



UNIVERSITE HASSIBA BEN BOUALI CHLEF
Faculté de Geni civil et d'Architecture
Département d'Hydraulique

Spécialité: Hydraulique
Option : Ouvrages Hydraulique

Mémoire de Magister

Thème

**Effets de l'extraction des granulats sur la nappe
Alluviale d'Oued El-Harrach (Mitidja amont)-
Wilaya de Blida**

Présenté par : CHENAIFIA Djilali

Devant le Jury composé de:

Mr : ACHOUR D.	Professeur, UHB Chlef.	Président
Mr : REMINI B.	Professeur, USD Blida.	Promoteur
Mr : SAAD HAMOUDI A.	Professeur, UHB Chlef.	Examineur
Mr : REMAOUN M.	Maître de conférences, UHB Chlef.	Examineur
Mr : EZZIANE K.	Maître de conférences, UHB Chlef	Examineur

Mr: SAADHAMOUDIA. Professeur,

-2011

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné tout de patience et de courage pour accomplir ce travail.

Je remercie tout particulièrement monsieur REMINI Boualem, professeur à l'U.S.D de Blida, de m'avoir encadré et suivi mon travail avec ses précieux conseils.

Et messieurs les membres du jury :

Mr : ACHOUR D.	Professeur, UHB Chlef.	Président
Mr : REMINI B.	Professeur, USD Blida.	Promoteur
Mr : SAAD HAMOUDI A.	Professeur, UHB Chlef.	Examineur
Mr : REMAOUN M.	Maître de conférences, UHB Chlef.	Examineur
Mr : EZZIANE K.	Maître de conférences, UHB Chlef	Examineur

Mes meilleurs remerciements à mes parents, mes frères et sœurs ma petite et grande famille qui m'ont encouragés et aidés pour réaliser ce travail et à ma promotion de magister.

Mes remerciements les plus vifs à toutes les personnes de l'ANRH de Blida qui m'ont facilité la tache pour acquérir les documents et les matériels nécessaires à la réalisation de ce travail.

Mes sincères remerciements à mes enseignants du magister et tous mes enseignants du département d'hydraulique.

Mes remerciements les plus vifs à mes amies de la **D.R.E CHLEF**, je cite sur la tête de liste messieurs : BOURUINA.M, GUETARNI.L, HABIBI.B qui m'ont encouragés et aidés pour réaliser ce travail.

Mes remerciements les plus vifs à mes amies de **l'E.N.S.H de BLIDA**, messieurs : BEN ABED RABOU.S, LARIBI.Abelghani, HASBAYA.M, ZERFAOUI.L et toute ma promotion de **1991-1996**.

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Pollution hydrique et impacts écologiques

1. Introduction.....	3
2. Caractéristiques et qualités des eaux potables	
2.1. Caractéristiques organoleptiques.....	3
2.2. Caractéristique physiques.....	3
2.3. Caractéristiques chimiques.....	5
2.4. Caractéristiques bactériologiques.....	8
2.5. Contrôle de qualité.....	8
2.6. Les normes.....	9
3. La pollution de l'eau.....	11
3.1. Origine de pollution.....	11
3.2. Types de pollution.....	12
3.3. Effets de la pollution.....	13
4. Moyens de lutte.....	14
4. 1. Traitement des eaux de surfaces.....	14
5. Conclusion.....	27

Chapitre II : Impact potentiel des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

1. Introduction.....	28
2. Extractions dans le lit mineur des cours d'eau.....	28
3. Extractions dans le lit majeur des cours d'eau et les aquifères alluvionnaires.....	30
4. Extractions dans les zones humides.....	37
5. Extractions de roches massives.....	37
6. Analyse des effets directs et indirects de l'extraction des granulats alluvionnaires en eau sur l'environnement.....	37
7. Impacts négatifs et positifs possibles de l'extraction sur la physico-chimie des eaux.....	49
8. Evaluation des impacts environnementaux.....	54
9. Conclusion.....	62

Chapitre III: Zone d'étude et Mode d'analyses

1. Introduction.....	64
2. Présentation et caractéristique de la commune de Hammam Melouane.....	64
3. Morphologie et relief de la commune.....	66
4. Données climatiques.....	66
5. Hydrographie et hydrologie.....	66
6. Présentation de la zone d'étude.....	69

7. Historique et activités de la carrière SAUMBA.....	70
8. prélèvements.....	72
8.1.Généralité.....	72
8.2.Matériels utilisés.....	73
8.3.Modes de prélèvements.....	74
9.Matériels et modes d'analyses physico-chimiques.....	74
9.1. Paramètres physiques.....	74
1. Mesure du pH par la méthode électrometrique.....	74
2. Mesure de la conductivité électrique.....	75
3. Mesure des résidus secs.....	77
4. Mesure de la turbidité.....	78
9.2. Paramètres chimiques.....	80
1. Dosage du calcium.....	80
2. Dosage du calcium / magnésium.....	82
3. Dosage du sodium et de potassium par photométrie de flamme.....	84
4. Dosage des chlorures.....	85
5. Dosage des sulfates.....	86
6. pH, Carbonate, Bicarbonate, OH.....	87
7. Dosage des nitrates.....	88
10. Conclusion.....	91

Chapitre IV: Résultats et discussions

1.Introduction.....	92
2.Résultats d'analyses.....	92
3. Interprétation des résultats.....	93
3.1. Les eaux de surfaces (oued El-Harrach).....	93
1. Paramètres physiques.....	93
2. Paramètres chimiques.....	95
3.2. Les eaux souterraines (puits).....	101
1. Paramètres physiques.....	101
2. Paramètres chimiques.....	102
4. Conclusion.....	108
Conclusion générale.....	110

Références bibliographiques

Annexe I
Annexe II
Annexe III

Liste des tableaux

Tableau 1. Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité électrique (J.RODIER-1984).....	4
Tableau 2. Normes de l'eau potable « O.M.S »- normes physico-chimiques (J.RODIER-1984).....	11
Tableau 3. Description du phénomène de colmatage des berges d'une gravière (d'après A.DURBEC , 1986).....	41
Tableau 4. Détermination du débit moyen mensuelle ($Q_{\text{moy PHE}}$) de oued El-Harrach pendant la période des hautes eaux (P.H.E).....	68
Tableau 5. Détermination du débit moyen mensuelle ($Q_{\text{moy PBE}}$) de oued El-Harrach pendant la période des basses eaux (P.B.E).....	69
Tableau 6. Analyse physique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone amont de la carrière	93-a
Tableau 7. Analyse physique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone avale de la carrière	93-b
Tableau 8. Analyse chimique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone amont de la carrière.....	93-c
Tableau 9. Analyse chimique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone avale de la carrière.....	93-d

Liste des figures

Figure 1. Variation de la conductivité à 20°C en fonction de la nature des sels et de leur concentration (RODIER J-1984).....	5
Figure 2. Schéma de principe d'un filtre-presse à bande continue (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff,).....	17
Figure 3. Schéma de principe d'un filtre rotatif sous vide à pré couche (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff,).....	17
Figure 4. Schéma de principe d'un électrodialyseur : empilement de type filtre- presse de membranes alternativement anionique A et cationique C (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff,).....	19
Figure 5. Représentation schématique des différentes phases de la croissance d'une Culture bactérienne (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff,).....	25
Figure 6. Méthodologie de définition de l'espace de liberté.....	32
Figure 7. Capture du cours d'eau par la gravière.....	35
Figure 8. Représentation des trois modes de colmatage s'exerçant sur les berges et le fond de la gravière (a) externe, (b) interne et (c) physico-chimique (d'après MAC DOWELL-BOYER, 1986).....	42
Figure 9. Effets théoriques de l'implantation d'une gravière sur les écoulements souterrains (d'après PEAUDECERF, 1975). (a)gravière non colmatée, (b) gravière colmatée. Le morcellement des plans d'eau (c) et une bonne disposition des gravières par apport au sens d'écoulement (d) réduit l'impact.....	45
Figure 9 b. Effet de l'implantation d'une gravière en communication avec un cours d'eau sur la nappe alluviale	46
Figure 10. Situation géographique de la commune de Hammame Melouane	66
Figure 11. Oued El-Harrach à l'aval de la carrière	69
Figure 12. Oued El-Harrach traverse chef lieu de H.M (l'amont de la carrière).....	70
Figure 13. Village Magtaa lezreg sur 5km à l'amont du chef lieu de H.M c'est le point de formation d'oued El-Harrach (zone de référence).....	71
Figure 14. La carrière SOUMBA.....	72
Figure 15. Schéma de présentation des points de prélèvements à l'amont et à l'aval de la carrière.....	75-a
Figure 16. pH-mètre avec la burette de dosage (W.T.W).....	76
Figure 17. Conductimètre.....	77
Figure 18.a. Balance.....	79
Figure 18.b. Etuve réglable à 180 C°.....	79

Figure 19. Turbidimètre.2100P/HACH.....	81
Figure 20. UV spectromètre (Perkia Elmer).....	82
Figure 21. Flamme photomètre (scherwood) + servo trace.....	86
Figure 22.a. L'eau claire juste avant de la carrière sur 20m environ (point n°10).....	93
Figure 22.b. L'eau très turbide au niveau du point de rejet des eaux de lavage des granulats (point n°11)	93
Figure 23. Variation de la turbidité en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	95
Figure 24. Variation de la conductivité électrique en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	96
Figure 25. Variation de la concentration du calcium (Ca) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	97
Figure 26. Variation de la concentration du magnésium (Mg) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	97
Figure 27. Variation de la concentration du potassium (K) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	98
Figure 28. Variation de la concentration du sulfate (SO ₄) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	99
Figure 29. Variation de la concentration du bicarbonate (HCO ₃) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	100
Figure 30. Variation de la concentration du sodium (Na) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	101
Figure 31. Variation de la concentration du chlorure (Cl) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E).....	102
Figure 32. Variation de la turbidité en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....	102

- Figure 33.** Variation de la conductivité électrique en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....103
- Figure 34.** Variation de la concentration du calcium (Ca) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....104
- Figure 35.** Variation de la concentration du magnésium (Mg) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....105
- Figure 36.** Variation de la concentration du sodium (Na) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....105
- Figure 37.** Variation de la concentration du potassium (K) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....106
- Figure 38.** Variation de la concentration du chlorure (Cl) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....107
- Figure 39.** Variation de la concentration du sulfate (SO_4) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....108
- Figure 40.** Variation de la concentration du bicarbonate (HCO_3) en fonction de la distance x (m) pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour les eaux souterraines (puits).....109
- Figure 41.** Pourcentage d'hypertendus en fonction de l'apport journalier en chlorure de sodium-Source : Science et vie :Numéro 984 : Septembre 1999 - page 74-75.....110

Liste des abréviations

Abréviation	Nomenclature	Abréviation	Nomenclature
ANRH	Agence Nationale des ressources Hydriques	Na	Sodium
°C	Degré Celsius	N°	Numéro
Ca	Calcium	N.A	Norme Algérienne
CE	Conductivité électrique	NO ₂	Nitrites
Cl ⁻	Chlorures	NO ₃	Nitrates
CO ₃ ⁻²	Carbonate	O ₂	Oxygène
E.D.T.A	Ethyle Diamine Tétracétique	O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
Fe	Fer	OH	Hydroxyde
Fig	Figure	P.B.E	Période des basses eaux
g	Gramme	PE	Prises d'essai.
g/l	Gramme par litre	PH	Potentiel hydrogène
H.M	Hamam Melouane	P.H.E	Période des hautes eaux
K	Potassium	R. S	Résidu sec
l/j	Litre par jour	SO ₄	Sulfate
m	Mètre	TA	Titre Alcalimétrique
MES	Matière en Suspension	T°	Température
mg/l	Milligramme par litre	TAC	Titre Alcalimétrique Complexe
Mg ⁺²	Magnésium	µs/cm	Micro siemens par centimètre
M.O	Matières organiques	U.T.N	Unité de Turbidité Néphélométrique
MTH	Maladies à Transmission Hydriques	V	Volume
		%	Pourcentage

Introduction générale

L'extraction des granulats dans les oueds pose souvent des problèmes tels que :

- L'augmentation de la pente de la ligne d'eau en amont et l'érosion régressive,
- L'érosion progressive liée au déficit dans le débit solide de la rivière en aval,
- La déstabilisation des berges,
- L'augmentation de la vitesse de propagation des crues et réduction des champs d'inondation, par abaissement du lit de la rivière,
- L'abaissement du niveau des nappes alluviales et perturbations des relations rivière-nappe, notamment par colmatage ou abaissement excessif de la ligne d'eau
- L'augmentation de la vitesse d'écoulement vers l'aval par diminution du "coefficient de frottement" de la vallée (dans le cas de carrières en eau),
- De modifier le régime des écoulements superficiels, avec en particulier des débits d'étiage plus sévères du fait de l'altération du pouvoir tampon des nappes alluviales. Cet effet est d'autant plus sensible que le cours d'eau est de faible débit. Il peut effectivement induire l'altération de tous les milieux dont le fonctionnement est étroitement lié au régime des eaux (bras morts, par exemple),

Les impacts sur l'eau des extractions en roches massives, bien que moins importants que ceux des extractions de matériaux alluvionnaires, n'en sont pas moins réels. Ils résultent principalement des rejets de matières en suspension, résultat du lavage des matériaux et du lessivage de l'exploitation par les pluies (fronts de taille, stockages, pistes et installations). Ces rejets peuvent entraîner des perturbations de la qualité du milieu aquatique récepteur des eaux de ruissellement (augmentation de la turbidité et, dans certains cas, modification chronique de la qualité des eaux ou pollution accidentelle).

