de 980 kPa.

Ces points sont illustrés dans le graphique de la figure IV 14. La ligne de couple constant pour la pompe est représentée par ligne 1-2-5. La ligne de puissance complète 1-2-4 est également donnée à titre de comparaison sur la figure IV 14.

Selon le type d'entraînement (moteur), les caractéristiques de la pompe influencées par l'entraînement peuvent différer.

Les types d'entraînement du type à couple complet sont :

- ✚ Diesel directe.
- ✚ Courant ALTERNATIF électrique.

Les types d'entraînement du type à pleine puissance sont :

- ✚ Hydraulique.
- ✚ Courant ALTERNATIF électrique.
- ✚ Thyristor.
- ✚ Entraînement direct diesel de conception spéciale.

### IV.5- CARACTERISTIQUES DE LA POMPE POUR LE TRANSPORT DU MELANGE :

L'influence d'une densité plus élevée sur la limitation créée par la puissance du variateur est illustrée à la figure IV 15. Une densité plus élevée avec sa pression plus élevée à un débit donné entraîne une coupure de la conduite à vitesse constante à un débit inférieur. Cela deviendra clair lorsque l'efficacité de la pompe sera également prise en compte.

L'effet est qu'une pompe peut fonctionner à pleine vitesse lors du pompage de l'eau, mais sera obligée de fonctionner à une vitesse inférieure vitesse lors du pompage d'un mélange.

Pomper un mélange d'une certaine densité plutôt qu'un fluide de densité plus élevée aura une influence sur le rendement de la pompe et aura donc également d'autres effets, qui dépendent de la granulométrie du sable. Le graphique de la figure IV 15 donne les lignes combinées à vitesse constante et à puissance constante pour une pompe fonctionnement à 200 tr / min et puissance installée de 600 kW à l'arbre de la pompe pour quatre densités différentes. [20]

