

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



Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté des Science Technique

Département d'Hydraulique



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Hydraulique

Filière : Ouvrage Hydraulique et Aménagement

Spécialité : Ouvrage Hydraulique et Aménagement

Par :

DJENAOUI Abdelmomen

CHATTA Salim

SUJET

**Etude expérimentale de
Système de dragage par l'air**

Soutenu publiquement le : / /2016 devant le jury composé de :

BENKHADJA Rachid

Université de M'sila

Président

MEZALI Farouk

Université de M'sila

Rapporteur

KAREK Abdou

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2016 /2017

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



Université Mohamed Boudiaf - M'sila
Faculté des Science Technique



Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Hydraulique

Filière : Ouvrage Hydraulique et Aménagement

Spécialité : Ouvrage Hydraulique et Aménagement

Par :DJENAOUI Abdelmomen

CHATTA Salim

SUJET

**Etude expérimentale de
Système de dragage par l'air**

Soutenu publiquement le : / /2016 devant le jury composé de :

BENKHADJA Rachid

Université de M'sila

Président

MEZALI Farouk

Université de M'sila

Rapporteur

KAREK Abdou

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2016 /2017

Remerciement

Après tous l'aide qu'on a eu...

C'est l'occasion de remercier ceux qui nous ont entourer pendant la création de ce modeste travail:

Notre encadreur MEZALI Farouk

Et Mr. MESSAHLI

Et tous les prof qui nous ont appris de ces valeureuses connaissances.

Nos collègues

L'administration du département ST

Abdelmomen - Salim

Tables des matières:

Tables des matières:	5
Introduction générale :	1
Chapitre I: Recherche bibliographique sur l'érosion et son processus.....	2
1. Introduction	3
2. Les processus de l'érosion hydrique (1)	3
2.1. Détachement des particules de sol	4
2.2. Transport des particules:	6
2.3. Dépôt	8
3. Représentation des causes et des conséquences de l'érosion des sols.....	9
3.1. Les Causes : (13)	9
3.2. Les conséquences	10
4. Types d'érosion:.....	10
4.1. L'érosion éolienne:	10
4.2. L'érosion aratoire ou mécanique sèche:.....	11
4.3. L'érosion hydrique:.....	11
5. Les enjeux de la conservation des sols dans le bassin méditerranéen (22)	18
5.1. Les enjeux agricoles.....	19
5.2. Les enjeux territoriaux.....	19
5.3. Les enjeux paysagers	19
5.4. Les enjeux environnementaux	20
6. Conclusion partielle.....	21
Chapitre II: L'envasement dans Maghreb et en Algerie.....	22
1. Introduction	23
2. Problématique de L'Envasement des Barrages.....	23
3. ENVASEMENT DES BARRAGES EN ALGERIE	24
3.1. EVOLUTION DE L'ENVASEMENT EN ALGERIE	24
3.2. ACTIONS DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT DES BARRAGES	25
4. L'envasement dans le Maghreb arab	30
4.1. TUNISIE.....	30
4.2. MAROC.....	32
4.3. ALGERIE.....	33

5. Conclusion.....	35
Chapitre III: Dragage des sédiments	36
1. Introduction	37
2. définition de dragage	38
3. Les différentes activités de dragage.....	38
4. Approfondissement ou agrandissement portuaire	39
5. Opérations d'entretien	39
6. Risques pour l'environnement	40
7. Les techniques de dragage	41
7.1. Les dragues mécaniques	41
7.2. Les dragues hydrauliques.....	44
7.3. Les dragues pneumatiques	48
8. Conclusion.....	49
Chapitre VI: Etude Bibliographique du système air-left.....	50
1. INTRODUCTION	51
2. Régimes d'écoulements dans les conduites verticales:.....	51
3. Les différents modèles utilisés sur le système air lift :	52
4. Paramètres caractéristiques de fonctionnement :	54
5. Aspect experimental :.....	55
6. Les principaux éléments constructifs de l'installation	56
6.1. Présentation de matériel :	56
7. Déroulement de l'expérience	61
7.1. Observations :.....	61
8. Les outils utilisés:	63
8.1. Matlab:.....	63
8.2. Grafer:.....	63
9. L'équation de calcul :.....	64
10. L'interprétation de l'équation vers un programme en Matlab :	65
10.1. Le programme utilisé:	65
10.2. Le graphe produit :.....	66
11. Conclusion :.....	66
Conclusion Générale :	67
Bibliographie	68

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : Comparaison entre les différents types d'érosion selon Roose [22]	17
Tableau 2 : Comparaison entre les différents facteurs.....	18
Tableau 3 : Caractéristiques de l'envasement des barrages Tunisiens.....	31
Tableau 4:Caractéristiques de l'envasement des barrages Marocaines	32
Tableau 5 : Quantification de l'envasement des barrages algériens [Source A.N.B.T]	34

Liste des Figures :

Figure 1: Processus de l'érosion hydrique	4
Figure 2: Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies [10].....	5
Figure 3: Diagramme de Hjulström [6]	8
Figure 4: Mode de transport des particules dans les cours d'eau [6].....	8
Figure 5: Erosion en nappe [6]	12
Figure 6: Principaux types de l'érosion hydrique [6].	13
Figure 7: Différentes formes d'érosion en masse [22]	15
Figure 8: Glissement rotationnel en coups de cuillère [25]	16
Figure 9: Envasement du barrage de BAKHADDA TIARET (2008)	24
Figure 10 :Algérie-Reboisement du bassin versant du barrage de BOUHANIFIA.	26
Figure 11: Corrections torrentielles dans la région de Tlemcen (Algérie). [B. MORSLI].....	26
Figure 12: Surélévation de la digue du barrage de BAKHADDA	27
Figure 13: Evacuation des sédiments par la technique du soutirage	28
Figure 14: Schéma d'une drague active dans une retenue d'un barrage.	30
Figure 15: Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien	33
Figure 16 :Drague en action dans le port de Port-la-Nouvelle.....	39
Figure 17 : La drague Atlantico Due au travail en rade de Lorient	40
Figure 18: représentation schématique Drague à godet (15).	42
Figure 19: représentation schématique Drague à benne (16).	43
Figure 20: représentation schématique drague à pelle (17).	44
Figure 21: aspiratrice stationnaire avec conduite de refoulement(16).	45
Figure 22: aspiration en marche (16).....	45
Figure 23: drague fendables (16).	46
Figure 24: fonctionnement d'une barre niveleuse	47
Figure 25: Les dragues pneumatiques	48
Figure 26: Configuration des écoulements dans une conduite verticale.....	51
Figure 27 : Schéma type d'un air-lift.....	53
Figure 28 : Schémas de différents air-lift pratique.	54
Figure 29 : installation expérimentale du laboratoire d'Hydraulique de l'Ecole Nationale.	56
Figure 30: Compresseur.....	57
Figure 31: Séparateur réel et Schéma du séparateur.....	57
Figure 32: mélangeur réel et Schéma de mélangeur.....	58
Figure 33: Schéma des différents injecteurs.	59
Figure 34: Réservoir d'alimentation.	59
Figure 35: Limnimétrie.....	60
Figure 36: Manomètre.....	60
Figure 37: Formation de bulles et bouchons d'air au départ du mélangeur.....	62
Figure 38: Le code Matlab qui calcule alpha.	65
Figure 39: le graphe produit par le programme du Matlab.	66

Introduction générale :

La valeur des barrages consiste en le stockage de l'eau nécessaire pour l'alimentation et le développement durable des régions sous tous ses types que ce soit social ou culturel dans tous les domaines de la vie net à vue juste celui qui dit dans le hadith " A partir de l'eau, on a transformé tout en être vivant " alors on peut déduire qu'un problème technique pour les barrages représente un vrai danger pour les êtres vivants consommant cette "vie" i.e. l'eau et surtout l'homme.

Ce travail étudie le développement durable de toutes les régions quel que soit sa catégorie et surtout les zones arides ou semi-arides.

Le barrage est en lui-même considéré comme une solution dans ses consommations variées soit dans le secteur économique ou le domaine agricole même si ces dernières années tout un chacun peut observer à l'œil nu le grand manque dans la force de stockage des barrages à cause de l'érosion et de la boue dans les barrages ce qui a conduit à un décroissement de la quantité d'eau stocké.

La solution à ce problème de boue consiste à en vider ces barrages de sa boue avec des méthodes mécaniques directes ou indirecte ou à distance et qui peuvent être limitées dans le temps ou continues comme le pompage (eau, air + dure).

Même si l'usage de cette méthode (le pompage de la mixture) demande une utilisation adéquate et économique et consiste en l'établissement de méthode arithmétiques théoriques pour définir les valeurs des portées scientifiques dans le système de pompage.

Dans cette étude, on introduit la méthode des calculs techniques de cette démarche qui est prolongée contre la boue des barrages et comme exemple frappant on a le barrage d'EL KSOB de Msila qui est l'un d'une liste de tous les barrages de l'Algérie, du Maghreb arabe et de monde entier car l'existence de la boue en quantité touche tous les barrages de la planète terre.

Chapitre I:
Recherche bibliographique sur l'érosion et son processus

1. Introduction

L'érosion du sol est un phénomène naturel ou géologique dans lequel les particules du sol sont détachées et déplacées par plusieurs principaux facteurs qui sont : la pluie, la végétation, le sol, la géomorphologie (pentes en particulier) et les impacts de l'utilisation des sols par l'homme. Ce phénomène naturel a un impact très néfaste au niveau régional, dépend d'une multiplicité de facteurs interagissant entre eux, et sont de ce fait complexes à modéliser, ce qui nécessite beaucoup d'études et de mesures sur le terrain.

L'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion en nappe ou en rigoles et l'érosion linéaire ou ravinaire et elle a de graves conséquences sur notre environnement, sur nos activités et peut causer des dommages importants.

Les mesures de perte en terre sont exprimées localement comme la masse nette de sol perdu pendant une certaine période pour une surface donnée (échelle parcellaire). La production en sédiment, quant à elle, est définie comme la masse de sédiment émise par un bassin versant de taille quelconque pendant une période donnée.

L'érosion se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excès apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol, soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe (ruissellement par saturation).

Sur les versants, les pédologues, les géomorphologues, les paysans et les agronomes, parlent d'érosion ou de pertes en terre. Dans la rivière, les hydrologues parlent de production en sédiment ou transport solide.

2. Les processus de l'érosion hydrique (1)

L'érosion hydrique est un phénomène complexe qui résulte de trois phases : détachement, transport et dépôt, causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance

du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Quelle que soit l'échelle d'étude, du mètre

carré au bassin versant de centaines de km², on retrouve partout ces trois phases de l'érosion mais avec des intensités différentes ; d'où la diversité des facteurs de l'érosion en fonction des phases dominantes.

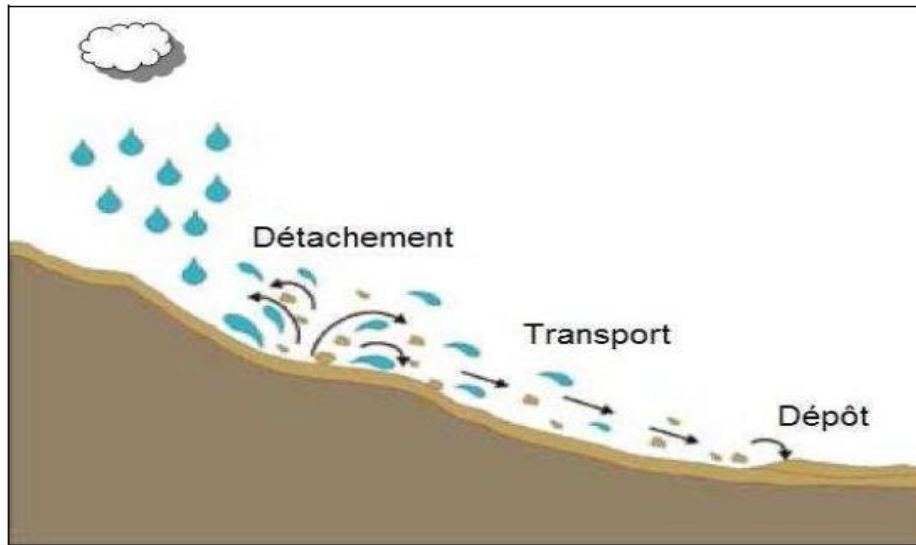


Figure 1: Processus de l'érosion hydrique

2.1. Détachement des particules de sol

La pluie est reconnue depuis longtemps comme un agent essentiel de l'érosion des sols. L'énergie et l'eau apportées par les gouttes de pluie sont à l'origine de la déstructuration des agrégats présents à la surface ; du détachement de fragments de sol et de leur transfert. Le détachement mobilisant les fines particules de la surface du sol peut être assuré de deux manières: La première correspond au rejaillissement des particules sous l'impact des gouttes de pluie (splash). Dans ce cas, il s'opère sur toute la surface du sol exposée aux pluies. L'importance du flux de détachement est contrôlée essentiellement par l'énergie cinétique des gouttes de pluie, elle-même fortement corrélée par l'intensité pluviale, et variable en fonction du couvert végétal. Les caractéristiques du sol (texture, taux de matière organique, etc.). L'impact des gouttes de pluie brise les agrégats du sol en éléments plus fins qui progressivement entraînent la formation d'une croûte superficielle de quelques millimètres appelée aussi «croûte de battance» (Fig.2).

Celle-ci entraîne une diminution notable de l'infiltration de l'eau dans le sol. Le sol n'étant plus en mesure d'absorber les pluies, l'excès d'eau s'accumule en surface (formation de flaques) puis ruisselle en transportant éventuellement des particules de sol et des nutriments.

La surface du sol est composée d'éléments déformables et mobiles : des micro-agrégats (< 250 µm), des macro-agrégats constitués de plusieurs micro-agrégats (<1- 2 mm) et des particules élémentaires. L'impact des gouttes de pluie a pour effet de désagréger les éléments présents à la surface du sol pour donner lieu à des agrégats de plus petite taille et des particules élémentaires. Les particules ainsi décomposées sont détachées et éjectées par l'impact des gouttes de pluie. Une fois détachées, la distance moyenne de projection des particules peut atteindre de 10 à 20 cm (2) c'est-à-dire beaucoup plus que l'observation visuelle du phénomène ne le laisse supposer. Plusieurs travaux de recherche dans leurs études de l'érosion ont intégrés plusieurs paramètres liés à la pluie tels que : l'intensité de la pluie, la vitesse, la forme, le diamètre des gouttes et l'énergie cinétique pour la modélisation de cette composante de l'érosion. Ainsi, les relations établies entre l'érosion et la pluie sont des relations empiriques déduites des résultats expérimentaux et des paramètres empiriques (3).

Les paramètres du sol qui semblent affecter le détachement du sol par effet des gouttes de pluie sont la stabilité et le diamètre des agrégats, la densité apparente, le potentiel matriciel et la force de cisaillement du sol (4)

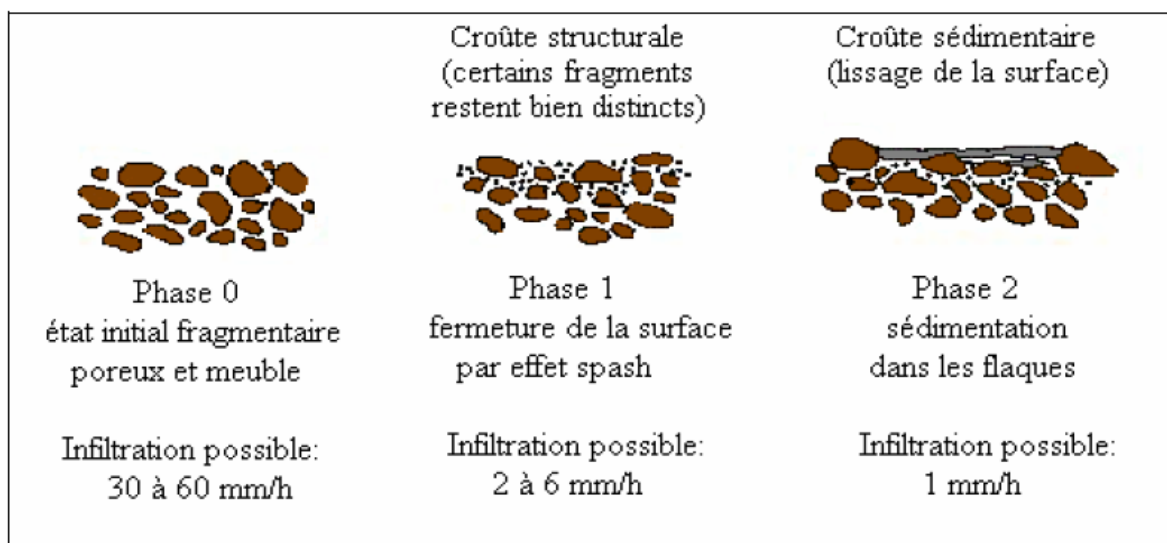


Figure 2: Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies (47)

La deuxième forme de détachement est liée à la force tractrice des écoulements. En fonction de l'énergie du ruissellement apparaissent des incisions linéaires, plus ou moins espacées, que l'on appelle griffes, rigoles ou ravines, selon leur dimension, inhérentes aux irrégularités de la topographie et/ou induites par les activités agricoles. L'importance du flux de détachement est alors contrôlée à la fois par les caractéristiques des écoulements (vitesse, débit de pointe), par la résistance du sol à l'arrachement et la teneur en MES (matières en suspension) de l'eau de ruissellement.

2.2. Transport des particules:

Le vecteur de transport est ici le ruissellement superficiel. Il est généré soit par saturation de la porosité du sol (mécanisme de Dunne), soit par refus à l'infiltration dû à une pluie dont l'intensité est supérieure à la capacité d'infiltration de la surface du sol (mécanisme d'Horton) (5). Ce phénomène est donc dépendant du type de pluie et de sol.