Certaines carrières de roches massives peuvent, dans certains cas, perturber l'écoulement des eaux souterraines et par fois peuvent polluer les eaux de surface et la nappe alluviale tels que notre cas d'étude où on constate l'existence de la carrière SOUMBA sur la rive droite d'oued El-Harrach par apport au sens d'écoulement au côté Nord-Est du chef lieu de la commune de Hammame Melouane sur une distance de 600m en viron. Cette carrière est destinée pour la production de différents granulats de construction à partir des roches de montagnes voisins d'oued El-Harrach et les eaux de lavage des granulats sont rejetées directement vers l'oued sans prévoir des prétraitements dont les eaux de surface devient très turbide à l'aval de la carrière et peuvent être pollué.

La question qui se pose donc, quel est le degré de pollution de ces eaux? Et quel est l'influence de ces eaux sur la nappe alluviale et sur le domaine agricole et la santé humaine? Si on prend en considération que ces eaux seront utilisées pour satisfaire les besoins d'irrigation de la plaine de Mitidja sur une superficie de 17180 ha à partir de l'ouvrage du transfère des eaux d'oued El-Harrach vers barrage Douera avec un volume transféré de 71 million de M³ sur une distance de 24.5 Km (Office national d'irrigation-W d'Alger).

A cet effet, la présente étude a été établie et elle contient les chapitres suivants :

Le premier chapitre traite la qualité des eaux et comment peut-on faire la distinction entre une eau polluée et une eau potable ? Et quelles sont les différentes origines de pollution ? Et quelles sont les différents procédés de traitement c.à.d les moyens de luttés contre la pollution des eaux ?

Le deuxième chapitre nous donne une image sur le potentiel des impacts de l'extraction des granulats sur les nappes alluviales et les milieux aquatiques, ce dernier représente une recherche bibliographique sur l'extraction des granulats au niveau des oueds à cet effet on a cité comme exemples l'extraction des granulats au niveau du bassin de Seine Normandie, bassin de l'Oise et de l'Aisne et la plaine du Perthois de la France car ils sont plus proches et similaires à notre cas d'étude.

Le troisième chapitre s'intéresse à la présentation de la zone d'étude et le mode des analyses physico-chimiques.

Le quatrième et dernier chapitre concerne les résultats d'analyses et la discussion.

Chapitre I

POLLUTION HYDRIQUE ET IMPACTS ECOLOGIQUES

1. Introduction

La pollution des eaux est l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du patrimoine naturel. Des dommages causés à ce milieu récepteur pourrait à long terme constituer un réel danger à l'humanité et mettre en péril la vie de la flore et de la faune aquatique.

2. Caractéristiques et qualités des eaux potables

Une eau d'alimentation doit être limpide, fraîche, de couleur .d'odeur, ainsi que de saveur désagréable. Pour mieux apprécier sa qualité, on a recours à l'examen de certaines propriétés analytiques.

2. 1. Caractéristiques organoleptiques

La détermination de ces paramètres doit référer par rapport aux normes établies à cette fin. Les normes de l'eau destinée à la consommation humaine de l'O.M.S.

- ◆ Couleur :- La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution .Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.
- ◆ Odeur :- Une eau destinée à l'alimentation doit être Inodore, toute odeur est un signe de pollution, ou de présence de matière organiques en décomposition.
- ◆ Goût :- L'ensemble des sensations gustatives perçues lorsque la boisson est consommée.

2. 2. Caractéristique physiques

- ◆ pH :- C'est un paramètre important qui permet de définir l'effet agressif d'une eau.
- ◆ La conductivité électrique :- La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement, la minéralisation globale d'une eau.

D'après RODIER J (1984) [1], il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité, étant donné

les erreurs inhérentes à la détermination de chacune de ces deux mesures. En effet, l'évaporation peut entraîner des transformations de la structure de certains sels : bicarbonates dissociés et donnant des carbonates, cristallisation des sulfates avec un certain nombre de molécules d'eau, si bien que le poids de l'extrait sec ne représente pas avec exactitude celui des sels dissous. D'autre part la mesure de la conductivité est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation.

Tableau 1. Calcul de la minéralisation à partir de la conductivité
(RODIER J., 1984) [1]

Conductivité uS/cm	Minéralisation mg/l
Conductivité < 50 uS/cm	1.365079. conductivité
Conductivité [50 à 166] uS/cm	0.947658. conductivité
Conductivité [166-333] uS/cm	0.769574. conductivité
Conductivité [333-833] uS/cm	0.715920. conductivité
Conductivité [833-10000] uS/cm	0.758544. conductivité
Conductivité > 10000 uS/cm	0.850432. conductivité

En fait, le calcul de la minéralisation à partir de la conductivité ne permet pas d'avoir une valeur exacte. Les différences entre les résidus secs et la minéralisation obtenue par cette méthode sont très fréquentes. La position ainsi offerte a surtout un intérêt dans le cas de vérifications de concordance ou dans l'étude de l'évolution d'une perturbation. Cependant la minéralisation globale d'une eau peut être calculée rapidement par l'une des formules suivantes :

- Minéralisation (mg/l) : $688000 \cdot \text{conductivité à } 20 \text{ }^\circ\text{C (S/cm)}$.
- Somme des anions ou des cations mé/l : $10 \cdot \text{conductivité à } 20 \text{ }^\circ\text{C (mS/cm)}$.

La minéralisation globale déterminée au moyen de ces formules est inférieure à celle obtenue par pesée de l'extrait sec. Elle ne s'en rapproche que pour les eaux de minéralisation moyenne, ayant une conductivité comprise entre 333 et 833 $\mu\text{S/cm}$. C.Richard et Nguyen Van Cu ont amélioré la concordance des résultats, ils utilisent des formules qui tiennent compte de l'importance de la minéralisation. Les calculs sont effectués d'après les formules montrées dans le tableau 1 (voir Fig 1).

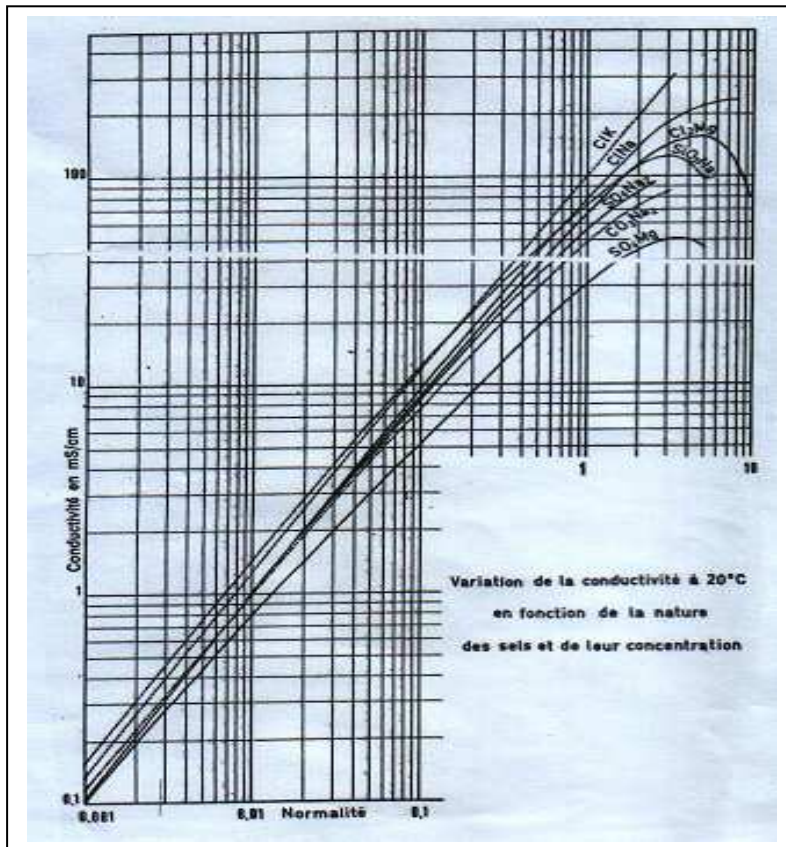


Fig 1 .Variation de la conductivité à 20°C en fonction de la nature des sels et de leur concentration (RODIER J., 1984) [1]

- ◆ Température :- Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 8 et 15° C. La température d'une eau potable est de 12° C.
- ◆ Résidus secs :- La détermination de résidu sec de l'eau permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et celles en suspension.
- ◆ Turbidité :- La turbidité d'une eau due à la présence des matières en suspensions finement

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont utilisées suivant les nécessités sur laboratoire.

2. 3. Caractéristiques chimiques

Toutes les eaux selon leurs origines et selon les terrains traversés contiennent des quantités variables d'espèces chimiques ioniques.

Le quasi- totalité de ces eaux réforment des cations et des anions majeurs. D'autres espèces peuvent exister en moindre quantité. Elle seront citées dans la rubrique relative indices de pollution.

♦ Sodium :-Le sodium (Na^{2+}) est un élément constant de l'eau. Il provient géologiquement de la lixiviation des dépôts en surface et en sous-sols tels que le chlore de sodium.

♦ Calcium :- Le calcium (Ca^{2+}) est un métal qui se trouve en particulièrement dans les roches calcaires sous forme de carbonate.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable

♦ Potassium :- La teneur en potassium (K^+) est relativement faible comparé à celle des autres cations. Sa présence est souvent constante dans les eaux naturelles et ne dépasse habituellement pas 10 mg/ l.

♦ Magnésium :- Le magnésium (Mg^{++}) est un des éléments les plus réponsus dans la nature. Le magnésium et le calcium sont les principaux éléments responsables de la dureté de l'eau.

♦ Sulfate :- La concentration en sulfate SO_4^{2-} des eaux naturelles est très variable et dépend essentiellement de la nature des terrains traversés.

♦ Nitrate :- Leur présence en faible quantité dans une eau est tolérable. On assiste ces dernières années à une croissance constante de la teneur en NO_3^- principalement due aux activités humaines agricoles.

♦ Chlorure :- Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variables et liées principalement à la nature de terrains traversés (INSEP-Bougara-w de Blida- Mars 2006).

♦ Alcanite d'une eau TAC et TA :- D'après BERNE F & CORDONNIER J (1991)[2], l'alcanite d'une eau est mesurée par la somme des anions hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes alcalins (Na^+) ou alcalino- terreux (Ca^{+2} , Mg^{+2}) et est exprimée par le titre alcalimétrique complet « TAC ».

Le TAC (Titre Alcalimètre Complet ou Total Alkalinity) est une mesure qui indique la quantité de bicarbonates présents dans l'eau. Les prélèvements des eaux de surfaces sont effectués à 30 cm de profondeur et l'amener dans une petite bouteille que vous stockerez à l'abri de la chaleur et de la lumière durant le transport.

Si le TAC est trop élevé :

- un dépôt blanchâtre peut apparaître au niveau de la ligne d'eau,
- il est difficile de faire varier le pH (si le TAC est élevé, le pH est généralement élevé lui aussi. Plus le TAC est fort, plus il faudra ajouter d'acide (solution A) pour faire baisser le pH. Notez que l'acide fait baisser simultanément le pH et le TAC).

Si le TAC est trop faible :

- le pH devient instable et peut varier à la moindre perturbation (complément d'eau, variation de pression atmosphérique, pluie, traitement, baignade ou apport même faible d'acide),
- Il convient d'ajouter du bicarbonate de soude pour faire remonter le TAC.

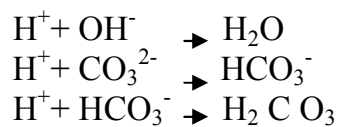
Notez que cet ajout va également faire remonter le pH. Si une fois le TAC corrigé vous obtenez un pH trop fort, faites-le redescendre en utilisant du bisulfate de sodium (poudre) plutôt que de l'acide chlorhydrique.

Lors de pH inférieur à 8,3, le TAC est mesuré par acidification du milieu jusqu'à virage l'hélianthine « méthylorange » et le TAC exprime alors teneur en hydrogénocarbonates.