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

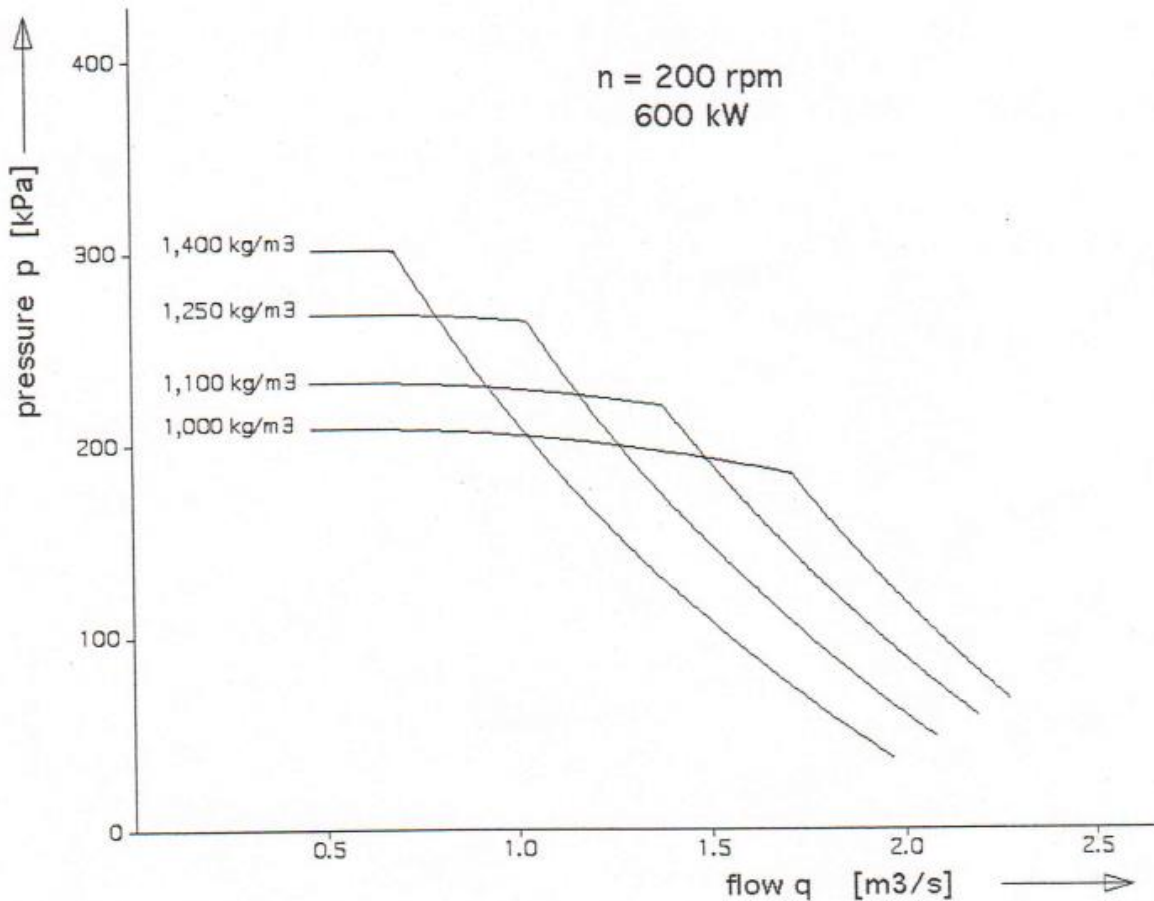


Figure IV.15: Vitesse constante et lignes électriques constantes pour différentes densités.

Le principe de l'action de la pompe reste le même lorsque de l'eau claire est pompée plutôt qu'un mélange d'eau du sol. Lorsqu'au lieu d'eau, un mélange avec une densité plus élevée est mis en rotation par la pompe, une pression plus élevée est délivrée par la pompe à ces mêmes révolutions. Théoriquement, la pression change proportionnellement à la densité du mélange :

$$P_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} \cdot P_w \quad [\text{Pa}]$$

Cependant, en raison du transport des particules à travers la pompe, la perte augmente et donc l'efficacité diminue. Cela réduira l'augmentation de la pression fournie par la pompe en raison de la densité supplémentaire. Avec cette réduction d'efficacité pendant le transport du mélange, la pompe délivre une pression de :

$$P_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} \cdot P_w * \frac{n_m}{n_w} \quad [\text{Pa}]$$

$n_m$  = efficacité de la pompe lors du pompage du mélange.

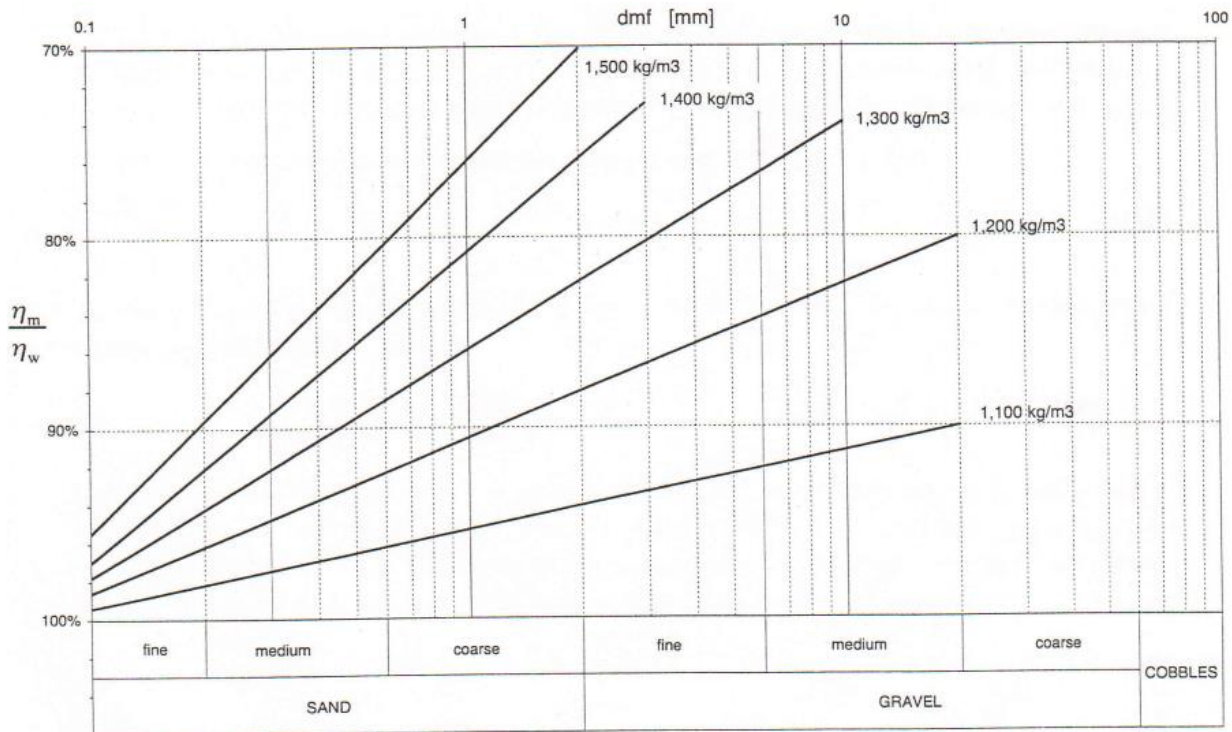
$n_w$  = efficacité de la pompe lors du pompage de l'eau.