Plusieurs auteurs ont signalé que la génération du ruissellement est influencée par l'état de surface du sol (6). D'autres auteurs ont montré que les variations de ruissellement et d'érosion dépendent des changements du couvert végétal et de la gestion des utilisations de la terre (7).

Le ruissellement sur les versants prend des formes variées. Il est d'abord diffus, très peu épais et étendu sur de grandes surfaces (ruissellement en nappe), plus à l'aval il s'organise en se concentrant dans des rigoles qui peuvent devenir des ravines pérennes. Les propriétés de l'écoulement, volume ruisselé, hydraulique et distribution spatiale, sont aussi fortement dépendantes de la rugosité de la surface (8). Le ruissellement a un rôle déterminant dans le transport du matériel mobilisé mais également dans le détachement des particules. En l'absence de ruissellement, les particules de sol détachées par la pluie ne sont pas transportées très loin. Les principales variables qui contrôlent l'action du ruissellement sur le détachement et le transport de particules sont la pente, la vitesse et l'épaisseur de l'écoulement (9).

L'écoulement de l'eau sur le sol exerce une action cisailant sur les grains de surface qui est d'autant plus forte que la vitesse du courant est importante. Le sol

quant à lui offre une résistance au détachement de ses grains superficiels qui peut être assimilé à une sorte de résistance au cisaillement.

La vitesse à laquelle les grains sont enlevés par l'écoulement dépend de la dimension de ces grains. C'est la vitesse dite critique, qui est relativement élevée pour les grains de très faibles dimensions car leur cohésion est très forte. Si la dimension des grains s'accroît, la vitesse critique décroît, jusqu'à un seuil (estimé par Hjulström) de 0,2 mm à partir duquel la vitesse nécessaire à l'arrachage s'accroît à nouveau.

Une fois arraché, le grain peut être transporté, même avec des vitesses d'écoulement inférieures, à condition toutefois que ces vitesses ne deviennent pas inférieures à la vitesse limite pour la sédimentation des grains qui elle dépend directement de la taille des particules.

Dès que les particules sont érodées du sol ou arraché au lit de l'oued et transportées dans les cours d'eau, on parle de transport solide. Deux grands modes de transport des particules peuvent être distingués: le transport de fond et le transport en suspension (10).

Pour une taille de grain donnée, le mode de transport est fixé par les conditions hydrauliques de la rivière : lorsque la force de cisaillement à la base de l'écoulement d'eau dépasse le seuil critique de cisaillement, les particules commencent à se déplacer sur le fond de la rivière par roulement, glissement ou petits bonds. Lorsque les conditions hydrauliques deviennent turbulentes et que les fluctuations de vitesse verticale sont importantes, les particules peuvent être maintenues en suspension et passer peu de temps en contact avec le fond (11). Les particules se trouvent emportées par l'eau tant que la vitesse d'écoulement reste supérieure à la vitesse limite de maintien en suspension (dépendant de leur granulométrie). Dans le cas contraire, on observe une décantation et une sédimentation des matériaux. Les matières en suspension sont des particules de petites tailles : argiles, limons et sables, qui physiquement peuvent être transportées sur de longues distances.

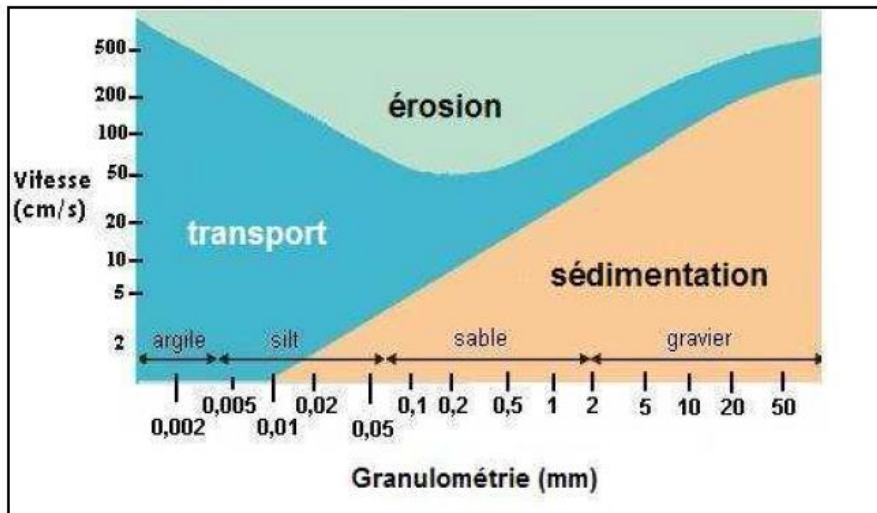


Figure 3: Diagramme de Hjulström [6]

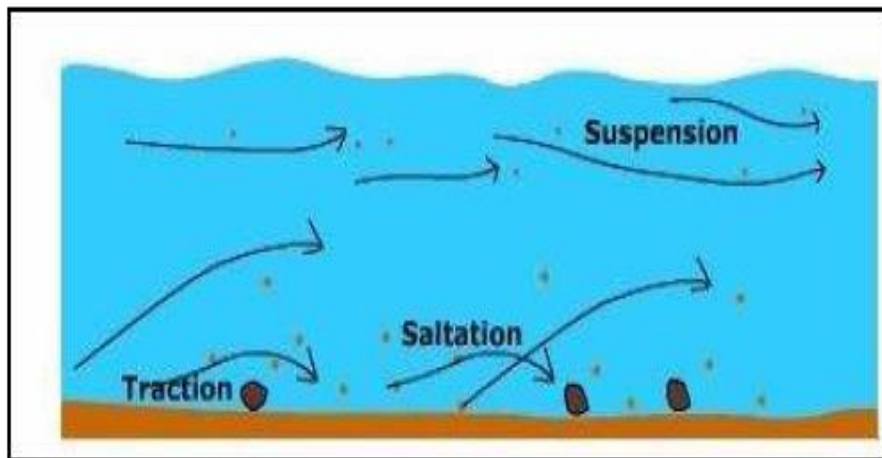


Figure 4: Mode de transport des particules dans les cours d'eau [6]

2.3. Dépôt

Les particules, qu'elles soient arrachées au fond d'une rivière ou qu'elles proviennent du ruissellement et de l'érosion des sols, sont soumises à de nouvelles contraintes une fois qu'elles se trouvent dans un nouvel environnement : la colonne d'eau (12). Le dépôt des sédiments se produit lorsque le courant n'est plus capable de maintenir les particules en suspension et résulte d'un ralentissement de la vitesse d'écoulement dont les causes peuvent être multiples. Ainsi, le diagramme d'Hjulström permet de relier la vitesse de sédimentation du courant avec le diamètre des particules.

La granulométrie des particules, la texture des sédiments, la géométrie des dépôts sont d'importants indices sur l'agent de transport, sa vitesse au moment du dépôt, sa direction, etc.

3. Représentation des causes et des conséquences de l'érosion des sols

3.1. Les Causes : (13)

La texture des sols est un des facteurs principaux de l'érosion des sols. Les sols limoneux sont très propices à la battance, phénomène qui les rend imperméables et qui augmente le ruissellement des eaux.

L'agrandissement des parcelles agricoles suite aux nombreux remembrements accroît les risques d'érosion des sols en créant des conditions favorables au ruissellement des eaux (augmentation de la vitesse d'écoulement des eaux notamment).

La diminution des surfaces toujours en herbe participe au phénomène d'érosion des sols. Les prairies assurent un couvert permanent qui tamponne efficacement les eaux de ruissellement.

La disparition des fossés qui accompagne souvent l'agrandissement des parcelles exacerbe le problème d'érosion des sols. Les fossés permettent de maîtriser la circulation des eaux de ruissellement et d'éviter leur accumulation sur les parcelles agricoles.

La destruction du maillage bocager, telles les haies ou les talus a souvent accompagné les anciens remembrements agricoles. Ces éléments paysagers jouent pourtant un rôle primordial dans la gestion des eaux et représentent des obstacles naturels au ruissellement des eaux sur un versant.

Les traces de roues générées par des passages d'engins répétés et des outils non adaptés (pneumatiques par ex.) créent des chemins préférentiels pour les eaux de ruissellement, augmentent les risques d'accumulation sur la parcelle et donc de formation de ravines.

Le labour parallèle à la pente accroît fortement la vitesse de ruissellement des eaux.

Les sols laissés nus l'hiver favorisent l'érosion des sols en diminuant les capacités d'infiltration des sols.

Une urbanisation mal maîtrisée augmente l'imperméabilisation des sols et donc les vitesses de ruissellement des eaux. Les constructions dans les zones à risques de coulées de boue et d'inondations doivent parfois supporter des dégâts matériels importants.

3.2. Les conséquences

L'érosion des sols qui peut se manifester par la formation de ravines et provoquer des coulées de boues sur la voirie et dans les villages.

La rivière brune chargée en limons provenant des versants. La qualité de l'écosystème s'en trouve dégradée (colmatage des frayères, diminution de l'oxygène dissout nécessaire à la vie aquatique etc.)

L'augmentation des crues des rivières avec l'arrivée massive des eaux de ruissellement provenant du bassin versant.

4. Types d'érosion:

4.1. L'érosion éolienne:

Le vent exerce sur les particules solides au repos une pression sur la surface exposée au flux d'air, appliquée au-dessus du centre de gravité, auquel s'oppose un frottement centré sur la base des particules. Ces deux forces constituent un couple tendant à faire basculer et rouler les particules lourdes (0,5 à 2 mm), de plus, la différence de vitesse entre la base et le sommet des particules provoque leur aspiration vers le haut. Les particules les plus légères s'élèvent à la verticale jusqu'à ce que le gradient de vitesse ne les porte plus. Elles retombent alors, poussées par le vent, suivant une trajectoire sub -horizontale. En retombant, ces grains de sable transmettent leur énergie à d'autres grains de sable (comme dans un jeu de boules) ou se dégradent les agrégats limono-argileux en dégageant de la poussière (14).

L'érosion éolienne prend de l'importance en Afrique de l'Ouest dans les zones tropicales sèches, là où la pluviosité annuelle est inférieure à 600 mm, où la saison sèche s'étend sur plus de six mois et où la végétation de type steppique laisse de larges plaques de sol dénudé. Ailleurs, elle peut aussi se développer dans des conditions de préparation du sol qui amènent une pulvérisation importante des matériaux superficiels secs.

4.2. L'érosion aratoire ou mécanique sèche:

Ce phénomène d'érosion n'est pas dû à l'intervention de l'eau, c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose soit en bas de parcelle, soit en talus.

4.2.1. Facteurs d'érosion mécanique:

Les facteurs influençant la quantité de terre déplacée sont:

Le type d'outil

La fréquence des passages

La pente. Plus la pente est forte, plus les mottes de terres détachées roulent vers le bas.

C'est ce qui explique que les sommets des collines sont souvent décapés.

4.2.2. L'orientation du travail du sol:

Celui-ci peut être orienté soit en courbes de niveaux, soit du haut de la parcelle vers le bas (Ce qui est le cas pour les tracteurs travaillant sur des pentes supérieures à 15 %), soit du bas de la parcelle vers le haut (pour le travail manuel notamment). Il est très rare que la terre soit remontée par les outils. Par contre, il arrive qu'en montagne et dans les zones où la terre est rare, que l'on récupère mécaniquement ou dans des petits paniers de la terre dans la plaine pour la remonter dans la montagne, c'est le cas sur les vignes. On constate aussi que l'aller et le retour des outils peuvent réduire considérablement la vitesse du décapage par l'érosion mécanique sèche (15)

4.3.L'érosion hydrique:

4.3.1. Erosion en nappe (16):

L'érosion en nappe est liée à deux mécanismes (Fig.5) : détachement des particules de terre causé par le choc de gouttes des pluies (effet splash) ; le ruissellement superficiel lorsque l'intensité de la pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration (ruissellement Hortonien).

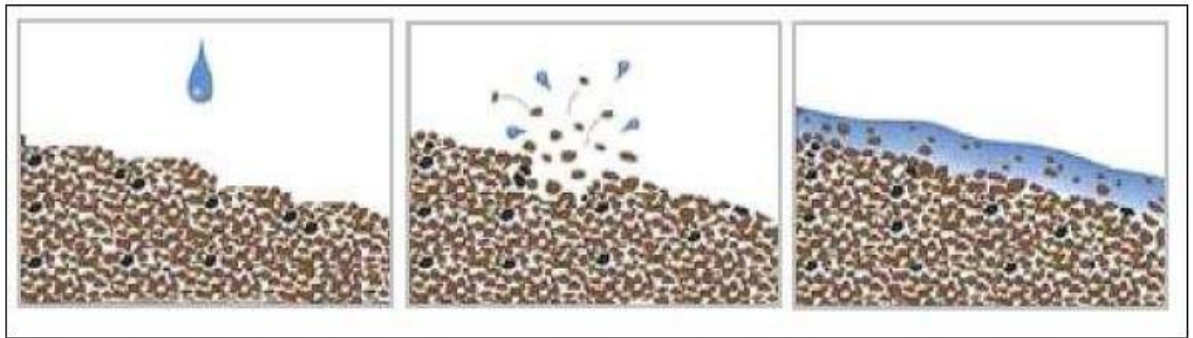


Figure 5: Erosion en nappe (17)

L'érosion en nappe provoque l'enlèvement plus ou moins uniforme d'une mince couche ou "nappe" de sol, parce que l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol et le transport des matériaux détachés s'effectue par le ruissellement en nappe. C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion.

L'érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface. De ce fait elle est peu visible d'une année à l'autre puisqu'une érosion importante de 15 à 30 t.ha-1.an-1 correspond à une perte de hauteur de 1 à 2 mm.

Elle se manifeste sur le terrain par la prépondérance de taches de couleur claire, témoignage d'un lessivage aussi bien de la matière organique que des particules fines et aussi par la dégradation des mottes et la formation de diverses croûtes.

Conséquences de l'érosion en nappe :

- Le nivellement de la surface du sol par dégradation des mottes et remplissage des creux. Il s'ensuit des croûtes diverses, lisses et blanchies ;
- La squelettisation des horizons superficiels par perte sélective des matières organiques et des argiles, laissant en place une couche de sable et de gravier, plus claire que l'horizon humifère sous-jacent ;
- Le décapage de l'horizon humifère laissant des plages de couleur claire ; l'horizon minéral sous-jacent apparaît à l'air libre.

4.3.2. Erosion linéaire (18)

Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques, ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau ont atteint une certaine vitesse, 50 cm par seconde

d'après Hjulström (1935), ils acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace au niveau de lignes d'écoulement (Fig.6). Lorsque le ruissellement est ainsi concentré, la vitesse augmente, l'érosion n'est plus sélective et creuse des rigoles et des ravines.

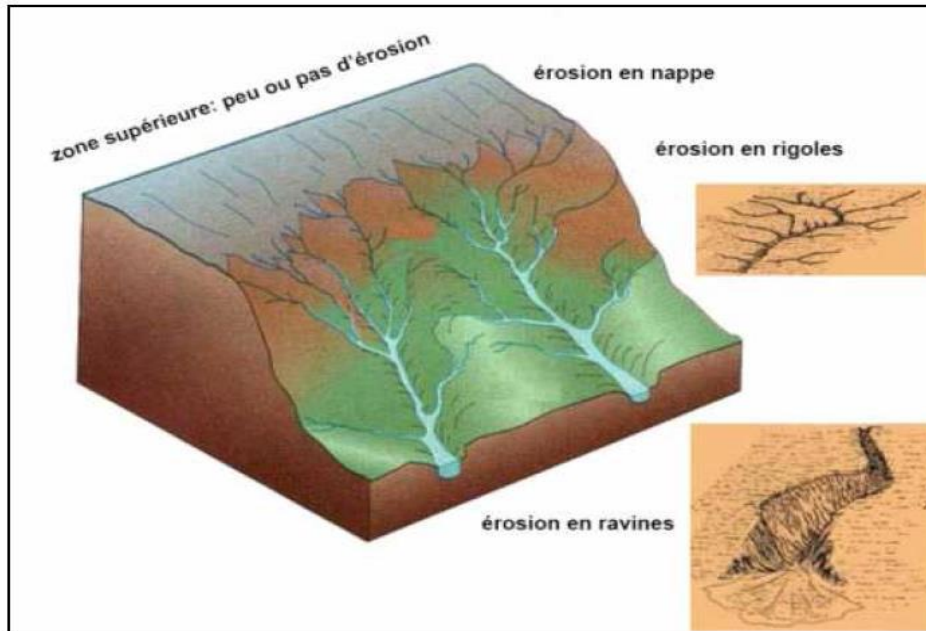


Figure 6: Principaux types de l'érosion hydrique (1).

L'érosion linéaire provoque donc un décapage total de l'horizon humifère et de l'ensemble des matériaux meubles sur la largeur concernée par les chemins de l'eau. On parle de griffes, lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur, de rigoles, lorsque les canaux dépassent 10 cm de profondeur et de ravines lorsque les creux atteignent plusieurs dizaines de cm (plus de 50 cm).

4.3.3. *Erosion en masse (16)*

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux :

- **Les glissements lents (Creeping)**

C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes, grâce à la forme couchée des jeunes plantes

forestiers et à la forme en croc de la base des arbres adultes. Dans les zones sylvopastorales, la circulation des animaux le long des versants peut également entraîner la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures (19).

- **Les glissements rapides**

Les glissements de terrain en planches sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement. Ce phénomène est très courant sur les schistes dont le pendage est parallèle à la topographie (pendage conforme) sur les gneiss et sur les marnes en voie d'altération.