Lors de pH supérieur à 8,3, il peut avoir coprésence de carbonates successifs :

- Titration à l'acide avec la phénolphthaline dont le virage à l'incolore s'effectue en dessous de pH 8,3, ce qui mesure le titre alcalin ou TA.

- Après addition d'hélianthine poursuite de la titration jusqu'au virage à l'orange, ce qui pour la totalité de l'acide versé mesure le TAC. Les réactions successives ont pu être :



Suivant les rapports entre TA et TAC, les fractions des trois anions concernés sont données dans le tableau suivant : (BERNE F & CORDONNIER J, 1991) [2]

Si	TA = 0	TA < TAC	TA = TAC/ 2	TA > TAC/ 2
HCO ₃ ⁻	TAC	TAC - 2TA	0	0
CO ₃ ²⁻	0	2 TA	TAC	2 (TAC - TA)
OH	0	0	0	2 TA - TAC

TH : Elle est mesurée par la somme des concentrations en degrés de Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ et s'exprime par le TH.

Le TH peut se subdiviser en T_{ca} titre calcique et T_M titre en (Mg) :

$$\text{TH} = \text{T}_{\text{Ca}} + \text{T}_{\text{M}}$$

Donc :

Le TA représente le titre en hydroxydes et la moitié de celui en carbonate.

TA = TAC/ 2 signifie la seule existence de basses fortes OH⁻.

Le TAC lui-même est appelé dureté temporaire, l'eau est dite bicarbonate calcique

Et on a :

TH = dureté permanente + dureté temporaire.

T.H = dureté totale.

TH - TAC = dureté permanente

TAC = dureté temporaire.

2. 4. Caractéristiques bactériologiques

Une eau d'alimentation ne doit renfermer aucun germe pathogène. C'est la recherche de la présence éventuelle de certains germes tests faciles à identifier, que l'on peut avoir une idée de la valeur bactériologique d'une eau.

- Si de nouvelles analyses viennent confirmer les faits constatés les coliformes fécaux, escherichia Coli, et les colostridium sulfite réducteurs. BERNE F & CORDONNIER J (1991) [2] ont cité les caractéristiques bactériologiques suivantes :

- ◆ Escherichia Coli:- Est un germe qui vit dans l'intestin de l'homme et des animaux. C'est un indicateur direct d'une pollution fécale.
- ◆ Streptocoque :- Les streptocoques se retrouvent dans le sol et dans l'eau. Ils sont tués par pasteurisation et par de nombreux désinfectants. Ils sont sensibles aux antibiotiques comme la pénicillines et tétracycline.
- ◆ Clostridium :- Les colostridium se retrouvent dans le sol et dans la vase et survivre longtemps dans l'eau.
- ◆ Germes totaux :- Germes aérobies mésophiles se développent sur un milieu aérobie non sélectif à 20°C en 72 heures ou 37°C en 24 heures. (Certains anaérobies facultatifs sont également comptabilisés par cette méthode)
- ◆ Coliformes totaux :- Ce sont des organismes en forme de bâtonnets, non sporogènes gram-négatifs, oxydoses négatives capables de croître en aérobie à 37 °C sur un milieu lactose.
- ◆ Coliformes fécaux :- Les coliformes fécaux présentent les mêmes propriétés que les précédents mais on les fait incuber à 44°C.

Le mode opératoire peut être comme précédemment à basse d'un ensemencement sur milieu liquide après diverses dilutions .On calcule ensuite le nombre le plus probable de coliformes.

2. 5. Contrôle de qualité

L'eau est un des aliments les plus surveillés et doit être contrôlée rigoureusement tout au long de son parcours : aux points de captage, dans les stations de traitement, dans les réservoirs et les réseaux. Des échantillons sont prélevés aux différentes étapes de la production et de la distribution, à savoir :

- Sur l'eau captée (eau brute : pour connaître les caractéristiques chimiques et bactériologiques).
- Sur l'eau traitée (sortie des filtres et après colorations).
- Dans les châteaux d'eau et réservoirs situés sur les réseaux.

- Sur les conduites (chez des abonnés, sur une bouche d'incendie placée en culde- sac...)

Ces échantillons sont analysés dans des laboratoires agréés afin de garantir la qualité de l'eau et sa potabilité. L'eau du robinet soit satisfaire à des normes strictes imposées par la législation nationale ainsi que l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) (INSEP-Bougara-w de Blida- Mars 2006) [3].

2. 6. Les normes

D'après ROUX M (1987) [4], Les normes des eaux en vigueur sont multiples dans le monde et sensiblement différentes.

Il faut faire une distinction entre :

- Les normes internationales élaborées par l'Organisation Mondiale de la santé à partir des études entreprises par l'E.P.A (Environmental Protection Agency).
- Les normes européennes édictées par les communautés européennes sous la forme d'une directive publiée au journal officiel de la CEE.
- Les normes nationales établies par référence à celles de l'OMS ou de la CEE. (En France, les autorités ministérielles ont élaboré des textes à partir des travaux associés de l'AFNOR et de laboratoires agréés).

Cette présente étude a été basée sur les paramètres physico-chimiques selon les normes de l'O.M.S (Voir tableau 2), vu l'impact de l'extraction des granulats sur les paramètres physico-chimiques des eaux de surface et de la nappe alluviale.

Tableau 2. Normes de l'eau potable « O.M.S »- normes physico-chimiques.
(ROUX M -1987) [3]

Paramètres mesurés	Recommandations
pH	6,5 – 8,5
Conductivité (μ s/cm)	≤ 1500
Température ($^{\circ}$ C)	12 – 25
Turbidité	≤ 5 UTN (unité de turbidité néphélométrique)
Nitrite (mg/l)	0,1
Nitrate (mg/l)	50
Phosphates (mg/l)	50
Matières organiques (mg/l)	0,5
Calcium (mg/l)	100
Magnésium (mg/l)	50
Sodium (mg/l)	150
Potassium (mg/l)	12
Bicarbonate (mg/l)	400
Sulfates (mg/l)	250
Chlorure (mg/l)	200
Zinc (mg/l)	0,3
Fer (mg/l)	0,05
Cuivre (mg/l)	1
Cadmium (mg/l)	0,001
Pesticide (mg/l)	0,01
Mercure (mg/l)	0,001
Manganèse (mg/l)	0,005

3. La pollution de l'eau

L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physico-chimiques et/ou biologique et bactériologique de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux

3. 1. Origine de pollution

La pollution microbiologique et physico-chimique sous toutes formes, peut gêner un usage ultérieur de l'eau, elle est surtout susceptible de dégrader la qualité de l'eau au point de porter atteinte à la vie aquatique.

Les origines de la pollution des eaux sont multiples, parmi lesquels on cite :

- 1- industrie
- 2- Agriculture
- 3- Domestique
- 4- Biologique

1. Industrie :- Elle a toujours eu une part prépondérante dans la pollution de la rivière, des plans d'eau et de la mer malgré les efforts entrepris pour réduire les volumes de polluants rejetés.

L'utilisation accrue de composés chimique ou organique dans les procédés de fabrication rend les rejets de plus en plus toxiques. Elle engendre aussi d'autres nuisances comme le réchauffement des eaux, le dessalement des eaux littorales.

2. Agriculture :- L'usage de plus en plus généralisé d'engrais et de pesticides pose un grave problème de pollution au niveau des nappes d'eaux souterraines, les engrais non assimilés par les cultures sont disséminés par l'intermédiaire de certains événements, comme l'arrivée impromptues d'une pluie, et enrichissement en nitrates les eaux d'infiltration.

3. Domestique :- Elle contribue ainsi, pour une part significative à la dégradation de la qualité biologique des eaux. La masse de matière organique rejetée et l'utilisation de plus en plus poussée des détergents sont les causes principales de cette pollution.

4. Biologique :- Les êtres vivant eux même peuvent être à l'origine de perturbation, sous l'influence de certain facteur naturel (ou des pollutions précitées), des algues peuvent se développer de façon explosive et produire des métabolites toxiques pour les autres espaces.

A cette pollution permanente s'ajoute la pollution exceptionnelle liée aux déversements intempestifs ou aux accidents de transport.

Les mesures prises pour stabiliser ou réduire ces diverses pollution sont l'implantation des stations d'épuration pour les eaux usées et les stations de traitements pour les eaux potables, mais certain procédés d'élimination de produit toxiques sortent à peine du stade expérimental.

3. 2.Types de pollution

Les principales sources de pollutions sont :

1. Physique (mécanique)

Des charges importantes de déchets (matières solides) peuvent occasionner l'obturation des canalisations. Les sources principales de cette pollution sont :

- Les ateliers de traitement de surface.
- Les cimenteries.
- Les industries minières.

2. Chimique

Elle est générée par la quasi-totalité des industries utilisant des réactifs ou des produits chimiques. Il existe deux grandes catégories principales :

- polluants minéraux : les métaux, les oxydes et sels des métaux (halogénures, nitrates, sulfates...).
- polluants organique : les colorants, les détergents, les huiles, les solvants et les divers composés organique.

3. Thermique

Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau chaude et peut déclencher une série de modification qui affectent toutes les caractéristiques des eaux et les équilibres biologiques.

La chaleur et l'eau chaude résultant de nombreux processus industriels, c'est en particulier des sous produits de l'activité des centrales thermique et nucléaire.

4. Bactérienne

Cette pollution pose souvent des problèmes d'hygiène publique entraînant souvent des infections et des contaminations par des verus.

Elle est due aux activités suivantes :

- les industries pharmaceutiques.
- les industries agro-alimentaires.
- les hôpitaux.

3. 3. Effets de la pollution

L'eau peut être un facteur formidable de risque.

- Les déversements d'eau d'égout et d'effluent de station d'épuration sont la source d'une pollution microbienne significative, dangereuse pour l'homme et les animaux.
- Les rejets d'origine industrielles ou en agriculture, l'usage des engrais sont à l'origine des pollutions physico-chimiques et organiques susceptibles de dégrader la qualité des milieux nécessaire à la vie aquatiques.

On distingue donc :

- Les risques pour la santé, liés à une mauvaise qualité de l'eau sur le plan microbiologique.
- Les risques pour l'environnement, liées à la dégradation de qualité biologique des rivières et autres plans d'eau soumis à diverses pollutions.

3. 4. Risques liés à la consommation (les maladies)

Les maladies à transmission hydrique qui font l'une de l'actualité nationale, sont l'expression directe du microbien qui menace notre environnement.

ROUX M (1987) [4] a défini la transmission des maladies hydriques à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par des micro-organismes pathogènes.

1. Affection d'origine virale

L'affection d'origine virale est défini par :

a/ Hépatites virale :- Cette maladie est causée par un entérovirus, c'est le virus de l'hépatite. Ce virus peut survivre dans l'eau et la contamination humaine se fait par l'intermédiaire de cette eau ou d'aliments souillés.

b/ La poliomyélite :- C'est une maladie redoutable entraînent une lourde mortalité et laissant des paralysies souvent définitives. La transmission se fait par voie digestive, soit indirectement par l'eau et les aliments souillés, soit par les mouches qui véhiculent le virus.

2. Décalcification osseuse

Elle est due à une diminution de la teneur en calcium de l'organisme particulièrement les os et les dents. La décalcification entraîne de différent trouble qui se manifeste chez l'enfant par un rachitisme (calcification insuffisante) et chez l'adulte, par une ostéoporose (porosité des tissus osseux) ou une ostéomalacie (ramollissement et déminéralisation des os).

3. Autres maladies à transmission hydrique d'origine chimique

Les polluants chimiques présentent tels que les nitrates, l'arsenic et le plomb présentent un grand danger de toxicité si leur concentration dépasse une certaine moyenne dans l'alimentation.

Une vigilance particulière s'impose à l'égard de ce type de polluant car ils constituent un problème majeur pour la santé publique en particulier dans les pays en voie de développement (O.M.S.1992) parmi les nombreuses maladies d'origine chimique causées par l'eau on cite :

a/ Intoxication par les nitrates (cyanose) :- D'après l'O.M.S (1996), les fortes concentrations de nitrates dans l'eau sont préoccupantes, et peuvent avoir des conséquences graves, voir fatales pour les enfants de moins de six mois, les nitrates sont réduits et une fois absorbés se combinant à l'hémoglobine pour former de la méthémoglobine qui deviendra incapable de fixer l'oxygène et le transporté des poumons vers les tissus et il ne résulte une cyanose grave « syndrome de l'enfant bleu », les adultes et les enfants d'âge scolaire ne sont pas sensibles à l'exposition aux concentrations courantes de nitrates et nitrates dans l'eau de boisson.

b/ Le saturnisme :- C'est un ensemble de manifestation dues à une intoxication par le plomb ou par les sels de plomb, ces derniers sont lentement éliminés, ce qui entraîne l'accumulation de plomb d'abord dans les os puis dans les autres tissus.