La capacité reste la même =  $q_m = q_w$ .

Le rapport de l'efficacité  $\frac{n_m}{n_w}$  dépend de la densité  $\rho_m$  et de la taille moyenne des particules de la particule d'âme. Sur la figure 16, le rapport d'efficacité  $\frac{n_m}{n_w}$  contre  $d_{mf}$  et  $\rho_m$  pour une densité de

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

particules de  $\rho_g = 2,659 \text{ kg/m}^3$  est représenté. À l'aide de ce graphique, il est possible de recalculer la caractéristique de la pompe à partir de l'eau claire à un mélange pour une vitesse de pompe constante.



**Figure IV.16: Taux d'efficacité  $\frac{\eta_m}{\eta_w}$  comme fonction off  $\rho_m$  et  $dmf$  Pour  $\rho_g = 2\ 650 \text{ kg / m}^3$ .**

Les lignes de la figure IV 16 indiquent ce qui suit :

- 1) Lorsque du sable fin avec  $dmf = 100 \mu\text{m}$  avec une densité de mélange  $\rho_m = 1\ 300 \text{ kg / m}^3$  est pompé, le facteur  $\frac{\eta_m}{\eta_w}$  est **0,98 [-]**, de sorte que la perte supplémentaire due au pompage d'un mélange est faible.

Lorsque le même sable fin est transporté avec une densité de  $\rho_m = 1\ 500 \text{ kg / m}^3$ ,

**le facteur est  $\frac{\eta_m}{\eta_w} = 0.96$  [-].**

Puisque du sable fin est pompé comme transport homogène de mélange, la réduction de l'efficacité et la réduction de l'augmentation de la hauteur manométrique par rapport au pompage d'un mélange homogène est petit, c'est-à-dire 2 à 4 %.

- 1) lorsque du gravier avec  $dmf = 20 \text{ mm}$  avec une densité de mélange  $\rho_m = 1\ 200 \text{ kg/m}^3$  est pompé **le facteur est  $\frac{\eta_m}{\eta_w} = 0.80$  [-].**

Lorsque le même gravier est transporté avec une densité de  $\rho_m = 1\ 400 \text{ kg / m}^3$ ,

**le facteur est  $\frac{\eta_m}{\eta_w} = 0.60$  [-].**

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

---

La réduction de l'efficacité et la réduction de l'augmentation de la manométrie sont considérablement augmentées, car le gravier est plus difficile à transporter, le matériau saute et se bouscule, et la réduction de l'efficacité et de la hauteur manométrique pour le gravier est de 20 à 40 % par rapport au pompage d'un mélange homogène.

La puissance  $P_m$  nécessaire pour délivrer la pression du mélange au débit donné est :

$$P = \frac{q \cdot p}{n} \quad [\text{W}]$$

cependant, en raison du fait que l'efficacité de la pompe est différente lors du pompage d'un mélange par rapport au pompage de l'eau, seule l'équation est :

$$P_m = \frac{\rho_m}{\rho_w} \cdot P_w * \frac{n_m}{n_w} \quad [\text{Pa}]$$

Dans le cas où les graphiques sont déjà tous donnés pour le mélange, on peut supposer que tous ces facteurs de correction ont été inclus dans les graphiques présentés. Cette formule de calcul de la consommation d'énergie peut être adaptée pour prendre en compte les corrections. Entrer  $q_m, P_m$  et  $n_m$  dans la formule de la puissance, qui peut être lue à partir des graphiques la formule donne la puissance du mélange :