- **Les versants moutonnés**

Formes molles apparaissant dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racines qui retient l'horizon de surface et l'horizon compact imperméable que représente l'altérité des marnes ou des argilites par exemple.

- **Les coulées boueuses (lave torrentielle) (20)**

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante (Fig.7). Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années.

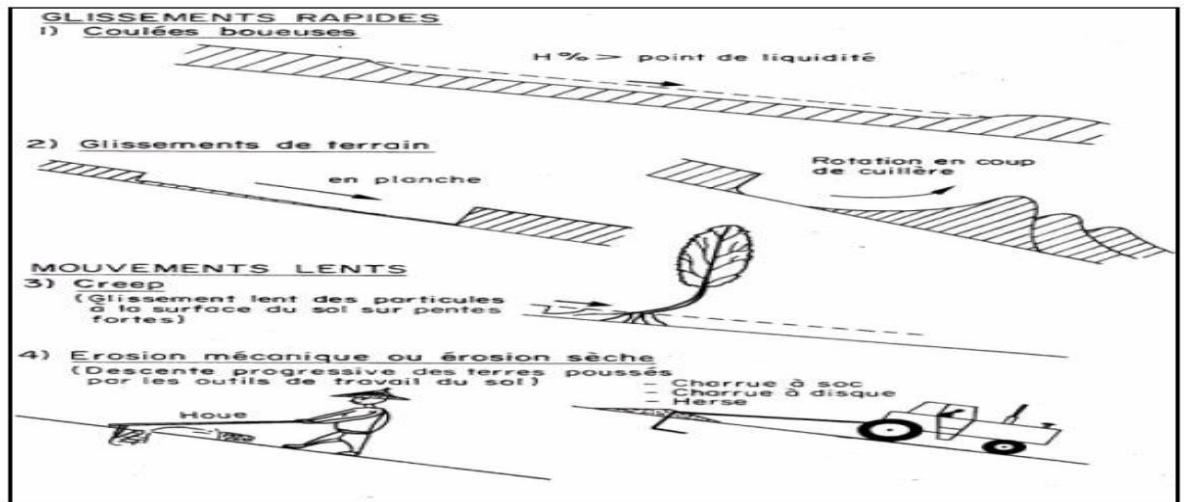


Figure 7: Différentes formes d'érosion en masse (18)

- **Les glissements rotationnels en "coups de cuillère"**

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contrepente sur le versant (Fig.8). Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné. Au creux du coup de cuillère, on observe généralement une zone humide où croît une végétation adaptée à l'hydromorphie (Carex). Il arrive couramment qu'après des périodes très humides, il s'installe un ruissellement sur les bords de la contrepente et ce ravinement fait progressivement disparaître la contrepente, ne laissant qu'un creux dans le versant qu'il est difficile de dissocier d'un ravinement ordinaire.

- **Les formes locales**

Il s'agit d'éboulements rocheux, de sapements de berges ou d'effondrements de versants qui entraînent des glissements localisés. Ceux-ci sont très fréquents en tête de ravine : ils entraînent l'éboulement de la partie supérieure des lèvres d'une ravine et font progresser la ravine vers le sommet de la colline par érosion régressive. On les retrouve également dans les oueds, en particulier dans les parties concaves de la rivière lorsqu'elle forme un méandre.

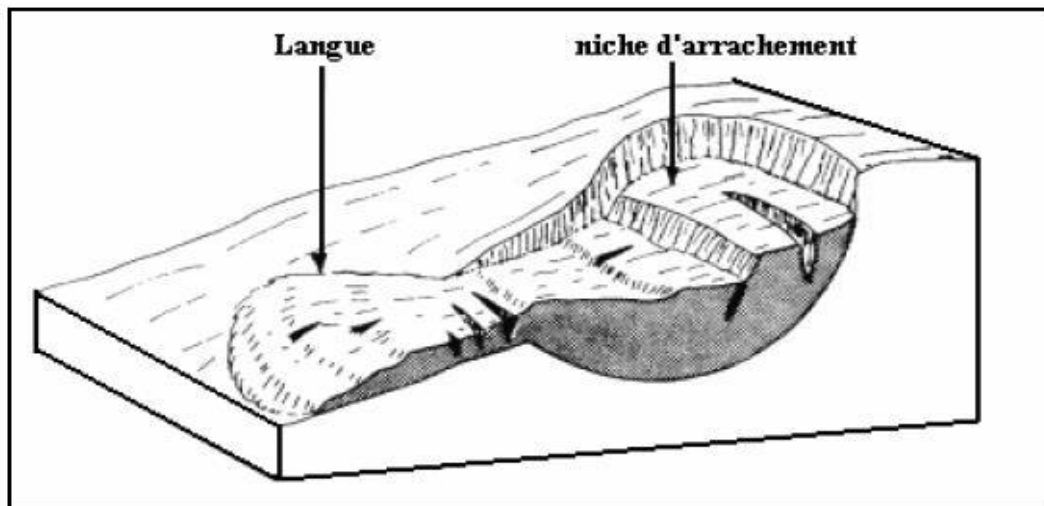


Figure 8: Glissement rotationnel en coups de cuillère (21)

Chapitre I: Recherche bibliographique sur l'érosion et son processus

Les processus de Dégradation et d'érosion et leurs formes	Les causes : différentes sources d'énergie	Les facteurs de résistance du milieu
<p>Dégradation par perte de structure.</p> <p>Forme particulière dans les terrains lœssiques : formation de croûtes de battance</p>	<p>Nombreuses :</p> <p>Minéralisation des matières organiques, compaction,.....etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La résistance de la structure - Elle est aussi fonction du drainage de la nappe et de sa charge en ions - La compaction est fonction du poids des outils utilisés, de la
<p>Erosion éolienne.</p> <p>Formes : « ripple marks » (micro rigoles), Nebkas (micro dunes), monticules au pied des touffes, dunes, nuages de poussière</p>	<p>Energie du vent.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elle dépend de la vitesse et de la direction des vents dominants, de la turbulence de l'air - La résistance du milieu est fonction de la rugosité du sol et de la végétation - La résistance du sol est fonction de la structure des mottes, de la texture du sol et de la teneur en matière organique
<p>Erosion mécanique sèche</p> <p>Forme : Creeping</p>	<p>Gravité et poussée par les outils de travail du sol</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction de l'intensité du travail du sol, c'est-à-dire de la fréquence des travaux et du type d'outil - Fonction de la pente et de la cohésion du terrain

Tableau 1 : Comparaison entre les différents types d'érosion selon Roose (18)

<p>Erosion en nappe Forme : nappe de sable, microfalaise</p>	<p>Battance des gouttes de pluie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le couvert végétal, la pente, le sol, - Les techniques et structures anti - érosives
<p>Erosion linéaire Formes : griffes, rigoles, Ravines</p>	<p>L'énergie du ruissellement dépend du volume du ruissellement et de sa vitesse au carré</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La vitesse du ruissellement est fonction de la pente et de la rugosité - Le volume ruisselé est fonction de la surface du bassin versant et de la capacité d'infiltration - Résistance du profil du sol et des racines
<p>Erosion en masse Forme : Creeping (rampement du sol), glissements, coulées boueuses</p>	<p>Gravité, déséquilibre des versants</p>	<p>Facteurs aggravants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le poids de la couverture sol + eau + végétaux - L'humidification du plan de glissement - La topographie : existence d'un pendage parallèle à la pente : présence de niveaux imperméables

Tableau 2 : Comparaison entre les différents facteurs

5. Les enjeux de la conservation des sols dans le bassin méditerranéen (22)

Du fait que la dégradation des sols affecte leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques et les usages socio-économiques qui en dépendent, leur conservation est un enjeu politique et social. Les mesures susceptibles d'être prises pour répondre à cet enjeu sont très diverses. Outre les interventions techniques, elles peuvent, notamment, inclure des changements législatifs ou réglementaires (y compris des modifications des droits de propriété et d'usage), et des actions économiques portant sur les impôts, les taxes, les subventions les crédits, etc. Selon la nature des mesures prises, les effets redistributifs sur les divers groupes sociaux seront différents, de même que les impacts sur les enjeux agricoles, territoriaux et environnementaux.

5.1. Les enjeux agricoles

L'activité agricole est d'une importance économique majeure dans la plupart des pays méditerranéens, et s'accompagne d'une importante industrie agro-alimentaire, en amont et en aval. Elle représente plus de 15 % du PIB (produit intérieur brut) dans de nombreux pays du Sud et de l'Est méditerranéen. Elle constitue ainsi une source d'emplois considérable, surtout dans les régions où elle reste, encore aujourd'hui, l'activité la plus importante. La conservation du potentiel agricole méditerranéen constitue donc un enjeu pour le maintien de la structure sociale et économique des sociétés. On peut ajouter que la sécurité alimentaire, même relative, est considérée comme un objectif majeur par de nombreux pays.

5.2. Les enjeux territoriaux

L'équilibre entre les activités économiques des différentes régions d'un pays dépend, entre autre, de l'état de son économie agricole et rurale. La dégradation des sols peut donc devenir la cause de déséquilibres territoriaux importants. La dégradation des terres marginales peut mener à leur abandon, et à la migration de populations rurales vers les villes, ce qui pose de graves problèmes économiques et sociaux en termes d'aménagement du territoire et d'emplois. Dans le contexte d'une croissance démographique soutenue des pays du Sud et de l'Est méditerranéen, il est nécessaire de maintenir des espaces ruraux capables de faire vivre une population importante dans des conditions économiques et sociales satisfaisantes.

5.3. Les enjeux paysagers

L'agriculture joue un rôle fondamental dans la gestion des ressources naturelles, des espaces et des paysages méditerranéens (cultures en terrasses, systèmes traditionnels complexes de captage, de transport et d'utilisation des eaux, milieux ouverts liés au pastoralisme, oliveraies, châtaigneraies, etc.). Or, l'abandon de certains territoires très anciennement aménagés (terrasses, systèmes de gestion des eaux) peut mener, à leur dégradation irréversible. Dans ces cas, la dégradation des sols est liée à la disparition de certains caractères typiques des espaces méditerranéens.

5.4. Les enjeux environnementaux

Les sols constituent un compartiment fondamental des écosystèmes : leur dégradation a donc, en général, des impacts majeurs sur tous les autres compartiments, et porte gravement atteinte à la composition et à la diversité de la flore et de la faune, ainsi qu'aux cycles de l'eau et des nutriments. A l'heure actuelle, le patrimoine naturel méditerranéen se trouve très menacé par la disparition d'habitats écologiques terrestres (espaces boisés, steppes, oasis, zones humides...) principalement à cause des défrichements, de la désertification, de la pollution, de l'adoption de mauvaises pratiques culturales (surexploitation, surpâturage...), et de l'artificialisation des écosystèmes. Le maintien de la diversité biologique du milieu méditerranéen passe par l'intégration de considérations écologiques dans la planification du développement agricole et de l'urbanisation. Il faut en particulier veiller à ce que l'artificialisation du territoire ne vienne pas détruire de façon irréversible des écosystèmes précieux.

6. Conclusion partielle

Le phénomène d'érosion est une partie de l'évolution géologique du paysage sous l'effet de l'eau, du vent. L'érosion de la surface du globe s'est poursuivie à travers les âges. L'entraînement, le transport et le départ des matériaux sont des phénomènes naturels visibles en tout temps et tout lieu. Les agents de l'érosion considérés comme les plus efficaces sont la pluie, les écoulements et le vent. L'action des vagues, du gel et des glaciers est limitée à des régions d'étendue restreinte, mais elle est importante dans les zones côtières et dans les régions glaciaires. Le phénomène de l'érosion hydrique commence avec l'impact de la goutte de pluie initiale. Cela occasionne de nombreux dégâts environnementaux et aura de grosses répercussions sur nos activités.

Chapitre II: L'envasement dans Maghreb et en Algerie

1. Introduction

L'envasement dans les barrages réservoirs est l'un des principaux problèmes que rencontrent de nombreux barrages dans le monde. Selon le rapport publié par le Comité International des Grands Barrages (CIGB), plus de 50.000 grands barrages existent dans le monde avec une capacité très importante de stockage, exploités à des fins diverses comme l'approvisionnement en eau, la production d'énergie hydroélectrique et le contrôle des inondations.

D'autre part, un taux moyen de 0,5 à 1 % de leur capacité de stockage est perdu chaque année en raison de la sédimentation. Afin de compenser cette réduction, entre 300 et 400 grands barrages doivent être construits chaque année. Donc les méthodes de traitement appropriées sont fortement suggérées de traiter ce problème tout en accordant une attention particulière au problème.

Ce travail permet d'étudier le comportement mécanique du sédiment de dragage du barrage Bakhadda et de sa valorisation. Cet ouvrage hydraulique est localisé dans les chaînes telliennes à forte érosion et s'envase à un rythme rapide, la quantité de sédiments dragués se trouvant actuellement au fond de la retenue du barrage Bakhadda est plus de 20 millions de m³ [Levés Bathymétriques Par Hydrodragage C.T.Systems rapport technique barrage Bakhadda Février 2005].

2. Problématique de L'Envasement des Barrages

Ce phénomène entraîne l'envasement rapide de nombreuses retenues d'eau. Les barrages réservoirs s'envasent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales voir Fig 9.



Figure 10: Envasement du barrage de BAKHADDA TIARET (2008)

A cet effet l'envasement pose d'énormes problèmes à savoir :

- **La réduction de la capacité** : chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue.
- **La sécurité de l'ouvrage** : l'indépendamment du problème de la diminution de la capacité du réservoir. 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 (23).
- **Obturation des organes de vidange** : un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement des organes de vidange de fond.
- **Envasement des canaux d'irrigation** : l'irrigation se fait généralement par de l'eau chargée en sédiments, c'est ainsi que ces particules fines vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées ceci pose le problème de comblement du réseau des canaux d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage.
- **Dégradation de la qualité de l'eau** : les sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates) provenant en particulier des apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposant dans les réservoirs entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau (24).

3. ENVASEMENT DES BARRAGES EN ALGERIE

3.1. EVOLUTION DE L'ENVASEMENT EN ALGERIE

D'énormes quantités de terre arrivent annuellement dans les retenues, par conséquent, la sédimentation dans les barrages pose des problèmes de maintenance et la réduction rapide de la capacité de stockage.

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

En 1890, il existait en Algérie, neuf barrages d'une capacité de 61 millions de m³ avec un volume de vase de 2,7 millions de m³.

En 1957, les barrages d'Algérie d'une capacité de 900 Mm³ avaient accumulé près de 200 Mm³ de vase (25).

En 1962, l'Algérie comptait 16 grands barrages en exploitation d'une capacité de 1,3 milliards de m³.

En 2001, l'Algérie comptait plus de 52 grands barrages, ces derniers recevaient plus de 32 millions de m³ de matériaux solides annuellement.

En 2006, il existait 57 grands barrages en exploitation présentant une capacité de 6,8 milliards de m³ qui, tous à divers degrés, s'ensavent progressivement chaque année de 45 Mm³, ce qui représente une perte de capacité annuelle égale à 0,65% de la capacité totale.

Le suivi de l'évolution de l'envasement depuis 1962 a montré que les dépôts sédimentaires s'accumulaient progressivement pour atteindre en 2006 un volume de 1.1 milliards de m³ de vase, soit une perte de capacité de 38%. (26).

3.2. ACTIONS DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT DES BARRAGES

Les actions de lutte contre l'envasement permettent la restauration d'une partie de la capacité perdue, d'éviter le colmatage des pertuis de vidange et la restauration du milieu naturel.

L'expérience singulière de l'Algérie la place au premier rang mondial en matière de lutte contre l'envasement.

3.2.1. ACTIONS PREVENTIVES

le reboisement (fig.9), la restauration des sols, la formation des banquettes, la plantation de végétation à longues tiges dans les oueds, les corrections torrentielles, la fixation des berges.



Figure 11 :Algérie-Reboisement du bassin versant du barrage de BOUHANIFIA.

- **Conservation des sols :**

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

- l'implantation des structures anti-érosion (fig.10).



Figure 12: Corrections torrentielles dans la région de Tlemcen (Algérie). [B. MORSLI]

- **Réalisation de barrage de décantation :**

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 crée par un certain nombre d'orages entre des vidanges périodiques.

Il existe un cas en Algérie, c'est le cas du barrage de Boughezoul qui est exploité partiellement comme bassin de décantation du barrage de Ghrib. Ce barrage a permis de retenir depuis sa création environ $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de vase. Il réduit l'envasement de Ghrib de près de 24 %.

3.2.2. ACTIONS PALLIATIVES

La surélévation d'un ouvrage est un des moyens de récupération de la capacité perdue par l'envasement. Elle doit obéir à certaines conditions particulières telles que :

- la géologie du sol.
- l'hydrologie du bassin versant.
- le rapport coût /gain de capacité.



Figure 13: Surélévation de la digue du barrage de BAKHADDA

La surélévation des barrages. Elle a permis depuis 1850, la récupération de $169,2 \text{ Hm}^3$ dans neuf barrages (dont les trois quarts après 1950) parmi ces barrages nous citons: Fergoug, Mefiouch, Bakhada, K'sob, Zardézas.

- **Les chasses (dites à l'Espagnole) :**

Méthode utilisée pendant les premières crues pour les barrages de moindre importance. Cette méthode est efficace quand elle est possible. Elle consiste à vider complètement le barrage au début de l'automne en laissant toutes vannes

ouvertes, jusqu'aux premières pluies. La première crue enlève sans difficulté les vases de l'année non encore consolidées. La technique de « *chasse à l'espagnole* » est appliquée au barrage de Beni Amrane.

Ce dernier d'une capacité de 15,6 Mm³ a été doté de six vannes de fond. Environ 3 Mm³ de vase ont été évacués durant la période 1988-2000.