Le saturnisme est due le plus souvent à l'absorption d'eau du robinet dans les immeubles aux canalisations plombées et défectueuses furent à l'origine de nombreux cas de saturnisme qui se manifeste par :

1. Intoxication aigue :- Se traduit par des douleurs abdominales intense avec diarrhées et vomissement, une polynévrite (atteint du système nerveux périphérique) et des convulsions qui sont parfois mortelles.
2. Intoxication chronique :- En plus des symptômes de l'intoxication aigue, il s'y ajoute des troubles comportement, des pertes de mémoire et hypertension artérielle.

4. Moyens de lutte

Quelque soit sa provenance, l'eau captée en milieu naturel est dirigée vers le réseau de distribution après avoir subi au moins un traitement préventif préalable.

4. 1.Traitement des eaux de surfaces

La composition des eaux de surfaces est variable, elle peut contenir des bactéries, de la matière en suspension, des algues, des substances organiques qui peuvent présenter un

goût et une odeur désagréable. Les eaux de surfaces sont les plus exposées à la pollution et nécessitent donc un traitement plus élaboré.

D'après Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff (2002) [5], ce traitement exige plusieurs étapes :

- ◆ Procédés mécaniques
- ◆ Procédés physiques
- ◆ Procédés chimiques
- ◆ Procédés biologiques

1- Procédés mécaniques

- Les opérations essentielles relevant des procédés mécaniques sont le dégrillage, le dessablage, le tamisage, la filtration, la centrifugation et le déshuilage.
- Le dégrillage est l'opération qui consiste à retenir à l'aide de grilles les solides contenus dans les eaux usées. Il est assuré soit par une grille à nettoyage manuel soit par une grille à nettoyage automatique dite grille mécanique.
- Le dessablage vise aussi à éliminer les parties denses de l'effluent dès le début du traitement. Certains dessableurs, tels que les dessableurs à canaux fonctionnent par simple décantation naturelle, d'autres comme les dessableurs tangentiels utilisent l'effet de la force centrifuge.
- Le tamisage est une opération s'apparentant au dégrillage mais avec des débits bien inférieurs car l'élément actif est une grille plus fine ou une toile métallique ou un tissu. Les tamis peuvent être à écoulement gravitaire, vibrants ou rotatifs.
- La filtration fait appel à de très nombreux types de filtres sous pression ou sous vide dont les plus utilisés sont du type rotatif à tambour ouvert. Les filtres à couches utilisent des couches de matériaux minéraux tels que sable, gravier et charbon (Fig 2 & 3).

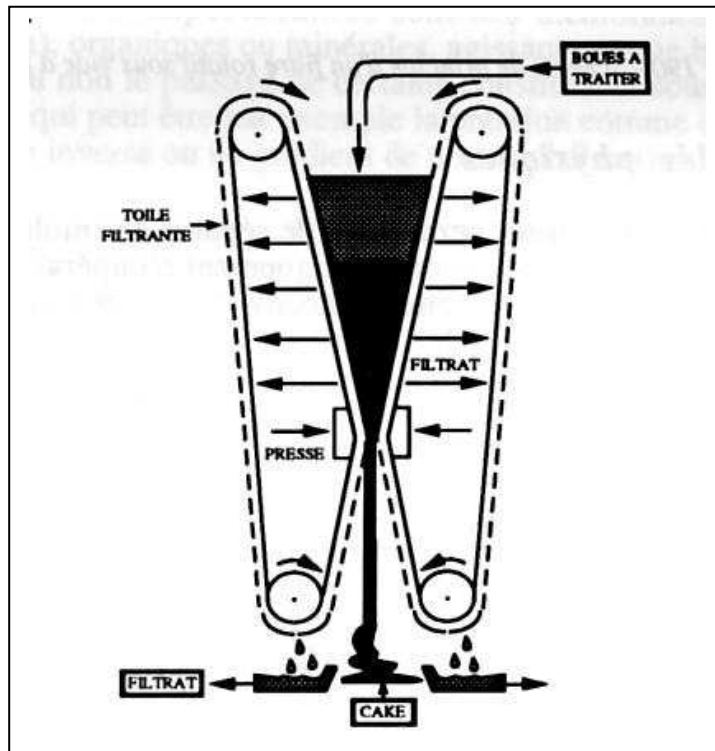
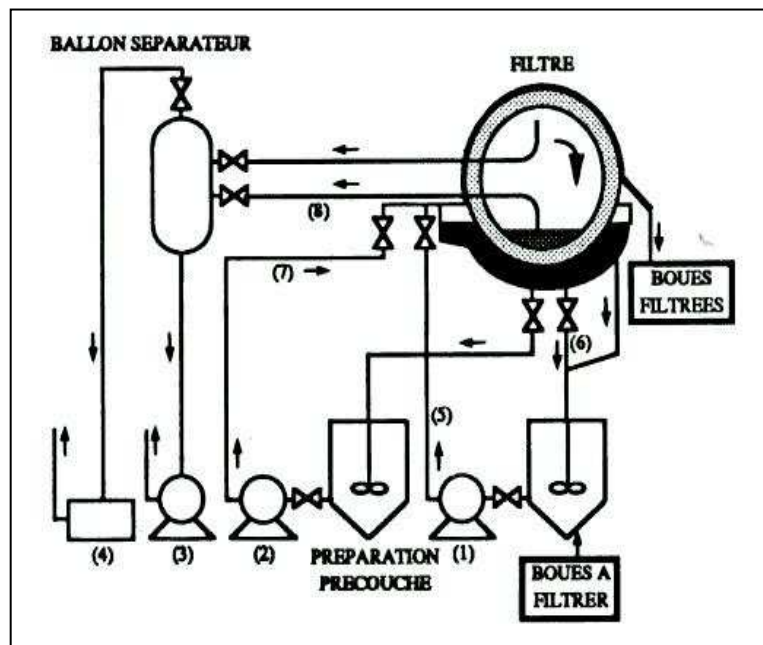


Fig 2 - Schéma de principe d'un filtre-pressé à bande continue (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff,) [5]



(1) : pompe à boues; (2) : pompe à précouche; (3) : pompe à filtrat; (4) : pompe à vide (5) : boues à traiter; (6) : trop-pleins et vidanges; (7) : précouche;

Fig 3 - Schéma de principe d'un filtre rotatif sous vide à précouche (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff., 2002) [5]

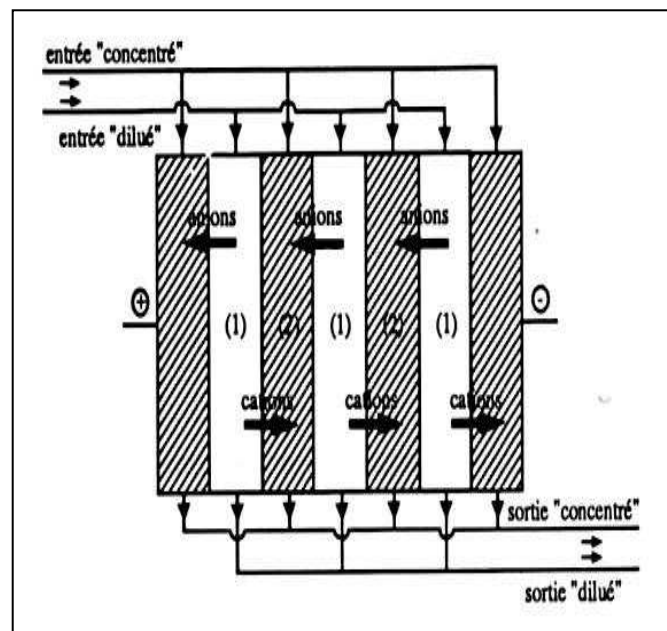
2- Procédés physiques

- Les procédés Physiques permettant de séparer des molécules ou des espèces ioniques indésirables, ou économiquement récupérables, de leur environnement liquide ou gazeux mettent en oeuvre diverses techniques telles que la décantation, la flottation, le dégazage et le stripping, l'adsorption, l'extraction liquide-liquide, la filtration sur membrane.
- La décantation qui est la séparation de deux phases par gravité pourrait être aussi classée parmi les procédés mécaniques.
- La flottation ou aéroflottation est un procédé d'épuration des eaux usées constituant à insuffler de l'air sous pression qui fait remonter à la surface les espèces présentes sous forme colloïdale ou en suspension.
- Le dégazage physique vise à éliminer les gaz dissous qui peuvent être des polluants (SO₂, H₂S) mais aussi des agents de corrosion ou d'entartrage (O₂, CO₂).
- Il existe de nombreux types de dé gazeurs thermiques, fonctionnant sous vide ou le plus souvent sous pression, dont le principe consiste toujours à balayer les gaz dissous par un grand volume de vapeur. Un cas particulier est le stripping qui consiste en un entraînement d'un gaz ou d'un produit volatil dissous par un flux gazeux circulant à contre-courant constitué d'air, de vapeur d'eau, de gaz carbonique, de gaz naturel, de gaz de fumées, etc.
- L'adsorption de polluants à l'état gazeux ou à l'état liquide peut être réalisée à l'aide de matériaux poreux. Le plus utilisé d'entre eux pour l'épuration industrielle est le charbon actif.
- L'extraction liquide-liquide est mise en oeuvre dans certains cas pour l'élimination et la récupération de rejets organiques toxiques. C'est le cas pour la récupération des phénols des effluents de cokeries ou de raffineries de pétrole avec le procédé Phenosolvan utilisant le mélange benzène-iisopropyléther, (CH₃)₂CH-O-CH (CH₃)₂, noté DIE.
- Les techniques membranaires sont largement utilisées étant donné leurs nombreux avantages tels que fiabilité, simplicité, économie car la séparation s'effectue sans changement de phase. Les membranes poreuses ou semi-perméables sont des membranes très minces (épaisseur = 1mm), organiques ou minérales, agissant comme barrière sélective permettant ou non le passage de certains constituants sous l'effet d'une force de transfert qui peut être par exemple la pression comme dans l'ultrafiltration et l'osmose inverse ou un gradient de potentiel électrique comme dans l'électrodialyse.
- L'osmose inverse et l'ultrafiltration sont des procédés de séparation moléculaire en phase liquide se distinguant par la taille et la masse moléculaire des espèces séparées. L'ultrafiltration qui utilise des pressions de 2 à 10 bar permet d'arrêter les molécules

de masses moléculaires supérieures à 500. Au-dessous de 500 on entre dans le domaine de l'osmose inverse (développées pour le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres) consistant à appliquer une pression, 30-60 bar, supérieure à la pression osmotique de façon à provoquer un passage du solvant du compartiment de la solution concentrée vers le compartiment de la solution diluée.

- L'électrodialyse permet, sous l'influence d'un champ électrique continu, d'extraire les espèces ionisées minérales ou organiques contenues dans une solution par migration au travers de membranes. Ces dernières sont des membranes échangeuses d'ions appelées aussi semi-perméables ou permselectives ne laissant passer que les cations ou anions (fig 4).

- La pervaporation réalise le fractionnement de mélanges de liquides en les vaporisant à travers une membrane. On a développé des membranes hydrophiles laissant passer l'eau mais retenant la phase organique et des membranes organophiles.



(1) : compartiments de dilution; (2) : compartiments de concentration.

Fig 4. Schéma de principe d'un électrodialyseur : empilement de type filtre-press de membranes alternativement anionique A et cationique C (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff., 2002) [5]

3- Procédés chimiques

a/ Coagulation-floculation

- Une partie des polluants des eaux d'origine industrielle est sous forme de suspension colloïdale avec de faibles tailles de particules. Les particules chargées de façon identique se repousseront et, plus leur taille est faible, plus la répulsion augmente. Pour des tailles comprises entre 0,001 et 2 μ on obtient une suspension stabilisée non décantable dite colloïdale.

- La coagulation consiste à introduire dans l'effluent un produit capable de décharger les colloïdes généralement électronégatifs en neutralisant ou même en inversant les charges de surface des matières en suspension c'est-à-dire en provoquant une diminution ou une inversion du potentiel zêta.
- La floculation est l'agglomération des colloïdes déchargés. Elle résulte l'une série de collisions successives favorisées par une agitation mécanique. Un floculant est donc surtout un composé qui a une action de pontage interparticulaire. Il augmente la vitesse de formation, la cohésion et la densité des floccs.
- Les principaux coagulants sont des cations ajoutés sous forme de produits minéraux comme le sulfate et le chlorure d'aluminium, le sulfate et le chlorure ferrique, le sulfate ferreux, la chaux combinée au sulfate l'aluminium.
- Les floculants les plus utilisés sont des polyélectrolytes c'est-à-dire des macromolécules possédant des groupes anioniques ou cationiques. On utilise aussi des composés non ioniques mais porteurs de groupes très polaires conduisant à des pontages entre les particules.
- Parmi les floculants naturels on trouve les dérivés amylicés tels que l'amidon de maïs, les amidons modifiés, la fécule de pomme de terre.
- Les floculants synthétiques ont très nombreux. Ce sont soit des polyélectrolytes cationiques qui peuvent donc supplanter les cations métalliques des composés minéraux, soit des polyélectrolytes anioniques ou non ioniques qui jouent uniquement le rôle de floculants.
- Des adjuvants de floculation favorisent si nécessaire la croissance des floccs. Ce sont par exemple des silices activées, des aluminosilicates (bentonites), des argiles.
- La différenciation formelle entre coagulants et floculants apparaît arbitraire dans le cas de certains produits qui assurent simultanément les deux fonctions comme par exemple les polychlorosulfates basiques d'aluminium.