$$P_m = \frac{q_m \cdot P_m}{n_m} \quad [\text{w}]$$

## CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE

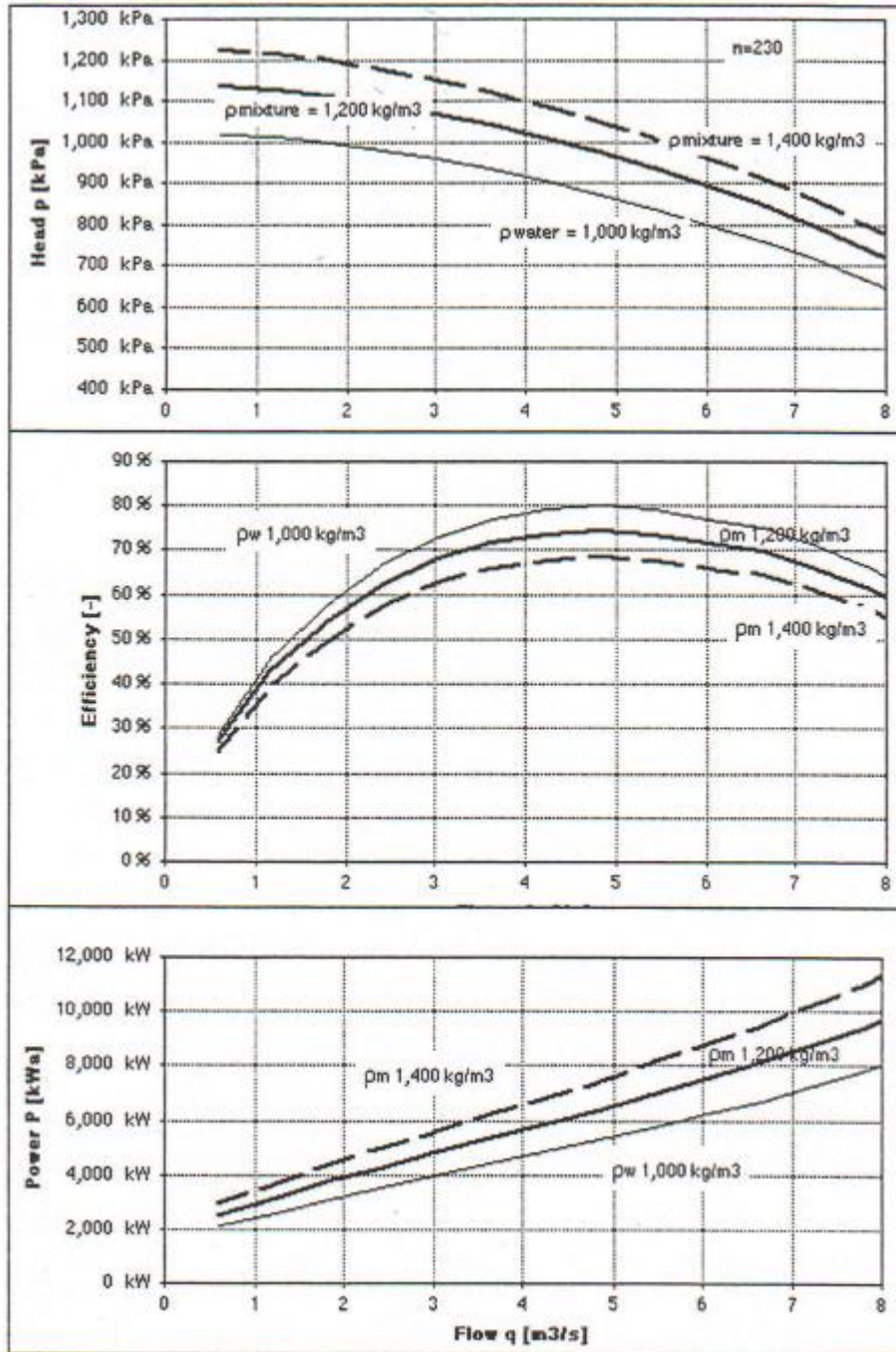


Figure IV.17: Graphiques des mélanges.