- **Soutirage des courants de densité (fig.12) :**

Une méthode pratique qui consiste à évacuer les sédiments drainés par les courants de densité sur le fond de la retenue en utilisant des pertuis de vidange (Vannettes de dévasement ou vanne de fond) du barrage.

La majorité des retenues en Algérie présentent les conditions favorables à l'apparition des courants de densité. En effet, la forte concentration en sédiments dans les cours d'eau, surtout en période de crues, et la forme géométrique (de type canal) donnent naissance aux courants de densité à l'entrée de la retenue et peuvent se propager jusqu'au pied du barrage (27).

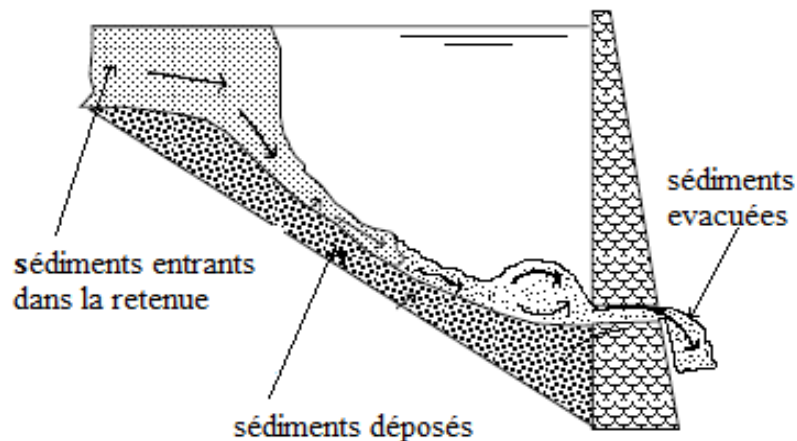


Figure 14: Evacuation des sédiments par la technique du soutirage

La quantité de vase soutirée par les vannettes de dévasement en utilisant les courants de densité au niveau de ces trois barrages (Erraguene, oued El Fodda et IghilEmda) a évolué, depuis 1953, pour atteindre un volume de 100 Mm³ en 2000 (27).

Les opérations de chasses et le soutirage des courants de densité doivent être maîtrisés afin d'arriver à évacuer le maximum de vase avec un minimum d'eau.

3.2.3. *ACTIONS CURATIVES*

Le dragage est une opération ayant pour objet le prélèvement de matériaux, notamment boues, limons, sables et graviers, au fond d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau à l'aide de moyens mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques dans un but d'aménagement ou d'entretien [REMINI et al 1997].

Le dévasement des barrages par le dragage est une technique sûre, mais la récupération d'une capacité de stockage par ce procédé est une opération très coûteuse et n'est pas économique pour les grandes retenues.

Malgré le coût onéreux de l'opération de dragage qui revient environ à celui de la réalisation d'un nouveau barrage, la technique de dragage devient indispensable pour les barrages dont la stabilité est en danger mais aussi dans le cas où les sites pour la réalisation de nouveaux ouvrages deviennent rares.

Néanmoins, cette opération s'impose dans les pays comme l'Algérie où il y'a de moins en moins de sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages, ou lorsque la digue est menacée par la forte poussée des sédiments.

Désagrégateur

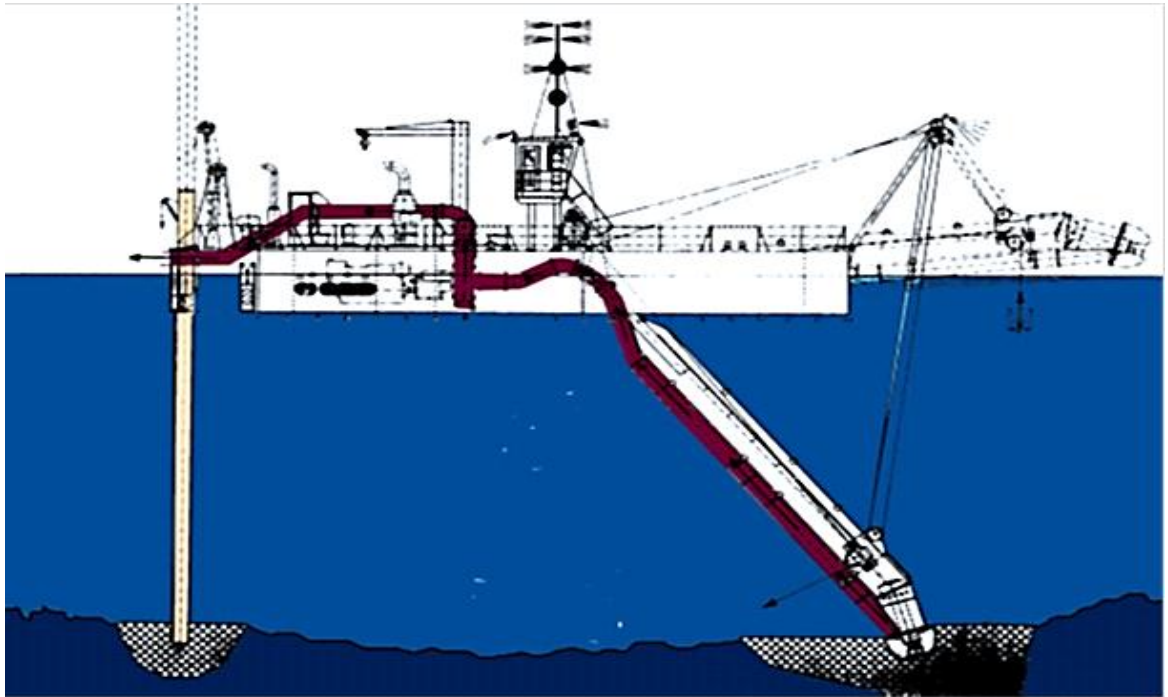


Figure 15: Schéma d'une drague active dans une retenue d'un barrage.

Comme il a été dit dans le chapitre précédent, l'envasement est plus important dans les régions de Chleff et de l'Ouest du pays. Cela s'explique par le fait que les bassins versants des barrages situés dans ces régions se prêtent à une très forte érosion due à la nature lithologique des formations environnantes, et ce phénomène est accentué par l'absence de couvert végétal.

Les barrages de BAKHADDA, K'SOB et BOUHANIFIA sont situés dans des régions caractérisées par un indice d'érosion variant entre $k=1$ et $k=3.5$ donc, ces dernières présentent une érosion moyenne à très forte (Carte des indices d'érosion en annexe) ce qui rend ces barrages parmi ceux qui sont les plus menacés par l'envasement (28).

4. L'envasement dans le Maghreb arab

4.1. TUNISIE

En Tunisie, l'eau revêt un caractère stratégique de développement économique et social en raison de sa rareté. Les retenues des barrages tunisiens perdent annuellement 0,5 % à 1 % de leur capacité par alluvionnement. Les moyennes annuelles des pertes de capacité de stockage des retenues des barrages tunisiens pourraient atteindre 530 Mm³, soit 37 % de la capacité initiale de toutes les retenues en exploitation. D'après [GE.O.R.E, 2001], en 2030, la perte

Chapitre II: L'envasement dans Maghreb et en Algerie

de capacité de stockage des barrages en exploitation pourrait atteindre 43 % de leur capacité initiale. Les aménagements amont et les travaux de conservation des eaux et des sols permettent de réduire le taux d'envasement et de prolonger la durée de vie des grands réservoirs. D'après les résultats des différentes (29).

campagnes de mesures d'alluvionnement, le Tableau [3] donne un aperçu sur les Caractéristiques et l'envasement des barrages de Tunisie (30).

Barrages de Tunisie	Superficie du B.V (km²)	Annéemi seen service	Capacité initiale (Mm3)	Année de scampagnes de mesure de l'alluvionnement.	Évolution d'alluvionnement (Mm3)	Alluvionnement moyen. (Mm3/an)
EIKébi	250	925	22	1979,1981,1995	17,65	0,2370,2460,252
BenMetir	103	1954	61,6	1986	4	0,12
Bezirk	75	1959	6,4	1975,1993	1,72,3	0,0170,06
Chiba	64	1963	8	1975,1991,1995	2,73,53,75	0,20,270,29
Nebhana	855	1965	86	1975,1992,2002	12,92024,4	1,291 0,68
Lakhmess	127	1966	8,2	1975,1991,2000	22,33,3	0,220,0480,094
Kasseb	101	1968	82	1986	2,8	0,15
Masri	40	1968	6,9	1975,1991	1,30,88	0,160,11
B.M'cherga	1263	1971	53	1987,1994,2002	6,27,111,4	0,290,370,35
B.Heurtma	390	1976	117,5	1993	2	0,13
SidiSaad	8950	1981	209	1988,1993,2000	6,928,955,2	0,982,412,9
SidiSalem	7950	1981	814	1987,1989,1991, 1998,2002	30,6475287,5139	5,15,875,25,156,6
Joumine	418	1983	130	2000	10,8	0,675
Ghezala	48	1984	11,7	1993	0,2	0,022
Lebna	189	1986	30,1	1994,2002	0,546,22	0,0680,37
Siliana	1040	1987	70	1994,2002	4,116,9	0,631,05
ElHouareb	1120	1989	4395,3	1994,1998	8,1813,3	1,481,33

Tableau 3 : Caractéristiques de l'envasement des barrages Tunisiens

4.2. MAROC

Les infrastructures hydrauliques Marocaines enregistrent une perte en volume avoisinant de 0.5% de la capacité totale de stockage qui est de 10 milliards de m³. L'envasement des barrages est estimé à 75 millions de m³/an. La perte en capacité des grands barrages dépasse maintenant les 820 millions de m³. A titre d'exemple, le barrage Mohamed V au Maroc, d'une capacité de 567 hm³ reçoit annuellement un volume de vase de 14,5 hm³, soit une perte annuelle de 2,5 % de sa capacité totale (26). Tous les barrages construits depuis plus de 20 ans sont envasés à plus de 10% de leur capacité initiale (Tableau 4) (31)

Tableau (4): La dégradation annuelle des bassins versant et l'envasement des barrages Marocains (32).

Barrages du Maroc	Superficie du B.V(km²)	Année de mise en service	Capacité Initial (Mm3)	Envasement Année (Mm3/an) 1987	Dégradation Annuelle (t/km2/an) 1987
Ibn Batouta	178	1977	43,6	0.65	3933
Nakhla	107	1951	13	0.07	2500
El Makhazine	1820	1979	789	1.02	2700
Moulay yousef	1441	1970	198	0.5	1850
Idress ler	3680	1973	1217	2.15	3200
Benelouidane	6400	1953	1484	3,60	870
Hassan addakhil	4400	1971	369	1.0	260
Mansour eddahbi	15000	1972	567	2.2	210
Almassira	28500	1979	2724	7,5	375
Elkansra	4540	1935	330	1.25	330
Mohamed V	49920	1967	725	10	210
Youssef bentachfine	3784	1973	310	0.50	170
Sidi Medben	9800	1971	493	0.51	200

Tableau 4Caractéristiques de l'envasement des barrages Marocaines

4.3. ALGERIE



Figure 16: Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien Sebkhia, en langue arabe, signifie lac ou étang salés (26).

En 1890, il existait en Algérie neuf barrages, d'une capacité de 61 Mm³ et un volume de Vase de 2,7 Mm³. Cette capacité a atteint 1 milliard de m³ en 1962. A partir de cette date Le nombre de barrages a augmenté considérablement. (33)

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. Le taux d'érosion spécifique a été évalué à 180 millions de tonnes de sédiments arrachés annuellement au niveau des bassins versants du Nord algérien. En effet, la région enregistre les valeurs les plus élevées de la planète. Plusieurs exemples témoignent de la gravité du problème. Le taux d'érosion spécifique atteint la valeur de 5000 t/km²/an sur le bassin versant de l'oued L'Agrioum (Est de l'Algérie) (34)

Selon une récente étude basée sur des séries statistiques comportant les données de 57 grands barrages [Figure 15], l'Algérie perd par envasement 45 à 50 millions de m³ chaque année, ce qui représente une perte de capacité annuelle égale à 0,7 % de la capacité totale.

Chapitre II: L'envasement dans Maghreb et en Algerie

Le volume de vase estime en 2006 était de 1,1 milliards de m³, soit un taux de comblement de 17 % (26) Certains barrages ne contiennent pratiquement que de la vase, à l'exemple du Fergoug qui est envasé à 80 % (capacité : 16 millions de mètres cubes, remplissage : 400 000 mètres cubes). Nos barrages se transforment de plus en plus en réceptacles de vase que d'eau Tableau (5).

Face à ce problème, les services d'hydraulique ont déployés d'énormes efforts depuis plusieurs Années. Ainsi, différents moyens techniques de lutte ont été expérimentés en Algérie, ce qui a donne comme résultats le prolongement de la durée de vie de plusieurs barrages. Le dévasement par dragage est devenu aujourd'hui une option inévitable pour prolonger leur durée de vie. Actuellement, sept barrages sont en cours de dévasement par dragage, Il s'agit de Foug el Ghzal (Biskra), Ksob (M'sila), Zardzas (Skikda), Sidi Abdelli (Relizane), Bouhanifia et Fergoug (Mascara) et notre barrage «BEKHADDA» (Tiaret). Coût de ces opérations 8 milliards de DA.

Barrages	Superficie du B.V (Km ²)	Année de mise en service	Capacité initiale (Mm ³)	Période de calcul	Envasement moyen (Mm ³ /an)	Capacité (Mm ³) 1986	Perte en Capacité %
Boughzoul	19740	1934	55	1934/1986	0,570	20,38	62,94
Ghrib	23300	1939	280	1939/1986	2,4	138,57	50,51
Oued fodda	790	1932	228	1932/1986	2,246	132,3	41,97
SMBA	6100	1978	235	1978/1985	1,17	227,4	3,23
Hamiz	137	1879	21	1935/1986	0,155	8,49	59,57
Eghilemda	650	1953	154	1954/1974	1,832	120	22,07
Zardzas	346	1936	31	1977/1986	0,450	14,78	52,32
lacheffia	575	1965	171	1965/1986	0,124	168,4	1,52
K'sob	1470	1977	31	1977/1986	0,395	12,43	59,90
Foug elgherza	1300	1950	47	1950/1986	0,590	25,76	45,19
Foug elgheiss	153	1939	3	1939/1986	0,030	1,6	46,66
Bouhnifia	7850	1948	73	1944/1967	0,913	52	28,76
B. Amrane	3710	1988	16	1998	0,89	7,1	5,5
Fergoug III	8274	1970	18	1970/1986	0,881	3,9	78,33

Tableau 5 : Quantification de l'envasement des barrages algériens [Source A.N.B.T]

5. Conclusion

Au terme de ce travail mené dans le but de mieux comprendre le phénomène d'envasement ainsi que l'étude et la valorisation des sédiments dragués du barrage, nous avons consacré deux principales parties, la première partie théorique qui permet de présenter le phénomène d'envasement et les moyens de lutte contre ce problème et la deuxième partie consiste à proposer une méthode permettant de réutiliser les sédiments obtenus par suite des opérations de dragage en domaine routier.

Chapitre III: Dragage des sédiments

1. Introduction

L'Algérie figure parmi les pays les plus dangereusement menacés par l'érosion et l'envasement des barrages et des retenues. Les retenues algériennes étant essentiellement destinées au stockage et à la régulation de la ressource eau, sont d'autant plus vulnérables qu'elles sont défavorisées sous le rapport du régime des rivières lié à une pluviosité sous forme d'averses de fortes intensités et de courtes durées.

Malgré l'insuffisance des études sur ce phénomène particulier aux régions de l'Afrique du nord, beaucoup d'efforts ont été déployés par les services de l'hydraulique dans la lutte contre l'envasement. Il faut remarquer que l'Algérie fait figure de pionnier en cette matière et son expérience singulière dans le monde fait qu'il n'est pas fait référence aux expériences d'autres pays.

Parmi les multiples procédés de lutte expérimentés sur les barrages algériens, à savoir : le reboisement des bassins versants, la surélévation des digues, la construction de barrages de décantation et l'utilisation du barrage à onde de chasse, il a été fait recours à des opérations de Dragage.

La première expérience de dragage par drague suceuse, acquise en 1986 et baptisée «Rezoug Youssef », fût celle du barrage de Fergoug durant la période 1986 à 1989. Cette drague a été utilisée sur plusieurs autres sites avec les mêmes objectifs : la récupération d'une partie des volumes de stockage perdus par envasement.

Ces opérations de dragage de volumes considérables de matières solides à l'état vaseux, n'ayant pas trouvé de réglementation ni de tradition sur le devenir de ces matériaux issus du dragage, ont eu des retombées spectaculaires sur l'environnement.

Aujourd'hui, malgré les travaux de dragage effectués, la perte de capacité de la cuvette du barrage du K'sob est en hausse.

La capacité initiale établie après surélévation du barrage en 1976 était d'un volume de **30hm³** d'eau (volume régularisé), après surélévation de 15 m à la côte maximale de 605,50 m.

2. 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 contrôlée. En France, où environ 50 millions de m³ de sédiments sont extraits chaque année, une opération de dragage donne lieu le cas échéant à une enquête publique et étude d'impact.

3. Les différentes activités de dragage

Le dragage consiste en l'excavation de sols ou d'alluvions sous l'eau (lacs, fleuves, rivières, waterings, canaux, estuaires, chenaux marins, etc.) Il peut être réalisé à partir de la berge, avec des engins de travaux classiques ou depuis un navire ou une barge spécialisée.

4. Approfondissement ou agrandissement portuaire



Figure 17 :Drague en action dans le port de Port-la-Nouvelle

La croissance des échanges commerciaux et leur concentration dans quelques ports nécessitent un agrandissement constant de ces ports pour permettre d'accueillir des volumes de marchandises. Par ailleurs la recherche d'économies d'échelle se traduit par l'augmentation de la taille moyenne des navires ce qui nécessite en retour l'approfondissement et l'élargissement des chenaux d'accès.