- Il peut paraître paradoxal que des polyélectrolytes soient aussi utilisés comme fluidifiants. En fait il s'agit alors de polymères de masse moléculaire suffisamment faible (4000 pour un polyacrylate de sodium utilisé comme agent fluidifiant de calcite CaCO_3) pour ne pas s'adsorber sur plusieurs particules en même temps et provoquer des pontages. Les polymères floculants ont eux des masses moléculaires élevées pouvant atteindre plusieurs millions.

b/ Neutralisation

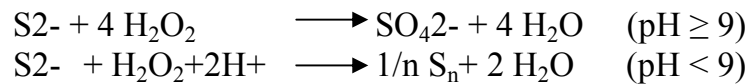
- Les effluents de certaines industries présentent des valeurs de pH incompatibles avec les normes de rejets dans le milieu naturel. En effet, la vie de ces milieux est compromise pour des $\text{pH} < 5,5$ et des $\text{pH} > 8,5$.
- Hormis cet aspect décisif, le pH a souvent une forte influence sur l'aptitude à la dispersion ou à la précipitation de différents composés, sur l'activité bactérienne et par conséquent sur la capacité d'autoépuration des cours d'eau ainsi que sur les problèmes de corrosion.
- Si l'on se trouve hors de la fourchette ($5,5 < \text{pH} < 8,5$) il est nécessaire de procéder à une neutralisation. Il est préférable que le pH final soit compris entre 6,5 et 7,5.
- La neutralisation des eaux acides s'effectue au moyen de solutions (ou de suspensions) de chaux, de carbonate de sodium, de soude. Des matériaux basiques insolubles comme CaCO_3 ou la dolomie CaCO_3 , MgCO_3 peuvent servir simultanément d'agents neutralisants et de matériaux filtrants.
- La neutralisation des eaux alcalines utilise des acides courants H_2SO_4 , HCl et des gaz comme SO_2 ou CO_2 que l'on insuffle au sein de l'eau à traiter.
- Ces opérations sont très simples à réaliser mais la neutralisation peut provoquer des effets induits : précipitation, dissolution, dégagements gazeux importants, etc.

c/ Précipitation

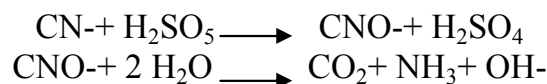
- La précipitation est une méthode largement utilisée pour éliminer les composés polluants solubles par ajout d'un agent précipitant. On peut aboutir à une séparation quasi parfaite de l'eau et des impuretés en précipitant un composé possédant un très faible produit de solubilité.
- Les exemples d'utilisations industrielles de traitements d'eaux résiduaire par précipitation sont extrêmement nombreux. Il s'agit souvent de précipiter des hydroxydes ou des sels métalliques peu solubles tels que des carbonates, des phosphates, des sulfates. On peut citer les opérations de déphosphatation chimique par précipitation du sel ferreux et floculation à l'aide d'un polyacrylamide. La précipitation est toujours suivie d'une autre opération physique ayant pour but la séparation de la phase solide précipitée (floculation, décantation, flottation, filtration, centrifugation). Ces derniers traitements peuvent être grandement affectés par la qualité du précipité : ainsi, un solide formé de gros cristaux présentera une résistance à la filtration beaucoup moindre qu'un précipité amorphe, colloïdal provoquant facilement des phénomènes de colmatage.

d/ Oxydo-réduction

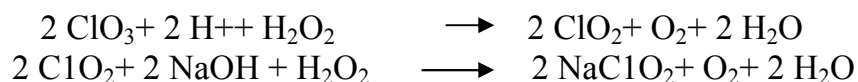
- Les oxydants classiques utilisés pour le traitement des eaux sont l'oxygène et l'ozone O₃, les percomposés comme le peroxyde d'hydrogène H₂O₂ et les peroxyacides minéraux ou organiques et leurs sels, le chlore et ses dérivés.
- Le peroxyde d'hydrogène permet l'élimination des cyanures, des nitrites, des sulfures, etc. Dans le dernier cas les réactions sont les suivantes :



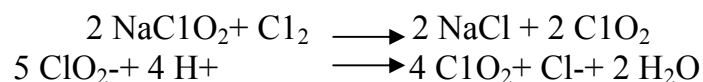
- L'acide de Caro H₂SO₅ a acquis une grande importance dans le traitement des effluents contenant des complexes de cations métalliques avec le ligand CN⁻. En effet, lors du traitement classique d'eaux résiduaires cyanurées par l'hypochlorite, il se forme parfois des produits organochlorés difficilement dégradables. L'acide de Caro permet l'élimination de CN⁻ sans ce risque suivant les réactions principales :



- Les dérivés oxydants du chlore sont nombreux. Les plus courants sont les hypochlorites ClO⁻, les chlorites ClO₂⁻, le dioxyde de chlore ClO₂, les chlorates ClO₃⁻ et les perchlorates ClO₄⁻. A titre d'exemple, on peut noter que le dioxyde de chlore est utilisé pour la purification de l'eau et le blanchiment des textiles mais c'est un gaz instable qui ne peut être stocké ou transporté. Il est donc produit sur les lieux d'utilisation à partir du chlorite de sodium NaClO₂. On réalise donc successivement en usine les opérations de réduction du chlorate (par SO₂ ou Cl⁻ ou H₂O₂) et d'obtention de NaClO₂:



- Pour l'utilisation à la station de traitement des eaux de consommation, NaClO₂ est retransformé en ClO₂ par oxydation par le chlore ou par simple dismutation en milieu acide (HCl) :



- Les procédés électrochimiques classiques concernent la réduction cathodique destinée notamment à la récupération de métaux comme le cuivre à partir d'eaux résiduaires provenant par exemple d'opérations de décapage et l'oxydation anodique éliminant des composés difficilement biodégradables tels que des composés nitrés aromatiques.

- Des applications indirectes sont aussi mises en oeuvre comme la désinfection électrolytique par électrolyse d'eau de mer et utilisation de l'effet bactéricide du chlore formé ou la flottation provoquée par les dégagements gazeux aux électrodes qui entraînent en surface différents polluants (graisses, boues).

e/ Echange d'ions

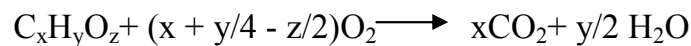
- L'échange d'ions sur des résines, constituées d'une charpente macromoléculaire tridimensionnelle présentant des groupes actifs ionisables pouvant échanger leurs contre-ions avec ceux de la solution à traiter, est utilisé pour le traitement de certaines eaux usées industrielles (élimination de cations métalliques, d'anion CN^- , etc.). L'utilisation conjointe de résines anionique et cationique permet une déminéralisation extrêmement poussée de l'eau dont la résistivité peut alors atteindre des valeurs supérieures à 105 cm.

4- Procédés biologiques

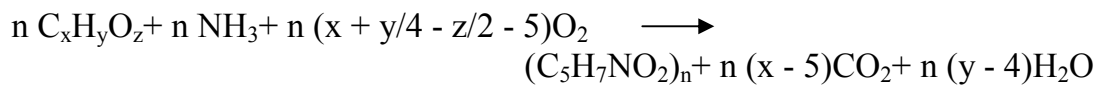
a/ Introduction, définitions

- La Demande Chimique en Oxygène DCO représente la somme de la DBO et de la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques non biodégradables par oxydation en phase liquide, par exemple par le bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en milieu sulfurique.
- La biodégradation se produit naturellement par des processus aérobies et/ou anaérobies. Une pollution importante provoquera donc d'une part une consommation accrue d'oxygène par les micro-organismes et ceci au détriment des hôtes habituels des milieux naturels et d'autre part une accumulation de la fraction non biodégradable.
- Après concentration des matières polluantes dans un bassin, l'épuration biologique, conduite en aérobie dans une station d'épuration, s'effectue en deux phases successives:
 - Biodégradation des matières organiques biodégradables qui nécessite l'apport d'oxygène et éventuellement d'éléments nutritifs,
 - Séparation liquide-solide ayant pour but la séparation de la biomasse ou boue biologique de l'eau épurée. L'opération est réalisée dans un clarificateur secondaire.
- Pour obtenir une épuration rapide et éviter la production par des réactions anaérobies de gaz nauséabonds et toxiques, comme H_2S , il est nécessaire de fournir au système l'oxygène nécessaire au métabolisme.
- Pour épurer biologiquement certains effluents industriels, en l'absence d'eaux d'égouts urbains qui constituent un excellent milieu de culture, il peut être nécessaire d'ajouter des nutriments qui apportent l'azote, le phosphore et le potassium nécessaires au développement des micro-organismes spécifiques. D'autre part, il est parfois nécessaire d'optimiser les valeurs du pH et de la température.

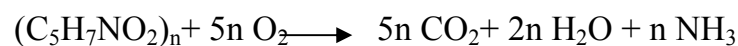
- Il existe deux grands groupes de procédés d'épuration biologique qui sont les procédés avec support (ou culture fixe) tels que les lits bactériens et les disques biologiques et les procédés sans support (ou culture libre) comme ceux mettant en oeuvre les boues activées. Enfin, il existe aussi des procédés de lagunage.
- Les micro-organismes actifs sont très variés et appartiennent soit au règne animal comme les bactéries, les métazoaires, les protozoaires, soit au règne végétal comme les champignons.
- On peut schématiser le fonctionnement d'un réacteur biologique aérobie par les trois phases réactionnelles suivantes :
- Oxydation des matières organiques $C_xH_yO_z$, qui fournit l'énergie nécessaire à la synthèse cellulaire :



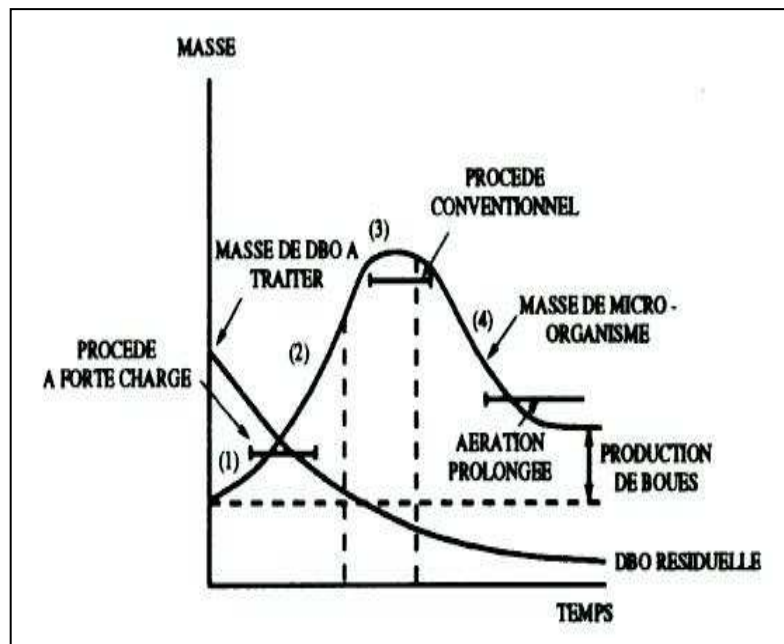
- Biosynthèse cellulaire où les matières organiques sont consommées pour assurer la croissance des cellules que l'on peut représenter arbitrairement par la formule $C_5H_7NO_2$ qui indique simplement les proportions usuelles des principaux éléments C, H, N et O :



- Respiration endogène avec destruction des micro-organismes qui vivent sur leurs réserves puis meurent en laissant des déchets organiques non biodégradables :



- La figure 5 représente, du point de vue cinétique, l'évolution d'une telle croissance bactérienne.



(1) : phase de latence ou d'acclimatation des micro-organismes en milieu nutritif avec une vitesse de croissance très faible ; (2) : phase de croissance exponentielle ; (3) : phase de croissance ralentie ou stationnaire où la diminution de la masse d'aliments ainsi que d'autres facteurs limitants font que la masse des cellules reste stationnaire ; (4) : phase de décroissance où les micro-organismes ne sont plus alimentés et se détruisent pour partie par respiration endogène.