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

---

### IV.6- INFLUENCE DE L'USURE SUR LES PERFORMANCES DE LA POMPE :

Les installations de dragage subissent une forte usure en raison de l'abrasivité du mélange d'eau du sol. On suppose que l'usure d'une pompe se développe proportionnellement à la puissance cubique de la vitesse de pointe de la roue. À une vitesse de pompe donnée, une grande roue montrera plus d'usure qu'une petite.

Les fournisseurs limitent donc généralement la vitesse de pointe des roues à 30 à 40 m / s.

L'usure des pompes diffère d'un endroit à l'autre, les vitesses maximales sont ressenties lors de la transition de la roue à la volute.

En raison de l'usure, la forme et les dimensions de la pompe et de sa roue changent ainsi que les tolérances entre l'augmentation de la roue et du corps de pompe. [20]

Les caractéristiques de la pompe changent en raison de l'usure aux emplacements suivants :

- ✚ Une entrée de roue.
- ✚ Pointe des aubes de la roue.
- ✚ Plaques d'usure entre la roue et le corps de pompe.
- ✚ Couper l'eau et le corps de pompe.

**a** : Une usure importante peut survenir lorsque les pompes aspirantes fonctionnent à un débit qui s'écarte considérablement de leur débit de conception. Les pertes dues à l'impact augmentent considérablement lorsque le débit s'écarte davantage du point avec une efficacité maximale.

L'usure va de pair avec l'augmentation des pertes par impact.

De plus, la géométrie de l'entrée de la roue va changer, ce qui est important pour le comportement de la pompe vis-à-vis de la cavitation. C'est la raison pour laquelle le vide décisif diminue en raison de l'usure de l'entrée.

**b** : Pour obtenir la pression maximale possible, la géométrie de la sortie de la roue est importante. Si, en raison de l'usure, le diamètre de la roue diminue et que l'angle du bord de la roue change, la pression maximale réalisable diminue ainsi la puissance maximale de la drague à une certaine distance diminue ou la distance maximale à une sortie donnée diminue.

**c** : L'usure des plaques d'usure entraîne un écart plus important entre la roue et le corps de pompe. Cet espace plus large provoque une augmentation du débit de la sortie de la turbine vers l'entrée, l'eau dite de circulation. Cela accélère l'usure et augmente également la perte de frottement entre les turbine et corps de pompe. De plus, la hauteur manométrique maximale diminue en raison de la fuite de fluide à travers ce raccourci.

**d** : L'usure de l'eau de coupe entraîne également une augmentation de l'eau de circulation dans le corps de pompe et donc une diminution du rendement. Les pompes de dragage ont une large volute par rapport aux pompes à eau. L'augmentation de la volute due à l'usure n'augmente la section transversale qu'avec un faible pourcentage. L'influence sur l'efficacité en conséquence est également mineure.

## CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE

### IV.7- AUGMENTATION DE LA CAPACITE DE POMPAGE :

Le fait d'ajuster la capacité de pompage à l'allure de l'excavation effectuée par le désagrégateur influence grandement la production de la drague et le taux de remise en suspension. Ainsi, en choisissant des systèmes dont la puissance d'aspiration peut être augmentée ou encore en ajoutant une pompe submergée fixée à l'élinde, il est possible d'accroître le rendement de la drague et de diminuer le taux de remise en suspension au site des travaux. Dans certaines conditions, ces systèmes pourront toutefois avoir également pour effet de diminuer la densité de la boue pompée. [20]

### IV.8- MODIFICATIONS TECHNOLOGIQUES DES EQUIPEMENTS :

Les dragues conventionnelles hydrauliques ou mécaniques sont les plus susceptibles d'être utilisées et leur emploi implique souvent un compromis entre les impacts environnementaux aux sites d'excavation et de dépôt et la performance technique escomptée. Toutefois, leur performance environnementale peut être sensiblement améliorée en apportant des modifications relativement mineures à certaines parties d'équipement. Sur la base des facteurs influençant le taux de remise en suspension des sédiments, le tableau 10 présente les principales modifications technologiques qui peuvent être apportées aux équipements de dragage utilisés. [20]

Type DE DRAGUE	FACTEURS INFLUENÇANT LE TAUX DE REMISE EN SUSPENSION DES SÉDIMENTS	MODIFICATIONS TECHNIQUES POSSIBLES AUX ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE ET DE TRANSPORT
DRAGUES MÉCANIQUES	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Étanchéité de la benne preneuse.</li><li>➤ Mouvement limitatif latéral et vertical de</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Étanchéisation des bennes preneuses</li></ul>