5. Opérations d'entretien

Les installations portuaires sont fréquemment situés dans des estuaires de rivière (port du Havre, port de Nantes-Saint-Nazaire) ou parfois très en amont de celle-ci comme le port de Rouen situé à 120 km de la mer. La marée et l'écoulement des eaux fluviales charrient des sédiments qui se déposent à des rythmes variables (le port traditionnel d'Honfleur présente un cas extrême avec un dépôt de 1 cm d'épaisseur par jour). Des dragues doivent effectuer un travail permanent pour maintenir la profondeur des chenaux et bassins. Les volumes dragués représentaient ainsi en moyenne 4,5 millions de m³ pour le port de Rouen et 1,5 millions de m³ pour le port du Havre. Les ports ouverts à la mer sont généralement moins touchés par le phénomène d'envasement mais nécessitent tout de même des opérations de dragage régulier.

6. Risques pour l'environnement



Figure 18 : La drague Atlantico Due au travail en rade de Lorient

Dans le cas de dragages de chenaux, de canaux ou de ports, les sédiments (ou boues) peuvent être pollués (métaux lourds, pesticides..). Ainsi parfois l'opération de dragage ou curage est plus polluante pour l'environnement que de laisser les sédiments en place. De subtiles variations du pH, du taux d'oxygène, de la bio-turbation, une crue, ou la mobilisation volontaire ou involontaire des sédiments respectivement lors de dragages ou d'aménagement ou lors du passage d'un navire inhabituellement lourd, etc. peuvent remobiliser les toxiques qui étaient antérieurement au moins provisoirement piégés dans le « *compartiment sédimentaire* ». Ils peuvent alors être transférés en aval ou dans d'autres portions du réseau hydrographique ou compartiment des écosystèmes.

Les impacts sont locaux, mais surtout différés dans l'espace et le temps, sur un site de rejet qui peut être éloigné du point de dragage, et à son aval selon les courants. Les quantités peuvent être importantes. Par exemple un projet consiste à éliminer par rejet en mer à 15 km au large du Calvados 4,5 millions de m³/an de boues de dragage de l'estuaire du port de Rouen jusqu'en 2050. Ce projet avait fin 2010 reçu un avis favorable du commissaire-enquêteur, mais - suite aux désapprobations de certaines collectivités - le préfet de Basse-Normandie l'a retiré et a demandé une nouvelle enquête publique.

Il peut arriver que le dragage ne « décape » que la couche superficielle, c'est-à-dire les sédiments les plus récents (souvent moins contaminés dans les pays qui ont une politique environnementale forte). Remettre l'eau et les organismes aquatiques en contact avec des sédiments anciens plus contaminés est un risque qu'une étude d'impact peut évaluer.

Depuis les années 1980, les scientifiques cherchent à développer des modèles prédictifs et des outils d'aide à la décision. Pour cela ils doivent mieux comprendre le comportement des polluants, éventuellement synergiques dans les sédiments ou lors des opérations de dragage (panache de diffusion, modifications chimiques, etc.).

Dans le cas d'extraction de granulats (cailloux et sables) lors de la construction d'un port par exemple, l'impact direct pour l'environnement est parfois relativement limité compte tenu du fait que ces opérations se font par définition dans des secteurs où la présence de vie organique est faible ou quasiment nulle (mais qui peuvent être des zones de frayères). La turbidité de l'eau peut être affectée localement par le passage de l'élinde. Le sillon créé par le passage de l'élinde est rapidement comblé par le mouvement de l'eau.

7. Les techniques de dragage

L'éventail des appareils de dragage les plus couramment utilisés se divise en trois catégories : les dragues mécaniques, les dragues hydrauliques et les dragues spécialisées (35).

7.1. Les dragues mécaniques

Les dragues mécaniques sont utilisées aussi bien dans les matériaux durs que meubles. Elles retirent les sédiments par l'application directe d'une force mécanique sur le fond. Il existe trois types de dragues mécaniques, soit la drague à benne preneuse, la drague à cuillère et la drague rétrocaveuse. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques de chaque type de drague.

7.1.1. Drague à benne preneuse:

Cette drague compte parmi les plus répandues dans le monde et est parfois considérée comme une drague environnementale (36). La drague à benne preneuse comporte une plateforme flottante qui peut être autopropulsée ou déplacée à l'aide de remorqueurs. Elle est montée sur une grue qui est elle-même installée sur un ponton stabilisé au moyen de béquilles ou d'un système d'ancrage. La grue peut être à câbles ou hydraulique.

Le ponton peut être équipé de puits à clapets qui reçoivent les déblais de dragage, mais le plus souvent, pour leur transport, les déblais de dragage sont

accumulés dans des chalands ou des barges. Les dragues à benne preneuse sont des appareils peu encombrants et relativement précis; de plus, elles offrent une grande flexibilité en eaux agitées, car elles peuvent bouger verticalement. Toutefois, ce type de drague peut causer une remise en suspension des sédiments à plusieurs étapes du dragage, soit au moment de l'impact de la benne sur le fond, de sa pénétration dans les sédiments, de la remontée du matériel et du débordement des déblais de dragage des barges ou chalands, ainsi qu'au moment de leur rejet en eau libre, le cas échéant. Selon Herbich (1992), l'utilisation de bennes preneuses étanches est souhaitable d'un point de vue environnemental, car ces outils réduisent la turbidité de 30 à 70 % comparativement aux autres bennes.

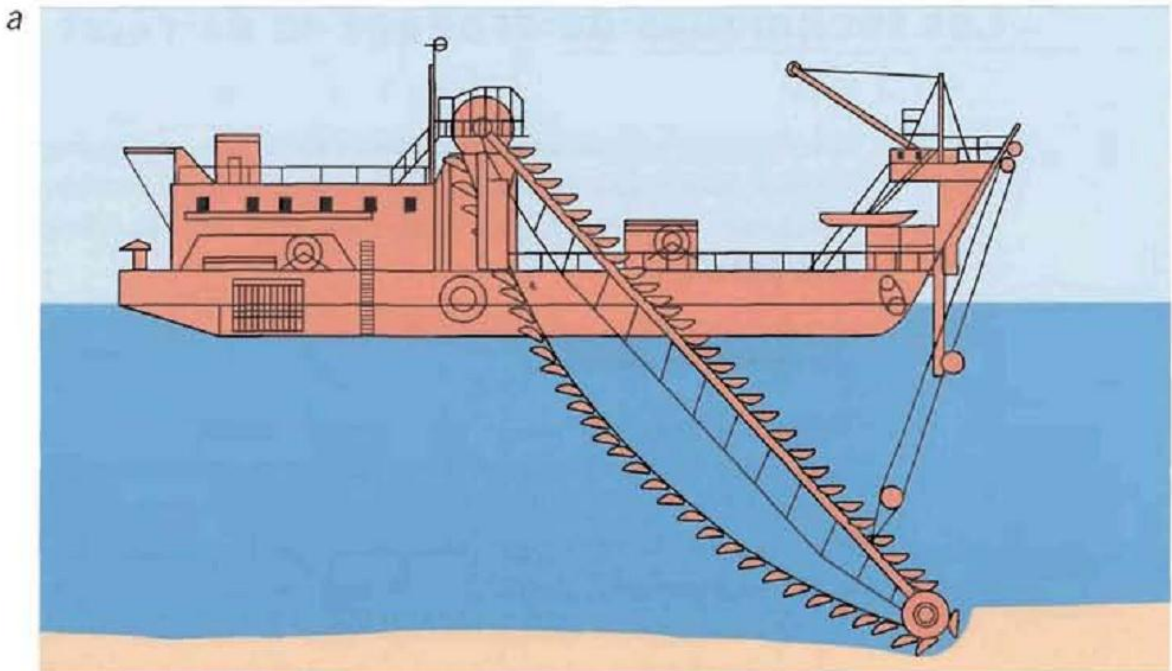


Figure 19: représentation schématique Drague à godet (37).

7.1.2. *Drague à cuillère:*

Cette drague se compare à une pelle mécanique montée sur un ponton qui est muni de trois béquilles. Les deux béquilles avant servent à soulever le ponton au droit de sa position de dragage, tandis que la béquille arrière maintient la drague en position fixe. Elle est le plus souvent utilisée pour l'extraction de roches tendres et de dépôts sédimentaires indurés, de même que pour la

recupération d'infrastructures submergées. La perte de matériaux fins important au moment de la remontée du godet. Au moment de la remontée du godet.

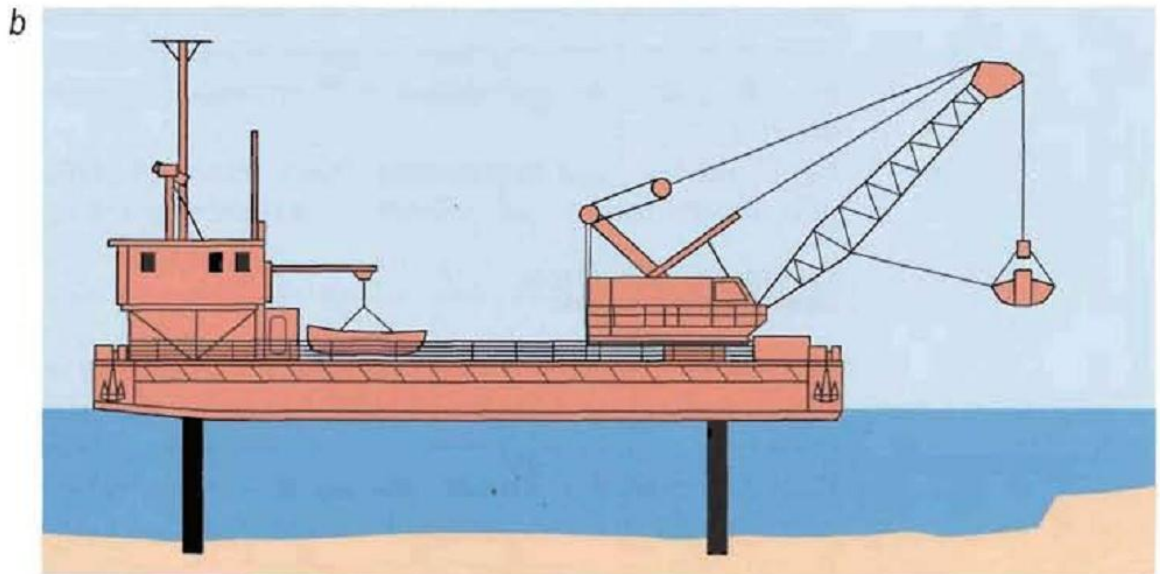


Figure 20: représentation schématique Drague à benne (38).

7.1.3. *Drague rétrocaveuse :*

Cette drague est semblable aux excavatrices utilisées sur terre sauf qu'en mer, elle est installée sur le pont renforcé d'un chaland. Le godet de la drague est fixé à un bras articulé et les sédiments sont excavés en ramenant le godet vers la drague. Les déblais de dragage peuvent être déversés dans des chalands, des camions ou directement sur la rive.

Cette méthode de dragage est très précise, mais a l'inconvénient de remettre facilement en suspension la fraction fine des matériaux. Il importe de noter que le tirant d'eau des chalands à clapets utilisés durant le dragage est d'environ 2,4 m lorsqu'ils sont remplis de sédiments. En outre, il faut prévoir une profondeur d'eau additionnelle de 3,7 m pour permettre l'ouverture des clapets moment du largage.

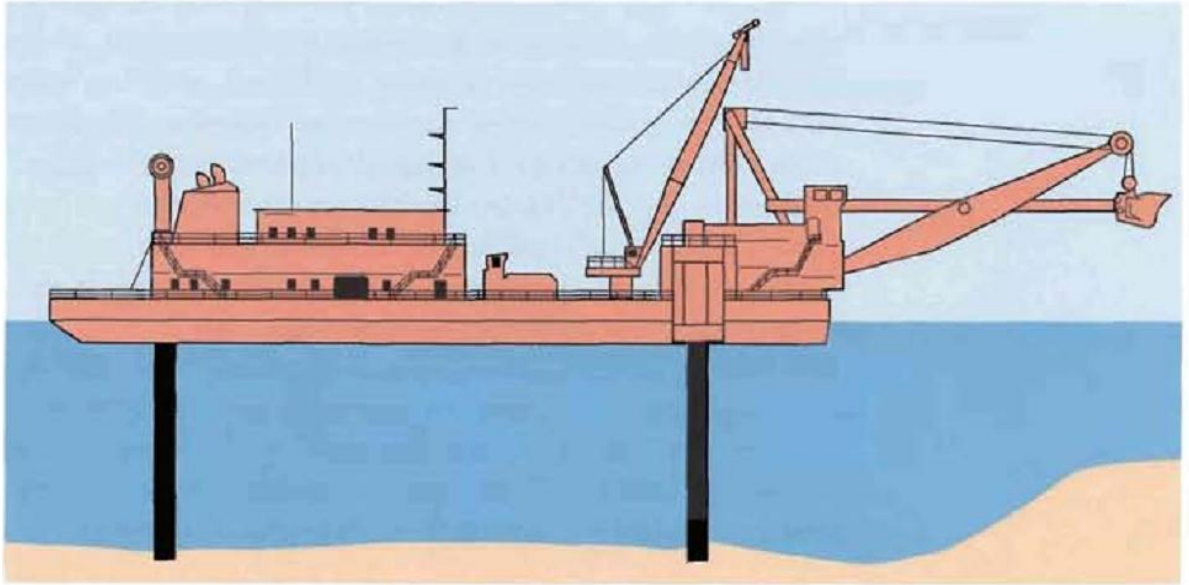


Figure 21: représentation schématique drague à pelle (39).

7.2. Les dragues hydrauliques

Le dragage hydraulique s'effectue au moyen d'un appareil qui désagrège les sédiments puis les aspire en suspension dans une conduite ayant un fort débit d'eau. Elles sont généralement montées sur des barges munies de pompes centrifuges qui sont actionnées par un moteur diesel ou électrique. Les pompes sont raccordées à des conduites (pipelines) de refoulement de 15 à 122 cm de diamètre, maintenues en surface par des flotteurs.

Les dragues hydrauliques aspirent et refoulent les sédiments sous forme d'une boue liquide dont la teneur en eau oscille autour de 90 % (USACE, 2008). Il existe trois types principaux de dragues hydrauliques : la drague suceuse simple, la drague suceuse à désagrégation et la drague suceuse autoporteuse. Certaines caractéristiques propres à ces dragues.

7.2.1. *Drague suceuse simple :*

Cette drague fonctionne au moyen d'une pompe centrifuge et elle se déplace généralement grâce à un système de câbles d'ancrage.

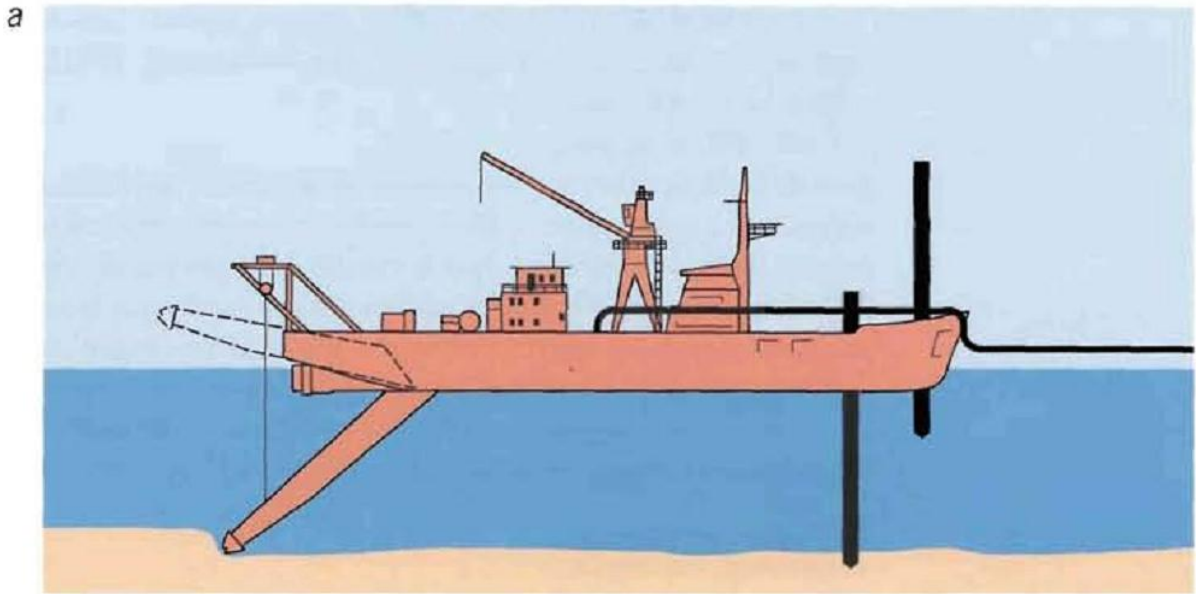


Figure 22 aspiratrice stationnaire avec conduite de refoulement (38).

7.2.2. *Drague suceuse à désagrégation :*

Cette drague est munie d'un puissant appareil rotatif qui est installé à l'extrémité d'une élinde (conduite d'aspiration). L'étape de désagrégation sert à fragmenter les matériaux durs et cohésifs en débris qui sont ensuite pompés par la tête aspiratrice. Pour un rendement optimal, la capacité du bac de l'élinde et de l'appareil de désagrégation doit être entièrement utilisée, ce qui signifie que l'épaisseur minimale de la couche sédimentaire doit atteindre de 1 à 3 m (40).