Fig 5. Représentation schématique des différentes phases de la croissance d'une culture bactérienne (Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff., 2002) [5].

b/ Lits bactériens

- Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler l'effluent liquide sur un lit constitué par une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes. Les matériaux utilisés pour le remplissage des lits sont des cailloux siliceux concassés, du coke, du mâchefer, de la pouzzolane ou des matériaux plastiques plus légers à indice de vide supérieur ce qui conduit à un à un rendement assez faible impliquant un ou plusieurs recyclages.
- Il se constitue à la surface de ces solides un film biologique appelé la zoogée. L'oxygène nécessaire au maintien en aérobie de toute la biomasse fixée au support est généralement fourni par une ventilation. L'eau traitée est récupérée à la base de l'ouvrage et les sous-produits sont des boues et CO₂.

c/ Disques biologiques

- Dans ce procédé l'effluent est admis dans un bassin où tournent à des vitesses de l'ordre de 1 à 2 tours/mn des disques d'un diamètre de 2 à 3 m partiellement immergés. Les micro-organismes se développent sur ces disques. Le dispositif assure simultanément le contact des micro-organismes avec les matières biodégradables durant la période d'immersion et l'aération durant la période successive avec 100 à 200 disques par axe horizontal.

d/ Systèmes à boues activées

- Le traitement biologique par boues activées est l'un des plus utilisés.
- Les eaux usées, généralement prétraitées, sont déversées dans un bassin où une population microbienne active est maintenue en suspension grâce à un dispositif qui assure l'homogénéité du mélange et l'aération du liquide.
- Ces micro-organismes se développent aux dépens des matières oxydables de l'effluent et forment de multiples floes qui constituent la boue activée.
- Celle-ci se sépare du liquide épuré par simple décantation, ce qui permet le rejet de l'eau traitée et la réinjections de la masse active dans le bassin d'aération.
- Le système fait donc intervenir successivement les deux phases d'aération et de décantation.
- Il utilise une population microbienne variée :
 - bactéries, champignons, protozoaires, rotifères, nématodes, etc. dont la composition qualitative et quantitative dépend de nombreux facteurs tels que l'alimentation, la teneur en oxygène des bassins, le pH, la température, les interactions entre espèces.
- On distingue généralement le procédé conventionnel à moyenne charge massique ou volumique, le procédé à forte charge et le procédé à aération prolongée.
- La charge massique d'un bassin d'aération varie dans des limites très larges allant de 0,05 à 5 kg de DBO5 / jour / kg de MVS.
- En pratique on distingue les faibles charges massiques comprises entre 0,05 et 0,15,
- Les charges moyennes comprises entre 0,15 et 0,50
- Et les fortes et très fortes charges respectivement comprises entre 0,50 et 1 et supérieures à 1.
- La matière volatile en suspension, MVS, correspond à la différence entre la masse de la matière en suspension, MES, déterminée après chauffage de la boue à 105 °C jusqu'à masse constante, et la masse du résidu sec obtenu par chauffage de la boue à 550 °C durant 4 heures. La détermination de la MVS constitue le moyen le plus usuel de mesurer la concentration de la biomasse (boue).

d.1. Procédé conventionnel

- Dans le procédé conventionnel, on se place dans la zone de croissance ralentie (Fig 5). Après un temps de contact suffisant on procède à une décantation et les boues extraites sont recyclées dans le bassin d'activation. Les boues en excès sont évacuées

et traitées. Le procédé permet d'obtenir une bonne épuration des eaux résiduaires urbaines pouvant aller jusqu'à la nitrification partielle.

d.2. Procédé à forte charge

- Le procédé à forte charge utilise la phase de croissance exponentielle (figure 4). Les besoins en oxygène sont réduits de moitié par rapport au procédé conventionnel car on admet qu'une partie de la pollution en solution est biosorbée sur les floes bactériens. Le rendement d'épuration est plus faible et la masse des boues en excès plus important. Ces boues sont très fermentescibles.

d.3. Procédé d'aération extensive ou prolongée

- Ce procédé d'aération prolongée est un procédé à faible charge. La boue est maintenue dans sa phase de respiration endogène (figure 4) ce qui nécessite un fort apport d'oxygène. La production de boue est alors minimale mais elle ne peut descendre en dessous d'un seuil correspondant à la fraction non biodégradable et qui est de l'ordre de 0,14 kg de matière sèche par kg de DBO détruite. Ces boues sont bien minéralisées. La durée de rétention minimale est de 12 h.

e/ Lagunage

- Le lagunage est une opération d'épuration où l'oxygène nécessaire est fourni soit par des algues, on parle alors de lagunage non aéré, soit par insufflation d'air ou par brassage et il s'agit alors de lagunage aéré.

- Le lagunage non aéré est une méthode d'épuration naturelle en lagunes ou en étangs couramment utilisée aux Etats-Unis. En France, certaines industries agricoles telles que les sucreries ou les distilleries l'utilisent également.

- Les couches d'eau peu profondes permettent à l'oxygène de pénétrer par la surface et surtout au soleil de favoriser le développement d'algues. Les bactéries dégradent la matière organique en CO_2 , NO_3^- , etc. que les algues utilisent pour restituer de l' O_2 qui maintient la vie des bactéries aérobies.

- Un tel traitement est long (6 semaines) et sensible à l'ensoleillement périodique. Les algues disparaissent, apportant une source polluante supplémentaire. Il nécessite de grandes surfaces et est surtout utilisable en affinage, par exemple en aval d'un lagunage aéré.

- Le lagunage aéré s'apparente à un système à boues activées en aération extensive.

Les bassins d'une profondeur de 2 à 4 m doivent avoir un volume important pour permettre un temps de séjour de 15 à 20 jours.

5- Désinfection

a. Ozonation

L'eau est désinfectée grâce à l'ozone qui a une action bactéricide et antivirus. Il améliore également la couleur et la saveur de l'eau.

b. Chloration

Cette étape est indispensable afin d'éviter le développement de bactéries et maintenir la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations. Ainsi du chlore est ajouté à la sortie de l'usine de production et sur différents points du réseau de distribution.

La qualité des eaux de surface varie selon leur origine : c'est-à-dire naturellement riches en matière en suspension et en matière organique naturelles, acides, peu minéralisées. Les eaux de surface sont surtout très vulnérables aux pollutions (INSEP-Bougara-w de Blida-Mars 2006).

5. Conclusion

L'eau est un facteur formidable de risque sur la santé humaine et le milieu aquatique par la transmission des maladies hydriques car elle est très sensible à l'exposition aux différentes pollutions et surtout les eaux de surfaces qui sont les premières touchées par ces pollutions.

Pour faire la distinction entre les eaux potables et les eaux polluées, il faut passer aux analyses physico-chimiques et bactériologiques selon les différentes normes de différents organismes tels que :

- ◆ Les normes internationales élaborées par l'Organisation Mondiale de la santé à partir des études entreprises par l'E.P.A (Environmental Protection Agency).
- ◆ Les normes européennes édictées par les communautés européennes sous la forme d'une directive publiée au journal officiel de la CEE.

A partir de ces normes, on peut connaître le degré de pollution des eaux et pour les rendre potables, il faut passer au traitement des eaux selon différents procédés tels que :

- ◆ Procédés mécaniques.
- ◆ Procédés physiques.
- ◆ Procédés chimiques.
- ◆ Procédés biologiques.

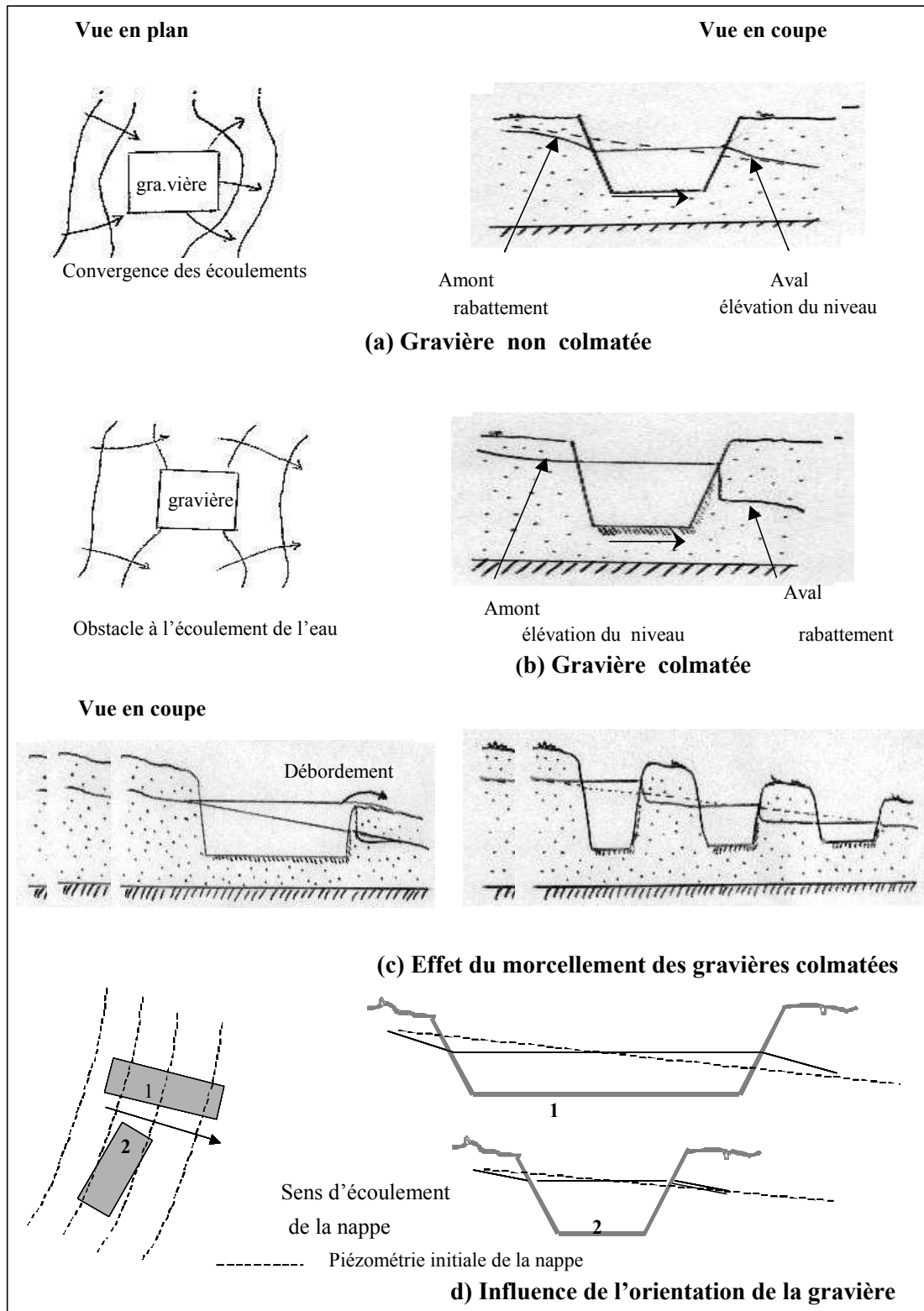


Fig9. Effets théoriques de l'implantation d'une gravière sur les écoulements souterrains (d'après PEAUDECERF, 1975 [13]). (a) gravière non colmatée, (b) gravière colmatée. Le morcellement des plans d'eau (c) et une bonne disposition des gravières par rapport au sens d'écoulement (d) réduit l'impact.

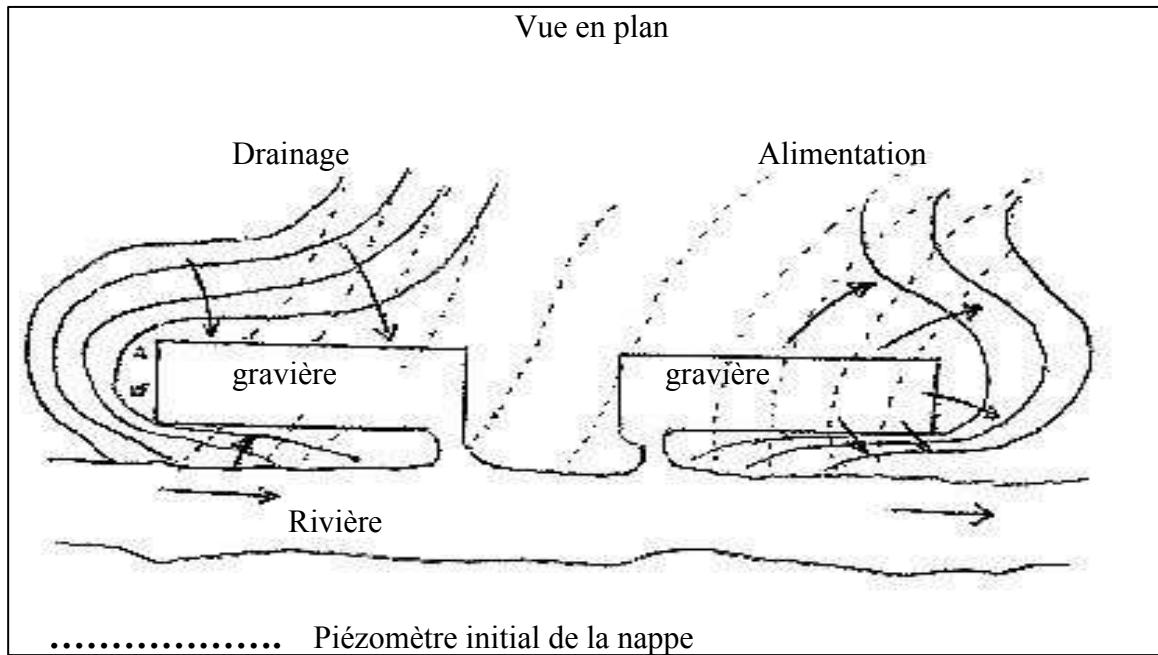


Fig 9 e. Effet de l'implantation d'une gravière en communication avec un cours d'eau sur la nappe alluviale.