## CHAPITRE 4: POMPE DE DRAGAGE

	<p style="text-align: center;">la pelle rétro caveuse.</p> <p>Perte de matériaux pendant le transport par barge ou par chaland.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilisation de bennes preneuses. hydrauliques (à double paroi).</li> <li>➤ Fermeture hydraulique de la pelle rétro caveuse.</li> <li>➤ Étanchéisation des clapets des barges-et des chalands.</li> </ul>
<p>DRAGUES HYDRAULIQUES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pression de succion de la pompe.</li> <li>➤ Vitesse de déplacement latéral.</li> <li>➤ Anglade la crépine.</li> <li>➤ Conception de la roue désagrégatrice</li> <li>➤ Perte de matériaux pendant le transport par pipeline.</li> <li>➤ Remise en suspension importante au point de rejet.</li> <li>➤ Vitesse de rotation du désagrégateur par rapport à la puissance d'aspiration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Augmentation de la puissance de la pompe aspirante.</li> <li>➤ Addition de pompes de surpression à la pompe principale pour. accroître la capacité de succion</li> <li>➤ Installation d'un bouclier à proximité de la tête aspirante ou du désagrégateur.</li> <li>➤ Utilisation d'un désagrégateur de forme conique.</li> <li>➤ Installation de jauges de pression et de densité pour contrôler et optimiser le mélange eau-sédiments.</li> <li>➤ Installions d'un système de dégazage</li> <li>➤ Étanchéisation des joints des conduites.</li> <li>➤ Installation d'un tube à trémie à l'extrémité de la conduite.</li> <li>➤ Installation d'un diffuseur à l'extrémité de la conduite.</li> <li>➤ Installation de la tête désagrégatrice directement sous la conduite de succion.</li> </ul>

## CHAPITRE 4: POMPED DE DRAGAGE

---

DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE	➤ Utilisation de la servers	➤ Utilisation d'un système de surverse anti-turbidité.
-------------------------------	--------------------------------	---

**Tableau IV.10: Modifications techniques pouvant être apportées aux équipements de dragage et de transport des sédiments.**

### Étanchéisation De La Benne Preneuse :

La principale modification technique applicable à la drague à benne preneuse consiste à augmenter l'étanchéité du système de fermeture des mâchoires demi-cylindriques. Le système étanche n'est toutefois efficace que dans les sables ou les sédiments fins et mous. Il faut noter que dans certaines conditions, l'eau retenue par la benne étanche pourra augmenter- les pertes par déversement du trop-plein des barges durant le chargement. .

Les bennes preneuses de conception moderne incluent l'usage de bordures en forme de languette et rainure pour réduire les problèmes d'étanchéité. [20]

### IV.9- CONCLUSION :

les pompes de dragage sont des équipements essentiels dans les activités de dragage, permettant l'extraction et le déplacement efficace des matériaux du fond des cours d'eau et des zones marines. Elles jouent un rôle important dans le maintien des voies navigables, la gestion des sédiments et la réalisation de projets de construction maritime.

## CONCLUSION GENERALE

---

### Conclusion générale :

L'envasement des barrages est un phénomène naturel très complexe qui doit être étudié de l'amont à l'aval du barrage, actuellement il est devenu une véritable menace pour l'infrastructure hydraulique, tant au niveau de la réduction rapide de la capacité utile du barrage qu'au niveau de l'intégrité de l'ouvrage lui-même. A cet effet, des méthodes ont été présentées pour traiter les problèmes de limon afin de l'éviter ou de réduire ce phénomène en utilisant le procédé de dragage.

Malheureusement, l'absence de sites favorables à la construction d'autres barrages en Algérie, a conduit les autorités à recourir au dragage.

De grandes quantités de vase sont rejetées quotidiennement grâce à ce processus. Bien qu'il présente des avantages, il peut également présenter des inconvénients, et ils concernent l'évacuation et le stockage des déblais de dragage. En conséquence, le principal inconvénient affecte de près l'écologie et les écosystèmes en raison du rejet des vases à proximité des sites ou en aval dans la vallée. Cela nous incite à réfléchir à la réutilisation de ces matériaux dragués dans divers domaines (construction de routes, poterie, briqueterie, agriculture) et à mieux contrôler ces effets.