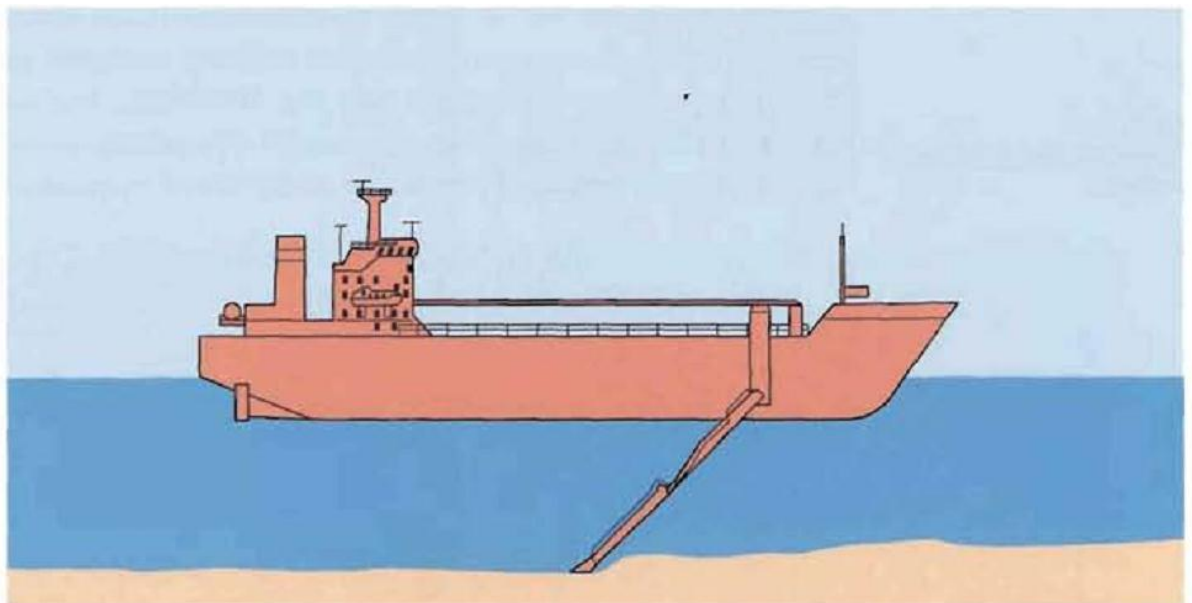


Figure 23: aspiration en marche (38).

7.2.3. *Drague suceuse autoportée :*

Cette machinerie diffère des deux autres types de dragues hydrauliques, car elle est plutôt installée sur des navires autopropulsés. En outre, elle transporte les déblais de dragage à son bord plutôt que de les acheminer vers le lieu de mise en dépôt via une conduite. Les déblais de dragage sont aspirés par l'élinde pour être déversés dans des puits où les solides décantent. Le surplus d'eau à faible teneur en matières en suspension (MES) est rejeté en eau libre par des déversoirs et les solides sont accumulés à bord pour être ensuite mis en dépôt dans un site aquatique autorisé. Comme ce type de drague est exploité sans aucun système d'ancrage, l'élévation de la surface draguée est souvent très irrégulière, ce qui nécessite un sur creusage pour obtenir partout la profondeur d'eau désirée.

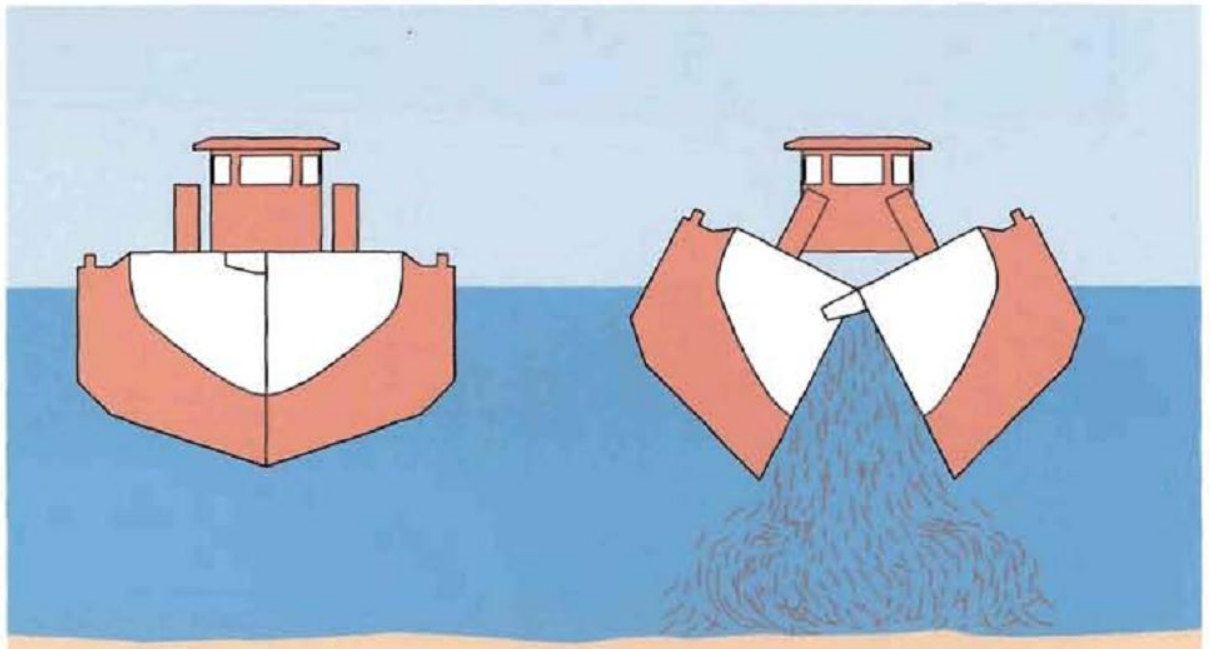


Figure 24: drague fendable (38).

L'entraînement des sédiments par les dragues aspiratrices nécessite le Pompage d'une quantité importante d'eau (41):

-10à12 fois en volume,

-8 fois environ en poids.

Lors de la décantation des sédiments dans les puits, l'eau en excès retourne eau milieu par surverse; celle-ci constitue la source de matières en suspension la plus importante dans le cas des dragages par aspiration. Les sédiments cohésifs

extraits par une drague aspiratrice ont en général plus riches en eau que ceux extraits au moyen d'une drague mécanique.

Les dragages peuvent donner lieu à des opérations de surverse. Celles-ci ont pour but d'augmenter la densité de la mixture en puits de drague (notamment lorsque les sédiments contiennent une fraction sableuse). Les barres niveleuses Il s'agit d'équipement tractés par des remorqueurs qui régularisent le fond (fig. 16).

Ces barres niveleuses sont utilisées soit après passage de drague aspiratrice qui laissent subsister des sillons, soit pour araser. Fonctionnement d'un barrage à barres sableuses. Dans cette technique, il n'y a pas extraction des sédiments mais simplement déplacement ou remise en suspension.

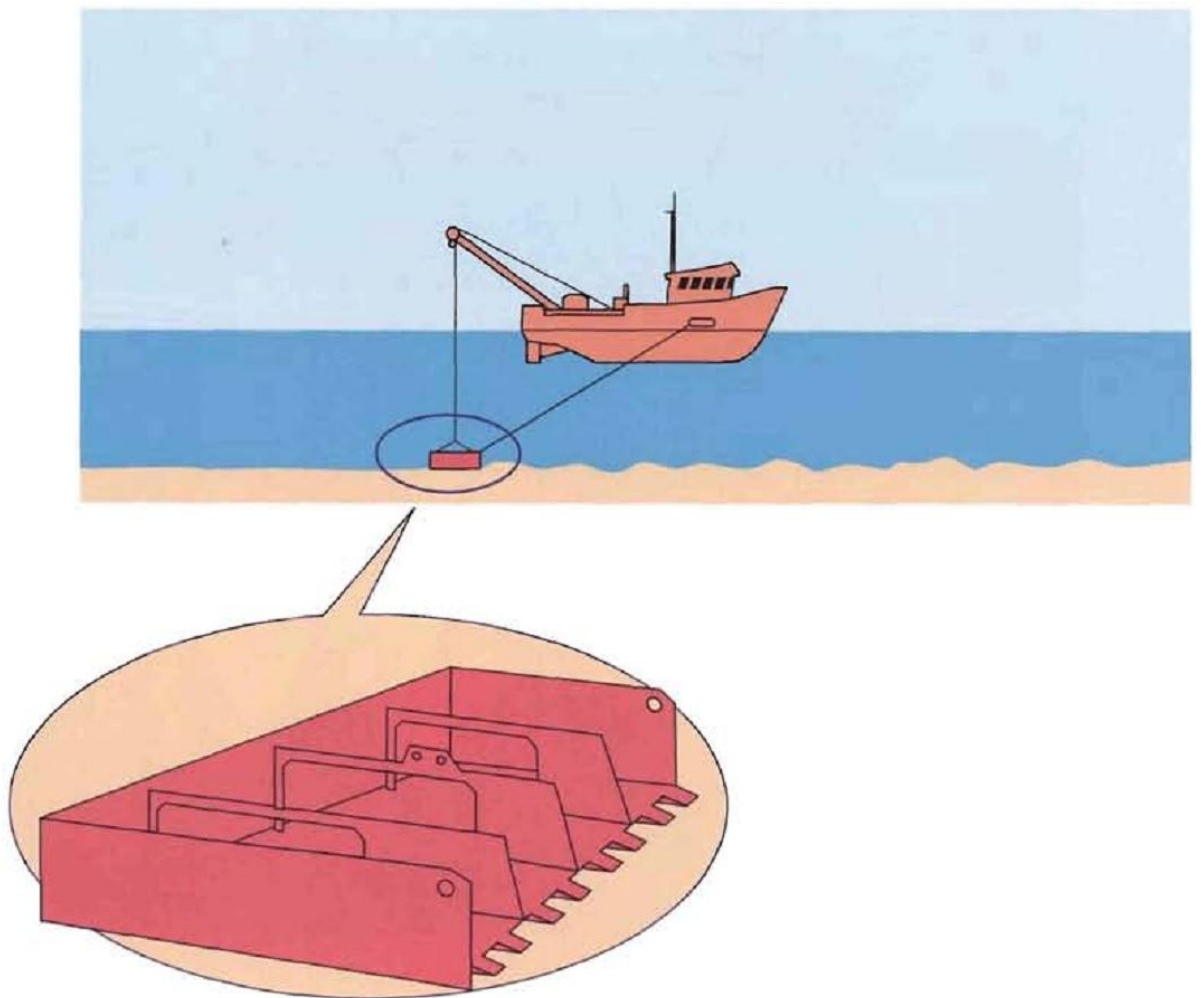


Figure 25 fonctionnement d'une barre niveleuse

7.3. Les dragues pneumatiques

Le matériel est dragué au moyen d'une pompe à air comprimé. Le système comprend des compartiments de réception des matériaux dragués.

Cet équipement est particulièrement bien adapté au dragage des sédiments contaminés. la technique de l'injection (Jetse d) Cette technique consiste à fluidiser par application d'eau sous pression ou d'air comprimé ; les sédiments sont en suspension et peuvent être véhiculés par les courants.

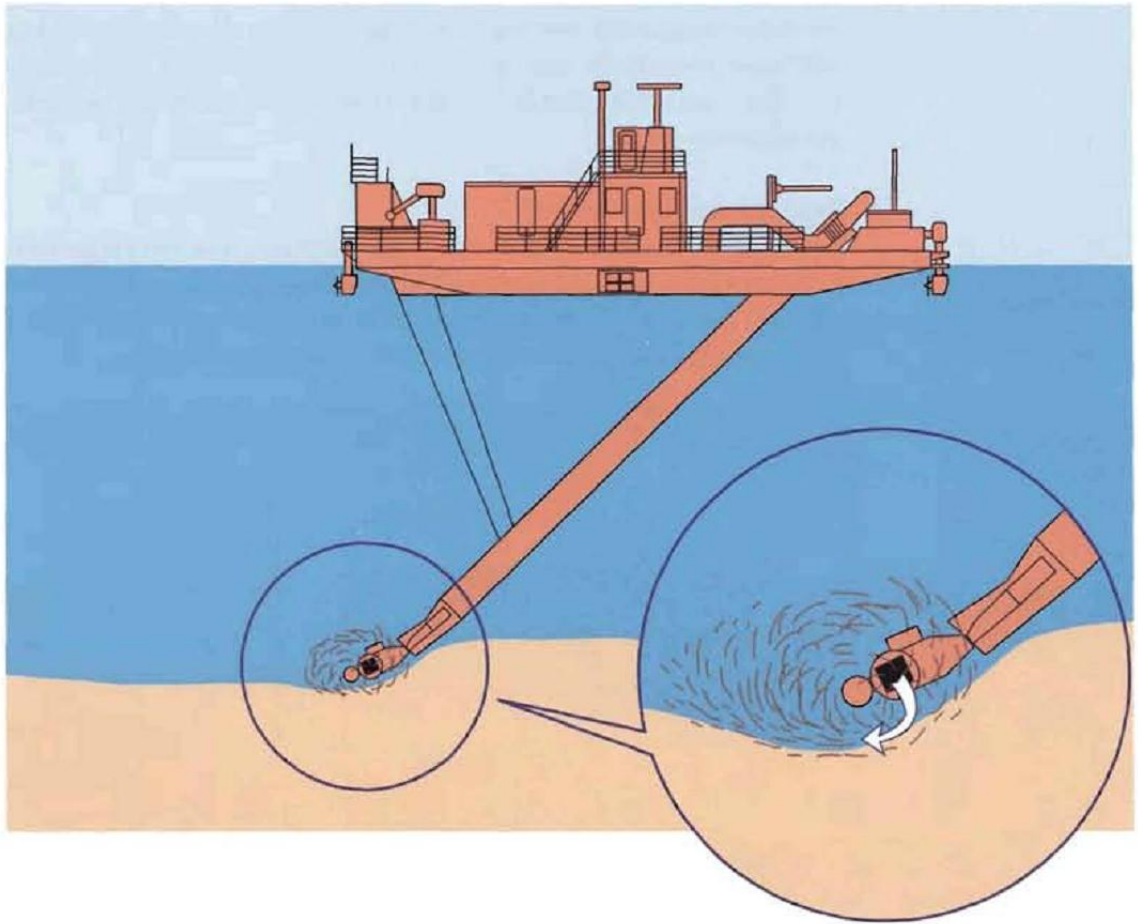


Figure 26: Les dragues pneumatiques

8. Conclusion

Notre travail présenté fait état d'un grand nombre de solution technique de dragage envisageables qu'elles soient aussi bien mécanique qu'hydraulique.

Les principales caractéristiques techniques de l'intervention sont rappelées ci-dessous :

- Interventions mixtes qui concernent des matériaux fins peu cohésifs et des matériaux plus grossiers consolidés sur des substrats géologiques
- Tirants d'eau limités et tirants d'air limités
- Filières de gestion à terre
- Conditions d'accessibilité restreinte.

Ces contraintes incontournables sont restrictives vis-à-vis des solutions de dragage hydrauliques de gabarit important notamment qui ne sont pas en mesure d'intervenir à priori.

Enfin, notons que ces solutions techniques sont celles proposées pour les dragages d'entretien des principaux gestionnaires qui met également en jeu des matériaux de structure et de composition proches de ceux voués à être manipulés ici.

Chapitre VI: Etude Bibliographique du système air-left

1. INTRODUCTION

L'étude de la pompe air-lift implique celle des écoulements diphasiques pour le couple air-eau en conduite cylindrique verticale. Cette dernière est de première importance en vue d'optimiser le cout des différentes installations .Cependant leur description précise et la prédiction des régimes d'écoulement qui peuvent se produire est très difficile, car ils représentent des géométries d'interfaces variées selon les conditions de l'écoulement et la nature des fluides mis en jeu.

2. Régimes d'écoulements dans les conduites verticales:

Lors d'un écoulement diphasique gaz-liquide, l'interface entre les deux phases peut prendre plusieurs formes, cela dépend du débit de chaque phase, la pression, le sens de l'écoulement (ascendant, descendant, co-courant, contre-courant), des propriétés du fluide et de la géométrie du système. Les configurations de l'écoulement sont utilisées dans la description de cette distribution. Aussi la terminologie utilisée dans la définition de plusieurs régimes

d'écoulements est tributaire de l'interprétation des expériences réalisées. Ainsi, la classification des régimes d'écoulement est valide seulement d'un point de vue qualitatif.

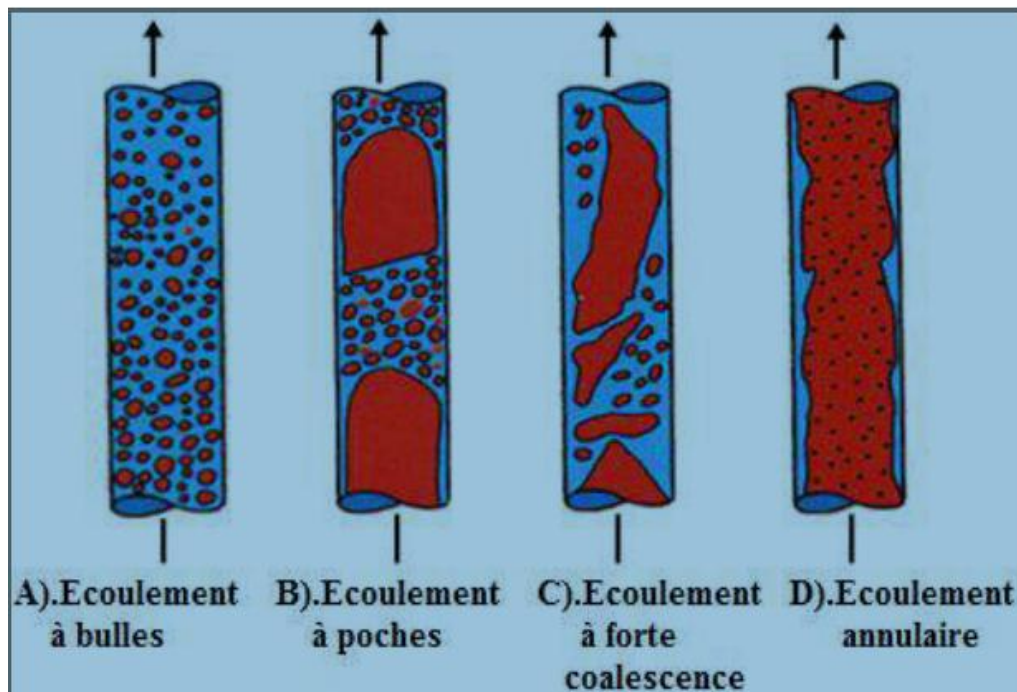


Figure 27: Configuration des écoulements dans une conduite verticale.