En conclusion, les extractions en lit majeur ont un impact hydrodynamique se traduisant par une modification du régime d'écoulement de la nappe au voisinage de l'excavation susceptible de provoquer localement assèchements ou inondations. Ces perturbations sont parfois sensibles sur quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres, et l'impact piézométrique de l'ordre de quelques centimètres à un mètre autour de la gravière. Ces effets sont d'autant plus sensibles que le gradient de nappe est important, que la gravière est grande et colmatée ; le colmatage constituant un processus naturel d'évolution des gravières.

Ces perturbations entraînent parfois une baisse significative de productivité des captages d'AEP (Alimentation en Eau Potable) : 20 % pour le champ captant de la Grande Paroisse dans la plaine de la Seine (UNPG, 1993), 50 % sur un secteur de la plaine de la Garonne (IEA, 1995[17]). En outre, BABOT (1986) [19] montre que la multiplication des gravières dans la vallée de la Thur en aval de Thann (affluent du Rhin) a provoqué par effet de drainage une modification de la trajectoire d'écoulement de nappe alluviale.

b) Impacts sur les écoulements de rivière en période de crue

La présence d'une gravière en communication directe avec la rivière provoque une modification des écoulements de rivière. CZERNICHOWSKI-LAURIOL (1999) [8] a recensé et décrit une liste d'impacts potentiels des gravières sur les crues de rivière, d'après des cas recensés dans la littérature nationale et internationale. C'est ces résultats que nous présentons.

Les impacts recensés concernent :

- * l'amélioration de la section d'écoulement des crues pour les gravières en lit

mineur (DAMBRE & MALAVAL (1993) [20], KONDOLF (1994) [21]). En effet, l'extraction des matériaux du lit des cours d'eau et la perturbation des débits solides de la rivière qu'elle entraîne conduit à un surcreusement du lit donc à l'abaissement de la ligne d'eau et à une augmentation de la section d'écoulement. Ainsi, pour un débit de crue équivalent, la hauteur d'eau dans la rivière sera plus faible réduisant d'autant les surfaces inondées. Cet impact a été décrit sur la Loire où l'abaissement généralisé du lit dû aux nombreuses extractions de matériaux a entraîné un abaissement de la cote des crues à l'aval d'Ancenis (DAMBRE & MALAVAL (1993) [20]) mais aussi dans le cas du cours d'eau méditerranéen du Gardon (MASSON & SEGUIER, 1987) [22].

Cependant, l'abaissement de la ligne d'eau entraîne à terme un envahissement par la végétation du lit modifiant le comportement hydraulique de la rivière en période de hautes eaux et crues ; cela se traduit par une augmentation de la rugosité du chenal provoquant un ralentissement des vitesses d'écoulements et un exhaussement des lignes d'eau.

* La création d'obstacles à l'écoulement des crues suite à l'installation d'une gravière ou de réaménagements mal maîtrisés. Ces aménagements provoquent une aggravation des risques d'inondation à l'amont, à l'aval ou au droit du site. On peut citer les digues, merlons et cordon ceinturant les gravières, les stocks de granulats et de terre de découverte, la végétation rivulaire trop dense. Ces impacts sont identifiés dans la vallée de la Meuse sur deux secteurs se trouvant trop fortement végétalisés suite à des réaménagements (BETURE, 1994) [23], dans la vallée de l'Oise entre Beautor et Chauny dans un secteur marqué par de nombreuses gravières exploitées avec endiguement et dans la vallée de l'Aisne entre Soissons et Port-Fontenay (HYDRATEC, 1998) [9].

* L'accélération de la vitesse d'écoulement des crues au niveau des plans d'eau par abaissement de la rugosité initiale du sol. Elle entraîne une augmentation de la vitesse de propagation de l'onde de crue qui couplée à une force érosive accrue aggrave les conditions d'inondations à l'aval (MASSON & SEGUIER (1987) [22]).

* La modification du sens d'écoulement des eaux lors des crues : un axe d'écoulement préférentiel se créant alors au niveau d'une succession de gravières. Cet impact est très marqué lorsque la zone de gravières se situe de part et d'autre d'un méandre. Dans ce cas, lors des crues, les plans d'eau détournent les écoulements, recoupant alors le méandre. Cet effet a été observé dans la vallée de la Moselle au droit d'Igney (HYDRATEC, 1998) [9] et en Louisiane sur la rivière Amite (VERNON, 1992) [24].

* La capture du lit mineur à l'occasion d'une crue :- Elle intervient brutalement lorsqu'il y a rupture, en un point amont et en un point aval, des cordons de terre séparant la gravière de la rivière. Ce risque est accru pour les gravières de grande superficie présentant une longueur des berges parallèle à la rivière excessive ; leur forme géométrique favorisant la permanence de la chute d'eau donc de l'érosion au niveau du seuil de remplissage du bassin lors du débordement de la rivière.

c) Impacts sur les échanges nappe-rivière

La complexité des échanges hydriques nappe-rivière est telle qu'il apparaît difficile, en l'état actuel des connaissances, de qualifier et quantifier de façon globale les impacts engendrés par les extractions de granulats sur la nappe alluviale.

* Gravières non colmatées

L'impact le mieux décrit concerne le stockage temporaire d'eau dans les gravières afin d'écarter les crues de la rivière ; les volumes de stockage disponibles en début d'inondation dépendant de la différence de hauteur d'eau entre la gravière et la rivière. Ils sont cependant très faibles par rapport aux débits en jeu (BRGM, 1990) [25]. En phase de montée de crue, l'onde de crue se propage dans la nappe. Si la gravière se situe dans la zone d'influence dynamique de la rivière sur la nappe, le niveau d'eau dans la gravière augmente, mais moins vite que ne le ferait le niveau piézométrique dans la fraction d'aquifère que la gravière remplace ; le volume potentiel de stockage dans la gravière étant supérieur (100% de porosité par rapport à une porosité d'aquifère de 10%). Cette élévation du niveau d'eau est d'autant plus forte que la perméabilité des alluvions est forte, que la gravière est proche de la rivière et est non colmatée (figure 9a). Par exemple, dans la vallée de l'Oise, cet effet n'est observé que pour les faibles débordements de printemps-été et s'annule pour les fortes crues. De plus les volumes de stockage représentent 1,3 Mm³ comparé au 80 à 100 Mm³ écoulés (HYDRATEC, 1998) [9]. Le même constat est fait pour les gravières de la vallée de la Seine dans le secteur de La Bassée (SOGREAH, 1984) [26].

Dans le cas de gravières non colmatées, l'eau stockée dans l'excavation pendant la période de crue peut recharger la nappe alluviale en période de basses eaux. Toutefois, l'efficacité du bassin de rétention diminue avec la progression du colmatage des berges et du fond du bassin qui ralentit progressivement les phénomènes d'infiltration (MOREL-SEYTOUX (1990) [27], LEVASSOR (1995) [28]). Inversement, en période de hautes eaux de la nappe, la gravière peut par débordement des eaux aggraver les crues de rivière. Ce risque est accru pour les gravières colmatées dont l'allongement est trop prononcé dans le sens perpendiculaire aux iso pièzes (fig 9c).

* Gravières colmatées

Une gravière colmatée située dans la plaine d'inondation d'un cours d'eau va bloquer les échanges d'eau de la rivière vers la nappe lors des épisodes de crue (SDAGE Seine-Normandie, 1994). Cet effet sera d'autant plus important que les gravières sont nombreuses dans un même secteur.

d) Impacts morphodynamiques et hydrobiologiques

L'implantation des gravières dans l'espace de liberté du cours d'eau (il s'agit de « l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres » (SDAGE RMC) [6])

prive le cours d'eau d'une partie de son territoire de divagation et surtout d'une partie des alluvions remobilisables. Dans les conditions naturelles, la dynamique fluviale, par ses processus d'érosion et de divagation latérale du chenal actif (En particulier, pour les rivières à méandres, le chenal actif se déplace en érodant sa rive concave et en déposant des sédiments en transit sur sa rive convexe), crée de nouvelles zones humides alluviales qui compensent l'atterrissement des plus anciennes, entretenant ainsi un équilibre dynamique à l'échelle de la plaine alluviale (AMOROS & PETTS ,1993) [12].

En bloquant la dynamique fluviale, les gravières et les travaux hydrauliques connexes tels les enrochements, les endiguements ne permettent plus cette régénération naturelle des formes alluviales. Elles aggravent les phénomènes d'incision des lits fluviaux et de déficit naturel en sédiments observés sur tous les grands fleuves européens (FNE ,2000). L'étude de MAIRE (1999) traitant de l'évolution récente du lit de trois cours d'eau lorrains suite à la fixation des berges pour protéger les plans d'eau issus des gravières, montre un enfoncement du lit de la rivière provoquant l'affouillement de ponts en amont des excavations, des érosions de berges et le creusement d'un ruisseau affluent.

En outre, HYDRATEC (1999) [29] dans son étude sur la détermination des fuseaux de mobilité de 6 cours d'eau du bassin Rhin-Meuse considère que les plans d'eau de plus de 1 ha de superficie ne pouvaient plus être recolonisés par ces rivières sous peine de réajustements morphodynamiques conséquents et d'enfoncement du lit mineur par piégeage de leur charge sédimentaire. Ces effets hydrodynamiques ont pour conséquences un dysfonctionnement hydrologique des zones humides latérales en relation directe avec le cours d'eau, se traduisant par une diminution de la biodiversité par isolement des annexes fluviales, une perte de l'inondabilité des grèves et bancs d'alluvions et donc de leur diversité écologique.

Ces effets sont particulièrement bien étudiés pour les extractions en lit mineur. BOUCHAUD (1979) [30] constate, suite aux extractions dans le cours supérieur de la Loire de l'Allier une diminution sensible des populations de poissons se nourrissant en grande partie de macro- invertébrés, qu'il explique par :

- un abaissement de la production primaire se traduisant par une réduction de la biomasse de diatomées, de macro invertébrés benthiques et une réduction de la teneur du périphyton en pigments photosynthétiques,
- un ralentissement de la colonisation du substrat par les macroinvertébrés,
- une augmentation de la mortalité des œufs et alevins de truites incubés sous graviers par colmatage par les limons.

Ces modifications des communautés vivantes sont liées à l'uniformisation et la déstabilisation du lit mineur, l'augmentation du taux de matières en suspension et de la turbidité de l'eau, la réduction de la transmission de la lumière en profondeur et enfin le colmatage du fond du lit (fig 9).

L'implantation des gravières en lit majeur provoque la destruction physique des zones d'habitat, de reproduction ou d'alimentation de nombreuses espèces. Elle bloque les migrations latérales vers les annexes alluviales et les zones de frayères pour certaines

espèces telles que le Brochet (BOET (1987) [31], FUSTEC (1996) [32]).

De plus, la mise à l'air libre de la nappe alluviale entraîne un réchauffement des eaux qui lorsqu'elles entrent en communication avec un cours d'eau ont un impact hydrothermique sur la faune piscicole. Cela se traduit pour les rivières salmonicoles par une disparition progressive des espèces d'eau froide. AUSSEUR (1980) [33] indique que pour une gravière distante de 20 mètres d'une rivière salmonicole, le réchauffement peut atteindre 0,7 à 0,8 °C pour une température moyenne de 13 à 15°C.

En outre, ces gravières réaménagées sont colonisées par des espèces exogènes propres aux milieux d'eau stagnante et chaude ; espèces susceptibles d'être différentes de celles vivant dans le cours d'eau. Généralement moins exigeantes en terme de qualité du biotope, elles vont coloniser le cours d'eau aux dépens des espèces autochtones lorsque les échanges hydriques rivière-gravière se font (période de crue, capture du cours d'eau).

Ce phénomène de colonisation des cours d'eau par des espèces de gravière est observé dans la Bresle et la Risle (Haute-Normandie) où la population de salmonidés (Truites farios) est progressivement remplacé par une population de cyprinidés et de carnassiers (DECHAMPS, 1998) [34].