Dans le barrage de k'sob, le dépôt de boues de dragage est devenu plus coûteux, il n'est pas économique de restaurer la capacité de stockage par dragage. En général, on estime que le coût de construction ou d'élévation d'un barrage, par volume, est inférieur à celui d'une unité de dragage.

Cette solution de dragage n'est pas la plus adaptée à toutes les structures, car il existe des inconvénients liés à l'érosion et au limon.

L'expérience de dragage par system "air lifte" dans le milieu d'ouvrage hydraulique. est à l'étude, cette technologie hydraulique nécessite des conditions très précises. les chercheurs tentent de déterminer ces conditions, nous espérons que le dragage par voie aérienne sera efficace dans les années à venir.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### Référence bibliographique :

[1] **ZEGAAR N, BENZIANE B.** (2017). « Traitement des sédiments du barrage de K'sob en vue de d'améliorer leurs caractéristiques physique et mécaniques ». Mémoire de master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF DE M'SILA Algérie. page 16.

[2] **ZEGAAR N, BENZIANE B.** (2017). « Traitement des sédiments du barrage de K'sob en vue de d'améliorer leurs caractéristiques physique et mécaniques ». Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie. page 20.

[3] **ZEMOURI N, ZINE KH.** « CARACTERISATION MECANIQUE DE LA VASE DU BARRAGE K'SOB EN VUE DE SA VALORISATION DANS LES TRAVAUX ROUTIERS ». Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie page 17.

[4] **ZEMOURI N, ZINE KH.** « Caractérisation mécanique de la vase du barrage K'sob en vue de sa valorisation dans les travaux routiers », Mémoire DE Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie page 30.

[5] **MAZARI M, LEDJILOT M** « Mesures Préventive contre l'envasement des barrages en Algérie avec étude de cas (Barrage K'SOB) », Mémoire de Master, Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira, Algérie, page 19.

[6] **Benasla M.** (2015) « Caractérisation de la vase de dragage du barrage de l'Oued Fodda et valorisation en tant que matériau de construction ». Mémoire de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf. Algérie, page 23.

[7] **ZEMOURI N, ZINE KH.** « Caractérisation mécanique de la vase du barrage K'sob en vue de sa valorisation dans les travaux routiers », Mémoire DE Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie, page 21-23.

[8] Laboratoire de la cimenterie Lafarge à Hammam EL Dalaa.

[9] **ZEGAAR N, BENZIANE B.** (2017). « Traitement des sédiments du barrage de K'sob en vue de d'améliorer leurs caractéristiques physique et mécaniques ». Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila. page 28-34.

[10] **REMINE B.** (2000). « L'ENVASEMENT DES BARRAGES : QUELQUES EXEMPLES ALGERIENS » page 168.

[11] **DEHOUM M et MAZOUZ A.** (2019). « Traitement des sédiments de dragage du barrage K'sob en vue de leur valorisation en techniques », Mémoire de Master. Université Mohamed Boudiaf de M'sila. Page 23-25

[12] **DJENAOUI A, CHATTA S.** (2016) « Etude expérimentale de Système de dragage par l'air » Mémoire de master. Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie Page 45.

[13] **Benasla M.** (2015) « Caractérisation de la vase de dragage du barrage de l'Oued Fodda et valorisation en tant que matériau de construction » Mémoire de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed-Boudiaf. Algérie, page 40-42.

[14] **Document** "Dredging techniques and constraints Module "R02.doc, January 2004.

Page 3-6.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

---

[15] « Guide pour le choix et l'opération des équipements de dragage et .des pratiques environnementales qui s'y rattachent ».1992.

[16] **FAMBAI China Noé.** (2016) « Détermination des zones optimales de dragage du barrage de K'sob » Mémoire de master. Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie Page 17.

[17] **Document** "Dredging techniques and constraints Module "R02.doc, January 2004.page 9

[18] **ZEMOURI N, ZINE KH.** « Caractérisation mécanique de la vase du barrage K'sob en vue de sa valorisation dans les travaux routiers », Mémoire DE Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie, page 35.

[19] Document Transport by pipeline Module. January 2004.

[20] Document PumpModuleRO6. January 2004.