3. Les différents modèles utilisés sur le système air lift :

L'enlèvement d'eau des cavités des mines souterraines était basé sur ce principe air-lift depuis fort longtemps (42). Sa commodité et son adaptation aux conditions de pompage les plus variées répond à certaines exigences que la pompe ordinaire ne peut satisfaire.

On citera le pompage des mélanges de solides et liquides à partir des grandes profondeurs, atteignant parfois des milliers de mètres ou le pompage de pétrole des profondeurs sous-marines.

En effet, depuis le succès du pompage effectué par la société américaine Deep Sea adventures des nodules de manganèse d'une profondeur de 850 m en océan Atlantique (43) , ce système de substitution est devenu très prometteur.

Cependant, les règles de dimensionnement de cet appareil ne sont pas établies d'une manière claire.

L'analyse quantitative s'appuyant sur la résolution de l'équation d'énergie n'est pas explicite par la prise en compte du facteur global de rendement du système (44) . Ainsi, toute tentative de reproduction de l'installation suppose un rendement donné, alors qu'il ne peut être connu réellement qu'une fois l'appareil est réalisé.

Par ailleurs les études expérimentales et théoriques menées dans différents laboratoires sur l'écoulement diphasique engendré par l'injection d'air comprimé s'inscrivent en général dans le but de la compréhension des phénomènes physiques décrivant l'écoulement de deux composantes gaz-liquide.

Ces études, s'appuyant sur des lois d'interaction des deux phases dont les auteurs reconstituent l'écoulement par des modèles à partir des équations de conservation de masse et de quantité de mouvement que nous introduisons dans le chapitre suivant dans le cas du modèle homogène .

Il est donc très prématuré d'envisager le dimensionnement du pompage d'eau par la méthode d'air-lift. Néanmoins cette étude, par l'objectif que l'on s'est assigné consiste à trouver les dimensions optimales du système et

d'apporter quelques éléments de compréhension sur le plan qualitatif et l'évaluation de ce procédé sur le plan quantitatif.

Ainsi, les conceptions formulées jusqu'à présent, se distinguent par les paramètres caractéristiques du fonctionnement de l'appareil et par le degré d'intégration des phénomènes physiques des écoulements diphasiques.

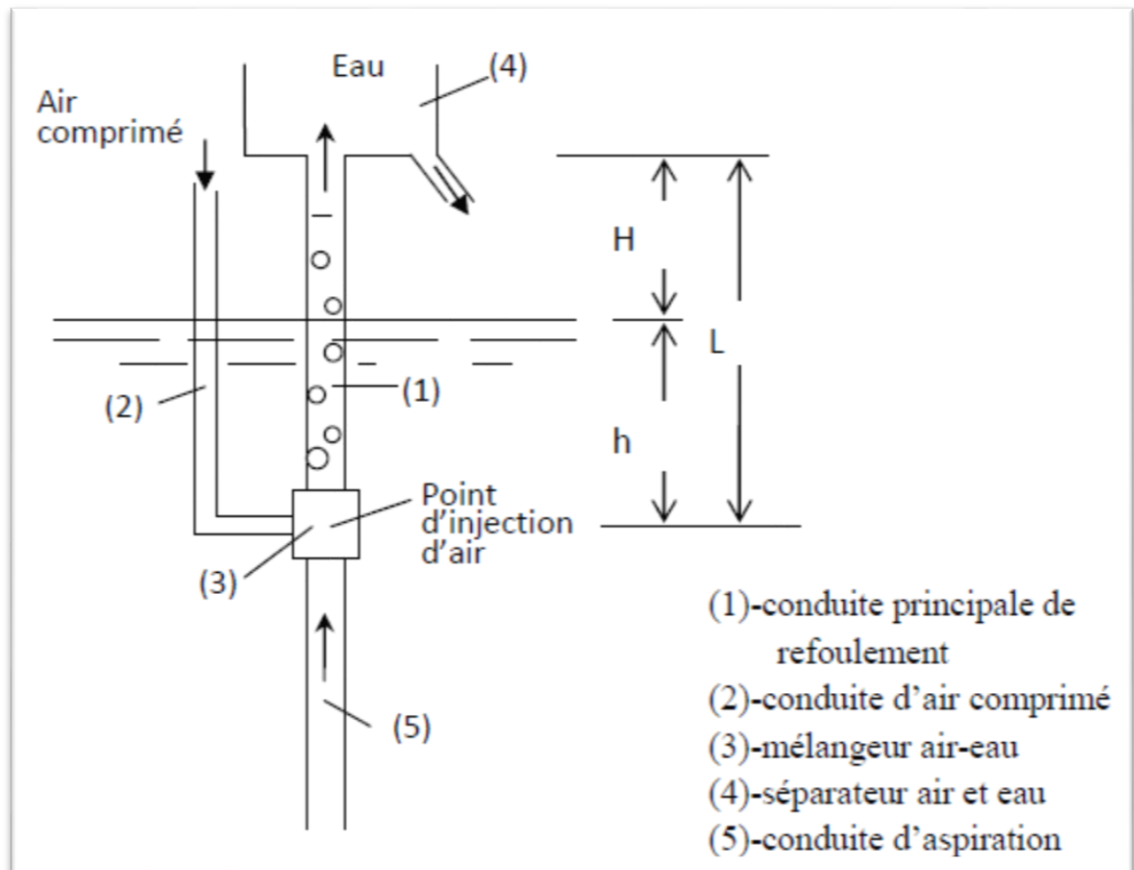


Figure 28 : Schéma type d'un air-lift

Selon le domaine d'application pratique, on rencontre trois types de schéma d'air-lift possible et leur étude analytique se conduit de la même manière. Clarck (1986), Giot (1979) recommandent la prise en compte de la perte de charge dans la conduite d'alimentation afin de mieux déterminer la vitesse d'approche de l'eau à l'entrée du mélangeur comme celui du à la forme en 'U' d'un modèle de laboratoire par exemple.

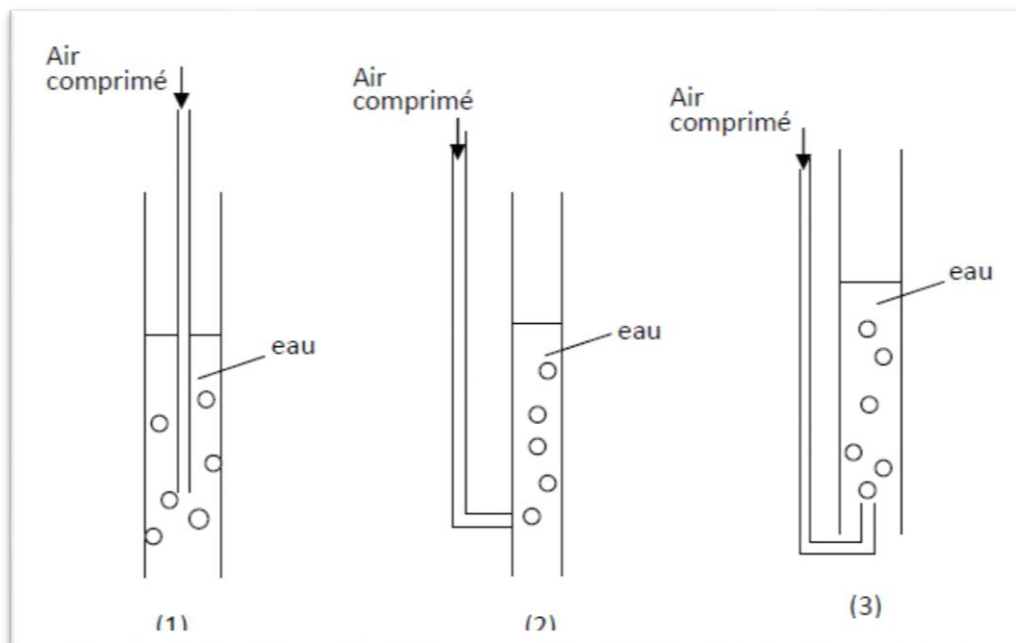


Figure 29 : Schémas de différents air-lift pratique.

Au laboratoire et du point de vue expérimental, il est fait usage de schémas beaucoup plus sophistiqués menus d'équipement et d'installations de mesure appropriées, des caméras ultrarapide pour la visualisation et l'enregistrement des configurations et des sondes de mesure du taux de vide entre autre.

4. Paramètres caractéristiques de fonctionnement :

Concernant le pompage d'eau, le système est pris dans sa globalité. Plusieurs auteurs s'accordent pour caractériser le fonctionnement de l'appareil par les facteurs géométriques et énergétiques [Geier, 1982 ; Collignon, 1986 ; Geza, 1959 ; Husain, 1976 ; Clarck, 1986 ; Stenning, 1968]. Parmi ceux-ci, on retrouve la profondeur d'injection d'air comprimé définie par rapport au niveau d'eau initial, le diamètre de la conduite, la hauteur totale de la conduite verticale du point d'injection de l'air comprimé au mélangeur jusqu'au séparateur, le débit d'eau, le débit d'air, le débit spécifique et le rendement.

A partir des tests sur différents dispositifs dans des situations très variées de forage, Collignon (1986) étudia l'influence des caractéristiques de ces dispositifs sur le débit de pompage. Il considère des facteurs de rôle secondaires : le diamètre du tube d'air, la forme de l'embout de l'émulseur, la pression maximale de service du compresseur et des facteurs réellement dominants qui sont :

- Le niveau dynamique de l'eau ;
- La longueur du tube d'air ;
- Le diamètre du tube d'eau :
- La puissance du compresseur ;

Des observations, il déduit certaines règles simples à partir desquelles le rendement de pompage pourrait être amélioré. Dans ses expériences, il constate que la structure du mélange forme une émulsion plus ou moins homogène. Pour un débit quasi-continu, la pression exercée par l'eau contenue dans le forage doit être supérieure à la pression exercée par la colonne de l'émulsion s'étendant jusqu'au point de refoulement et définie par la condition suivante :

$$d_{eau}h_D > d_{em}(h_D + H)$$

d_{em} : densité de l'émulsion; d_{eau} : densité de l'eau et h_D : hauteur dynamique de l'immersion géométrique.

5. Aspect expérimental :

Sur la base de l'analyse adimensionnelle et afin d'effectuer nos expériences, on a conçu et réalisé une **installation expérimentale** à cette effet au sein du **laboratoire d'Hydraulique de l'Ecole Nationale Polytechnique** figure(29).



Figure 30 :installation expérimentale du laboratoire d'Hydraulique de l'Ecole Nationale.

6. Les principaux éléments constructifs de l'installation

6.1. Présentation de matériel :

6.1.1. Air comprimé :

Une masse d'air est définie par: sa pression ; son volume et sa température.

Contrairement aux solides et aux liquides, très peu compressibles, les gaz peuvent se comprimer aisément. Cette opération consiste à rapprocher les molécules pour en faire tenir un plus grand nombre dans un même volume. Pour cela on utilise un compresseur.

6.1.2. Compresseur :

Changement de l'état de l'air, par exemple si on fait diminuer le volume d'une quantité d'air contenue dans une enveloppe, on augmente sa pression.



Figure 31: Compresseur.

6.1.3. Séparateur :

Son rôle essentiel est de séparer le courant diphasique (air-eau) en deux parties, L'air sera évacué vers l'atmosphère et l'eau sera orientée suivant la destination désirée. Il doit satisfaire en plus aux tâches suivantes :

Il divise quantitativement le mélange, assure la stabilité lors du fonctionnement, supporte la charge dynamique et doit avoir une résistance hydraulique minimale et d'étanchéité suffisante afin d'éviter les pertes d'eau.
[13]

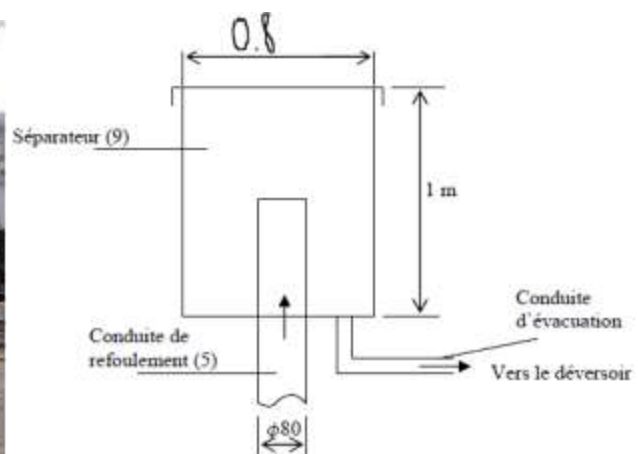


Figure 32: Séparateur réel et Schéma du séparateur.

6.1.4. Mélangeur :

Réalise le mélange air-eau en transmettant au liquide l'énergie donnée par l'air d'une manière efficace. Le mélangeur ne doit pas résister au passage de l'air dans la conduite de refoulement (5) et inversement, de ne pas résister au passage de l'eau dans le mélangeur quand l'air comprimé n'est plus injecté. Le mélangeur doit contenir des ouvertures pour assurer l'écoulement a bulle dans la conduite d'eau pour cela on a foré 42 trous sur la section externe de la conduite d'eau pour cela on a foré 42 trous sur la section externe de la conduite uniformément répartie (7 lignes, 6 colonnes), avec un diamètre de 5 mm [11]

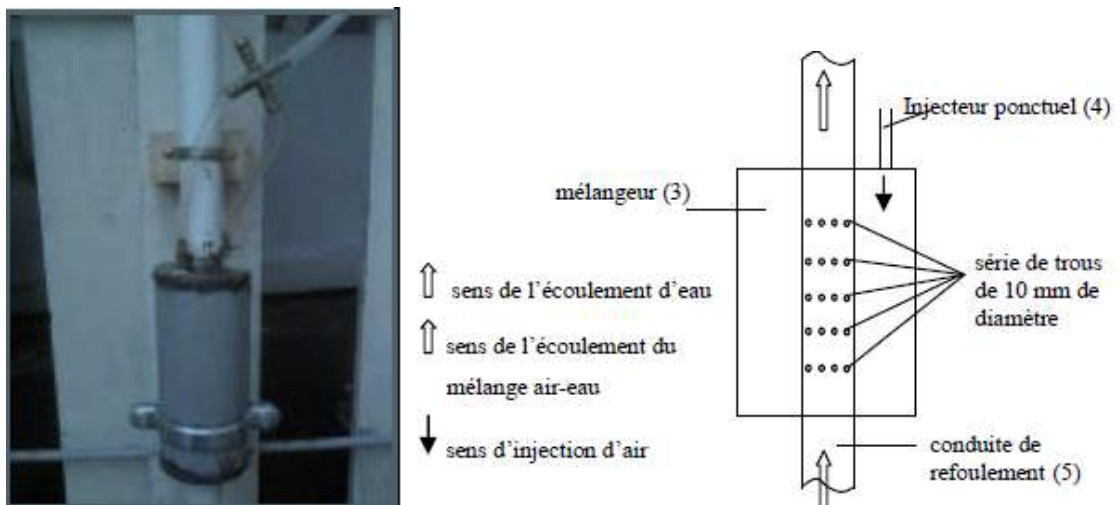


Figure 33: mélangeur réel et Schéma de mélangeur.

6.1.5. L'injecteur :

Dans le but de faire un choix judicieux de l'injecteur d'air permettant un fonctionnement pratiquement continu du système et de faire apparaître l'évolution du mélange air-eau, nous avons été amené à choisir parmi les trois types d'injecteurs qui différent par leur mode d'injection, voir figure (33). [13]

On a plusieurs types d'injecteur :

- *Injecteur ponctuel (verticale),
- *Injecteur frontal (horizontale),
- *Injecteur répartie.
- *Un injecteur frontale pour répartie la pression. [1]

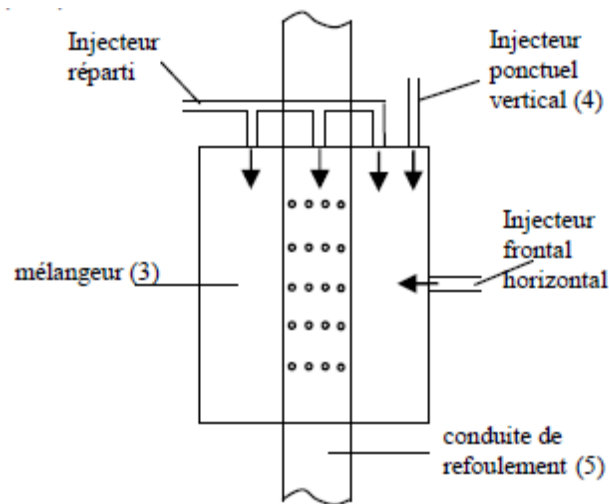


Figure 34: Schéma des différents injecteurs.

6.1.6. Réservoir d'alimentation:

Réservoir en plexi glace de dimension (Hauteur = 15,5 cm, diamètre extérieur = 24 cm, diamètre intérieur = 16 cm) il contient deux trous :

Premier raccordé avec le flexible (1) ;

Deuxième c'est le trop plein pour avoir un niveau constant d'eau et permet de donner les différents positions d'immersion géométrique h .



Figure 35: Réservoir d'alimentation.

6.1.7. Limnimètre :

Un équipement permettant l'enregistrement et la transmission de la mesure de la hauteur d'eau (en un point donné). Les hauteurs sont souvent exprimées soit en mètre, soit en centimètre.



Figure 36: Limnimétrie

6.1.1. Manomètre:

Manomètre pour mesure de pression d'air qui va sortir du compresseur.



Figure 37: Manomètre

7. Déroulement de l'expérience

Au début des expériences et pour une immersion relative donnée, on fixe un niveau (X) de déversement d'eau de la conduite (1). Pour alimenter en eau l'installation, on met en marche la pompe centrifuge (7) qui fait arriver l'eau à partir du réservoir du laboratoire. Celle-ci se déverse dans le réservoir (8) et s'écoule dans la conduite (1) jusqu'à un débit d'eau suffisant, une partie se déverse au niveau du trop plein choisi (X). L'excédent d'eau pompée est refoulé par la conduite (13) prévue à cet effet.

Initialement, l'installation est repos et le niveau d'eau dans les deux branches est identique et correspond à la hauteur statique du trop plein (X).

A l'aide d'un robinet prévu à cet effet, on injecte l'air comprimé à l'intérieur du mélangeur déjà rempli d'eau à la côte (a) voir figure (3.5).

A un débit donné, donc à une pression d'air suffisante le niveau d'eau dans le mélangeur diminue jusqu'à la côte (b) pour atteindre la première série de trous niveau (b), d'où l'air s'échappe et pénètre dans la conduite (5). Dans un premier temps, le niveau d'eau augmente dans progressivement, l'eau arrive au séparateur ou elle sera recueillie et acheminer vers le déversoir de mesure (10). Tout au long de la manipulation, on doit veiller à ce que l'eau ressort du trop plein.

7.1.Observations :

On remarque alors un mélange (air-eau) partir plus vite et on a observé la formation d'une multitude de petites bulles. Au fur et à mesure qu'elles remontent dans la conduite (5), elles deviennent de plus en plus grosses et s'agglomèrent pour donner naissance à une grosse bulle de forme ovoïde.

Aussi, on a observé même, de grosses bulles à partir du mélangeur d'une façon intermittente à cause de grande accumulation de pression au niveau du mélangeur, la discontinuité du fonctionnement du système devient nette, entre un temps pour la compression et un temps pour une détente de l'air au sein de l'eau, dans deux phases différentes. Les bouchons d'air s'accélèrent en remontant dans la conduite (5) et entraînant derrière un nuage de bulles.

Pour des débits croissants, les bulles d'air disparaissent pour laisser place à une forte

turbulence donnant naissance à des jets saccadés dus à l'irrégularité du volume du bouchon d'air, de même intensité au niveau du séparateur (9).

Pour des grands débits d'air, on peut reconnaître nettement des séries de bouchons qui s'accompagnent de petites bulles derrière tout au long de l'expérience jusqu'à un débit d'air qui pénètre quasiment d'une façon continue sans ou presque avec aucune formation d'accumulation au niveau du mélangeur. L'entraînement d'eau devient de plus en plus faible et le débit d'eau aussi. Ce phénomène de va et vient se répète à des fréquences d'une différence sensible entre les différents débits d'air et oscillatoire dans l'espace et le temps. Le temps d'oscillation est celui de la compression et la détente de l'air.[13]

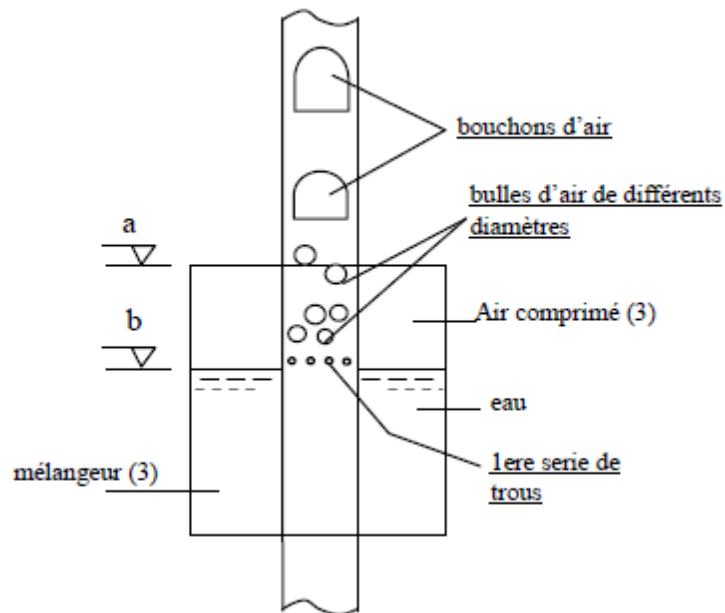
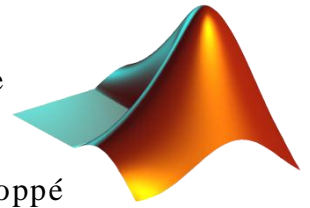


Figure 38: Formation de bulles et bouchons d'air au départ du mélangeur.

8. Les outils utilisés:

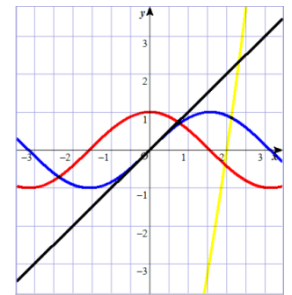
8.1. Matlab:

est un langage de programmation de quatrième génération émulé par un environnement de développement du même nom ; il est utilisé à des fins de calcul numérique. Développé par la société The MathWorks, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C, C++, Java, et Fortran. Les utilisateurs de MATLAB (environ un million en 2004¹) sont de milieux très différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie dans un contexte aussi bien industriel que pour la recherche. Matlab peut s'utiliser seul ou bien avec des *toolbox* (« boîte à outils »).



8.2. Grafer:

Est un programme informatique regroupé avec OS X (maintenant appelé macos) depuis la version 10.4 capable de créer des graphiques 2D et 3D à partir d'équations simples et complexes. Il comprend une variété d'échantillons allant des équations différentielles aux Toroids rendus 3D et aux attracteurs Lorenz. Il est également capable de traiter des fonctions et des compositions de ceux-ci. On peut modifier l'apparence des graphiques en modifiant les couleurs de ligne, en ajoutant des motifs aux surfaces rendues, en ajoutant des commentaires et en modifiant les polices et les styles utilisés pour les afficher. Grapher est capable de créer des animations de graphiques en modifiant des constantes ou en les tournant dans l'espace.



9. L'équation de calcul :

Quantité du liquide: Q_l

Quantité du l'aire : Q_a

$$q = \frac{Q_a}{Q_l}$$

$\alpha = h_{max} - h_{min}$: différence de hauteur

ψ : constante = 0.7

g = la gravité = 9.81 N

D = diamètre du tuyau = 0.08 m

$$A = g D^5$$

$$B = \sqrt{A \frac{\alpha}{\psi}}$$

On veut calculer la quantité du liquide Q_l

$$Q_l = \frac{1}{1+q} \sqrt{\frac{\alpha}{\psi} \left(1 + q - \frac{1}{\alpha}\right) A}$$

Après les calculs on réduit l'équation comme suit:

$$Q_l^3 + [2Q_a]Q_l^2 + \left[Q_a - B + \frac{B}{\alpha}\right]Q_l - BQ_a = 0$$

C'est une équation du 3^{ème} degré avec $X = Q_l$

$$X^3 + [2Q_a]X^2 + \left[Q_a - B + \frac{B}{\alpha}\right]X - BQ_a = 0$$

Les solutions acceptées sont:

$$X \geq 0$$

Les Solutions refusées sont:

$$X < 0$$

10. L'interprétation de l'équation vers un programme en Matlab :

10.1. Le programme utilisé:

```
clear all;
g = 9.81;%la gravitation
psi = 0.7;%coefficient de
D = 0.08;%D=diamètre
A = g*D^5;
fileID = fopen('ql_qa.txt','w');
fileID1 = fopen('ql_q.txt','w');
fprintf(fileID,'%6s %12s\n','q','Qa');
fprintf(fileID,'%6s %12s\n','Ql','q');
for j=1:5
for i=1:1000
Qa(i) =0.001*i; %input ('entrer la valeur de Qa: la quantité de lair, Qa= ');
alpha =0.1*j;% input ('entrer la différence de la hauteur alpha, alpha= ');
B = sqrt(A*alpha/psi);
a = 1;
b = 2*Qa(i);
c = Qa(i)*Qa(i)+(B)*A*(1/alpha-1);
d = (B)*Qa(i);%d=coefficient différent de D! attention
myfun = @(X) X^3+(2*Qa(i))*X^2+(Qa(i)*Qa(i)+(B)*A*(1/alpha-1))*X-B*Qa(i);
% fonction of X=Ql=débit liquide
X = fzero(myfun,0.01);
%Trouver la racien de la fonction myfun avec solution initiale x0=0.01
Ql(i)=X;
q(i)=Qa(i)/Ql(i);%dbit spécifique
fprintf(fileID,'%6.2f %12.8f\n',q(i),Qa(i));
fprintf(fileID1,'%6.2f %12.8f\n',Ql(i),Qa(i));
end
subplot(2,1,1);
plot(q,Ql);
ylabel('Ql:débit liquide');
xlabel('q:débit spécifique');
hold on;
subplot(2,1,2);
plot(Qa,Ql);
hold on;
end
fclose(fileID);
fclose(fileID1);
ylabel('Ql:débit liquide');
xlabel('Qa:débit d'air');
```

Figure 39: Le code Matlab qui calcule alpha.

10.2. Le graphe produit :

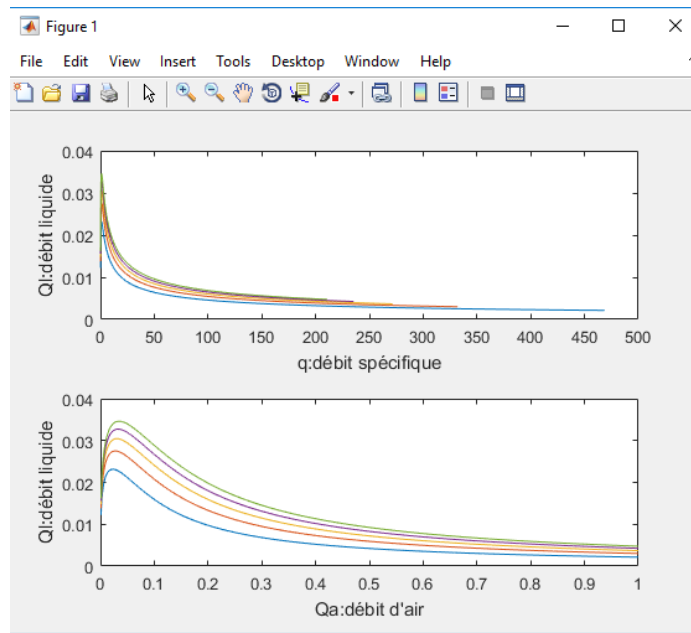


Figure 40: le graphe produit par le programme du Matlab.

11. Conclusion :

La représentation graphique des variations du débit liquide en fonction du débit d'air (établie par le programme de Matlab) pour des valeurs différentes de l'immersion relative fait apparaître l'existence d'un point optimal correspondant à un rendement maximum du système de l'air-lift, comme la montre la figure au-dessus (le graphe dessiné par Grapher).

Conclusion Générale :

Dans ce travail on a présenté les méthodes de résolution des problèmes de l'envasement et on a proposé les solutions pour éviter ou diminuer ce phénomène, par l'expérience "**air lifte**" dans le milieu d'ouvrage hydraulique.

Selon les moyens disponibles de l'école nationale polytechnique ENP, on a essayé de réaliser ces expériences dans la courte période de stage, et on a conclu quelques résultats:

- Le dragage par l'air nécessite des conditions très précises.
- Il y'a une relation entre la pression de l'air et la hauteur du niveau de l'eau.
- La pression de l'air a un point optimale pour avoir des bon résultats.
- Si la pression de l'air a dépassé ce point, on obtiendra des conséquences graves.

Mais cette solution de dragage n'est pas la plus appropriée pour tous les ouvrages, car il y'a les inconvénients concernant l'érosion et l'envasement.

Quelques techniques de dragage sont mise en place avec cette technique hydraulique, comme le dragage mécanique et le dragage pneumatique.

Bibliographie

1. cheggour, A. mesures de l'érosion hydrique a différentes échelles. 2008.
2. boiffin, j. *la dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action de pluies*. 1984.
3. al, leguedios et. *splash projection distance for aggregated soils*. 2005.
4. tunisienne, L. lajili **l'érosion hydrique en zone semi-aride**. 1999.
5. Leguedois, S. *mécanismes de l'érosion diffuse des sols*. 2003.
6. al, Auzet et. *Le Bissonnais, l'érosion hydrique des sols en france*. 2005.
7. Douglas, I. *sédiment yields from forested and agricultural lands*. 1969.
8. al, Govers et. *Soil roughness and overland flow*. 2000.
9. Govers, R.Gimenez et G . *Flow détachment by concentrated flow on smooth and irregular beds*. 2002.
10. Yalin. *Mechanics of sediment transport*. 1980.
11. P.Y.Julien. *Erosion and sedimentation*. 1994.
12. E.Maneux. *Erosion mecanique des transports fluviaux de matieres en suspension*. 1998.
13. *guide technique de la lutte contre l'érosion* . 2003.
14. Heusch, B. *L'érosion du Pré Rif occidental : une étude quantitative de l'érosion hydrique*. 1988.
15. E.Mokhtari. *Contribution à l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'Oued Cheliff – Ghrib*. 2009.
16. Roose,] E. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols*. 1994.
17. Cheggour, A. *Mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant*. 2008.
18. Roose, E. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols*. 1994.
19. Moeyersons, J. *Les glissements de terrain au Rwanda occidental : leurs causes et les possibilités de leur*. 1989.
20. A, P. Temple et. *Rapp, Landslides in the MGETA area, Western Ulugru mountains, Tanzania,*. 1972.
21. Neboit. *L'Homme et l'érosion. Fac. Lettres et Sc. humaines,*. s.l. : univ. Blaise Pascal,, 1991.
22. Antipolis, Sophia. *Plan Bleu, Centre d'activités régionales*. 2003.

23. OUMRANI.N. 2009.
24. al, REMINI et. 1997.
25. Valembois et Migniot. 1975.
26. Remini et Hallouche. 2007.
27. —. 2004.
28. Hallouche, Remini et. *Carte de la situation des barrages les plus menacés par l'envasement.*
29. LOUATI, BEN MAMMOU et. 2006.
30. al, SNOUSSI et. 1990.
31. ADDA, SIDI. 2005.
32. Lahlou, Abdelhadi. 1988.
33. MahiTabet, DEMMAK cité par. 1982 .
34. all, TERFOUS A et. 2003.
35. Herbich. 1992.
36. Bray. 2008.
37. kenneth et hardy. 1980.
38. —. 1980.
39. —. 1980.
40. Alliance Environnement. 2004.
41. Ottmann, O. 1985.
42. Schaw. 1920 .
43. Giot. 1979.
44. Clark. 1986.
45. GE.O.R.E. 2001.
46. PROBST, AMIOTTE.
47. j. j. p. Gerits, De Lima j. l m p. *Overland flow and érosion* . 1990.

الملخص:

نظرا لصعوبة استخراج بعض أنواع المائع من الآبار اخترنا دراسة نظام ض الهواء كمصدر للطاقة لدفع الخليط و من اجل تدعيم هذه النظرية قمنا بإبراز أهميته في مختلف المجالات مثل الكيمياء ، و معالجة المياه، و نظام النووي بعد ذلك قارنا هذه التقنية مع النتائج النظرية و إدخال المعارف المكتسبة في التطبيق العملي من اجل استنتاج المعايير المختلفة التي تميز هذا النظام.

و من بين هذه المحاور قمنا باقتباس نماذج سيلان ثنائي الأحوال من اجل استيعاب نوع الجريان في الأنابيب.
الكلمات المفتاحية: مضخة الهواء المضغوط، سيلان ثنائي الأحوال، خليط ماء هواء، أنبوب.

Résumé:

Devant la complexité d'exploitation de certain puits, le système de pompage par la technique air lift reste l'outil le plus facile, et économique. On a essayé de la représenter comme un système de levage, et citer son importance dans différents domaines tel que la chimie, le traitement des eaux, le système nucléaire,

Par la suite, on a testé cette technique par une étude théorique, puis introduire les connaissances acquises dans une application pratique. Dans le but comparer entre les résultats théorique et pratique, puis distinguer les différents paramètres qui caractérisent ce système,

On a introduit quelques notions de base sur l'écoulement diphasique, en citant ses modèles et configurations.

Mots clés : Air lift, écoulement diphasique, mélange air eau, immersion, conduite.

Abstract:

In front of the complexity of some operating wells, the pumping system by the air lift technique is the easier and economical tool. We tried to represent it as a lift system, and cited its importance in various fields such as chemistry, water treatment, the nuclear system, then, we tested this technique with a theoretical study and introduce the knowledge gained in practical application. In order to compare results between theory and practice, and distinguish the different parameters that characterizes this system.

We introduced generalities about the two-phase flow, while we quote his models and configurations.

Keywords : Air lit, two phase flow, air mixing water, conduct.