7. Impacts négatifs et positifs possibles de l'extraction sur la physico-chimie des eaux

L'exploitation de granulats alluvionnaires n'est pas sans conséquences sur l'équilibre physico-chimique et la qualité des eaux de l'aquifère de la vallée alluviale et du cours d'eau.

En effet, le principe de l'activité consiste à exploiter et donc à exporter la couche d'alluvions sablo-graveleux laquelle joue un rôle déterminant dans le phénomène d'épuration naturelle des eaux. Toutefois, la limitation de l'épuration par le sable pourra être en partie compensée par celle effectuée par les végétaux de la carrière.

En outre, la création fréquente de plan d'eau sur site entraînant une mise à l'air libre de l'eau de la nappe va conduire à un certain nombre de modifications physico-chimiques en raison de l'évolution naturelle du système.

Note : les effets des anciennes extractions des granulats en lit mineur ne se répercutent plus au jour d'aujourd'hui sur la qualité de l'eau du cours d'eau. Le problème principal résidait en la remise en suspension des sédiments du fond de la rivière d'où une très forte augmentation des matières en suspension.

7.1. Modification chimique des eaux

a) Oxygène dissous : Au contact de l'air ambiant, l'eau de la nappe dans le plan d'eau s'enrichit en O₂ (eau de nappe est généralement peu oxygénée). Cette réoxygénation reste ponctuelle et ne se fait plus sentir à l'aval de la gravière. Certains travaux ont même fait état d'une désoxygénation de la nappe à l'aval de la gravière par rapport à l'amont,

attribuable à un fort colmatage par des matières organiques et par une mauvaise diffusion de l'oxygène en rapport avec les matériaux de remblais (SCHANEN, 1998 [7] in FNE, 2000 ; Nivoit, 1994 [35]). Ce phénomène est souvent très ponctuel dans le temps, lors du remblaiement de la carrière.

b) Les nitrates et la dénitrification : Plusieurs études ont montré un phénomène de rétention d'azote et de dénitrification dans les gravières. Sur le secteur de la "Bassée" notamment, il a été mis en évidence une réduction des teneurs en nitrates de la nappe de l'ordre de 50 à 85% à l'aval immédiat de la gravière. Ainsi Schanen sur le secteur de la Bassée mesure une concentration en nitrates de 10,6 mg/l sur la nappe amont, diminuant à 1,6 mg/l à l'aval de gravières (SCHANEN, 1998 [7] in FNE, 2000).

Ces phénomènes sont essentiellement attribués aux bactéries réductrices d'azote (dans les plans d'eau profonds supérieurs à 4 m : transformation du NO_3 en N_2 atmosphérique) et à la consommation d'azote par le phytoplancton et les macrophytes se développant au sein du plan d'eau dans des conditions favorables essentiellement estivales (phénomène limité mais pouvant conduire à la consommation presque totale de l'azote disponible). La réduction d'azote par les bactéries est le phénomène le plus important (en volume) et contribue à l'épuration des eaux de nappe.

Ce phénomène reste très positif sur la qualité de l'eau et peut même contribuer à assainir les apports d'une agriculture intensive.

c) L'ammoniacque : La réduction des NO_3^- en ammoniac NH_4^+ se fait dans les couches sédimentaires désoxygénées du fond des plans d'eau. Ce phénomène peut prédominer sur la dénitrification dans certaines conditions (anoxie importante, Rapport C assimilable / N- NO_3^- > 4). Le NH_4^+ est toxique notamment pour la vie piscicole à des seuils au-delà de 1mg/l sur le secteur de la Bassée, des mesures ont montré des concentrations qui restent très faibles, et en deçà du seuil de 1mg/l dans les plans d'eau (SCHANEN, 1998 [7] in FNE, 2000).

d) L'eutrophisation : Le phénomène d'eutrophisation est moins dû aux teneurs en nitrates qu'en phosphates en eau douce. D'autre part il est essentiellement lié à des apports extérieurs aux carrières.

L'évolution des gravières de l'oligotrophie à l'eutrophie est très variable mais constitue l'évolution naturelle à plus ou moins long terme d'un plan d'eau en cas d'apports anthropiques environnants.

En général, l'eau de nappe est moins vulnérable à l'eutrophisation que l'eau des cours d'eau mais dans des contextes particuliers d'apport agricoles ou domestiques ou encore industriels importants en phosphore, les gravières peuvent subir un phénomène d'eutrophisation accélérée, notamment si elles sont colmatées et si la circulation d'eau ne se fait plus (relarguage du phosphore et phénomène d'auto-eutrophisation).

Globalement, les gravières peuvent piéger jusqu'à 50% du phosphore de la nappe surtout si la gravière n'est pas colmatée et l'interface eau sédiment est oxygénée (Nivoit, 1994) [35]. Les phénomènes de bloom algaux et de cyanobactéries déjà observés sur certains plans d'eau en Seine-Normandie témoignent de cet impact.

e) Les Matières en Suspension (M.E.S) : Les M.E.S sont de natures diverses (organiques ou minérales), elles proviennent des algues et des pigments chlorophylliens, des particules de calcite qui précipitent, de l'érosion des berges et du fond de l'excavation par creusement et mélange du plan d'eau lors de l'activité. Les MES sont principalement responsables du colmatage des gravières. Les MES sont importantes notamment après la phase de lavage des alluvions extraits. Les eaux de lavage sont alors extrêmement chargées en MES mais sont décantées avant d'être restituées au système alluvial. Autrefois responsable de problèmes lors du rejet des eaux de lavage, les taux de MES rejetées sont fortement contrôlés et font l'objet de prescriptions réglementaires depuis l'arrêté du 22/09/1994. Ils ne semblent pas présenter de problèmes revendiqués à l'heure actuelle sur le bassin Seine-Normandie.

Remarque sur la consommation d'eau : L'activité d'exploitation de granulats consomme peu d'eau si ce n'est les eaux de lavage (2 m^3 en moyenne par tonne de granulats) dont environ 70% est issu du recyclage de l'eau en circuit fermé.

f) Autres paramètres ioniques : D'autres paramètres physico-chimiques de l'eau de la nappe sont modifiés dans les gravières.

On observe généralement une diminution de la dureté de l'eau et de la minéralisation globale (concentrations en calcium et bicarbonates notamment) et en revanche une augmentation des sulfates, du Fer, du Manganèse, du Magnésium et du Potassium (Fustec, 1993[10] ; FNE, 2000).

g) Métaux lourds : De la même manière que les ions du type Fer et Manganèse, les métaux lourds (Cd, Zn, Pb) se fixant aux particules organiques en suspension ou aux oxydes de fer sédimentent et peuvent être relargués dans le plan d'eau. Les concentrations sont en règle générale très faible.

h) pH : Le pH est assez variable mais a tendance à augmenter notamment aux heures chaudes, au printemps et en été, en raison de l'activité photosynthétique au sein du plan d'eau. On observe des variations de 0.2 à 1-1.5 selon les saisons (Fustec, 1993) [10].

i) Contamination bactériologique : La création de gravière peut accroître le risque de contamination de la nappe. Il a ainsi pu être observé une augmentation des germes test de contamination fécale et un grand nombre de germes totaux dans certaines ballastières, liée à des apports extérieurs. Quelques cas de botulisme sont d'ailleurs régulièrement observés chaque année sur quelques plans d'eau du bassin Seine-Normandie sans que leur fréquence soit alarmante (commentaire personnel Mr Devigné). Ce phénomène est dû à des apports d'eau chaude chargée en éléments nutritifs et concerne essentiellement les

carrières reliées directement au cours d'eau ou accueillant un très grand nombre d'oiseaux d'eau (pollution par les fientes).

7. 2. Le problème des eaux d'exhaures des carrières de roches massives

Le principal problème lié à l'eau concernant l'extraction en roches massives est un problème de pollution acide des eaux d'exhaures de la carrière suite à la mise à l'air libre de la roche et notamment de l'oxydation de la pyrite. Cette acidification importante des eaux d'exhaures peut entraîner des problèmes d'acidification des milieux aquatiques récepteurs plus en aval.

En règle générale, des mesures sont prises dans l'arrêté afin que pendant l'exploitation, les carriers mettent en place des traitements notamment par chaulage des eaux d'exhaures stockées dans des bassins de régulation spéciaux ou directement dans les bassins de décantation.

Cependant, des problèmes sont susceptibles de perdurer au-delà de la phase d'exploitation où les eaux acides peuvent continuer de ruisseler sans que les traitements ne soient plus appliqués (comm. pers. DRIRE Basse-Normandie).

7. 3. Les effets thermiques

a) Sur les eaux souterraines

La température des eaux souterraines, bénéficiant de la protection thermique engendrée par la couche d'alluvions et de sol, est en général très stable et varie entre 9 et 14°C environ (FNE, 2000).

Le décapage de la couche superficielle du sol pour atteindre les gisements prive la nappe de ce bouclier thermique. De plus, lorsque l'exploitation arrive à la nappe, la température de la nappe est sujette aux fluctuations thermiques beaucoup plus importantes que l'air ambiant.

En conséquence, les eaux sont plus froides que celles de la nappe en hiver mais plus chaudes en été. L'eau de la nappe dans les gravières peut dépasser les 25°C en surface. Toutefois, l'impact thermique est localisé et n'est plus sensible au-delà de 200 à 250 m à l'aval de la gravière (Nivoit, 1994) [35].

b) Sur les eaux superficielles

On distinguera plusieurs cas de figure :

- ◆ Gravière avec une connexion au cours d'eau :- Les écarts thermiques peuvent être importants entre les eaux de la gravière et l'eau du cours d'eau, de l'ordre de 6 à 7°C. Ainsi, il a été observé une augmentation sensible de la température de 0,8°C à 1,8°C en été dans les rivières de Haute-Normandie (AESN, 1986) [36]. Toutefois, selon

les cas, la taille et l'abondance des plans d'eau, l'influence thermique ne se ressentait que jusqu'à 30m à 300m à l'aval (Babot, 1986) [19].

◆ Gravière fermée :- Le réchauffement du cours d'eau via l'eau de la nappe est effectif si la rivière est alimentée par la nappe (notamment à l'étiage). Le réchauffement peut ne pas être négligeable et dépendra de la température de la gravière, du temps de transfert et de la distance rivière-gravière.

Il est à noter qu'il peut y avoir également une diminution d'apport immédiat d'eau fraîche par suppression ou atténuation de certaines sources en raison de l'implantation de la gravière.

7. 4. Pollutions chimiques

La mise à nu de la nappe dans la gravière accroît fortement le risque de pollution chimique de nature accidentelle ou volontaire :

◆ Durant l'exploitation :- Le risque de pollution accidentelle principalement par les rejets d'hydrocarbures et d'huile des engins d'extraction existe malgré les précautions des exploitants et la mise en place de bassins de rétention. Le cas a notamment été observé dans l'Eure sur 7 des 22 ballastières étudiées (IEA, 1995[17] in FNE 2000).

◆ Après l'exploitation :- Les carrières ont parfois fait l'objet de déversements autorisés ou occultes de produits en tout genre et fait office de décharges sauvages par des personnes peu scrupuleuses. Ces pollutions ne sont normalement plus d'actualité aujourd'hui puisque conscient du problème l'UNICEM a engagé depuis une dizaine d'années une politique forte de suppression de ces "points noirs"notamment au travers de la charte environnement avec une remise en état de sites.

◆ Le remblaiement des carrières :- Le remblaiement des sites d'exploitation fait partie des différentes solutions de remise en état. Le remblaiement des carrières se fait généralement par des matériaux provenant de la démolition des bâtiments, présents en grande quantité et peu coûteux (hormis coût du transport).

Toutefois, ces matériaux constitués de divers gravats n'ont pas les mêmes caractéristiques que les alluvions d'origine.

Il a pu être observé par le passé notamment sur le secteur de la plaine du Perthois (BRGM, 1994) [37] :

- ◆ Un relargage important de sulfates provenant des matériaux de démolition susceptibles de polluer la nappe.
- ◆ Un colmatage accru de l'excavation par des particules de granulométrie plus fine que la matrice de l'aquifère d'où un impact piezométrique par phénomène de barrage sur la nappe.

Cependant, depuis quelques années, des tests de plus en plus rigoureux sont réalisés sur les matériaux de remblaiement afin de limiter ces perturbations et de fournir des matériaux inertes non polluants.

8. Evaluation des impacts environnementaux

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer les principaux impacts temporaires et permanents générés par les carrières en cours d'exploitation ou réaménagées sur les milieux aquatiques (cours d'eau) et la ressource en eau (eaux de surface et souterraines, zones humides).

8.1. Cadre de l'évaluation

Dans ce chapitre introductif sont précisés les types de carrière sur lesquels porte l'évaluation, le choix des variables retenues, les modalités pratiques mises en œuvre et les limites de ce travail.

1. Sur quels types de carrière porte l'évaluation ?

L'étude porte exclusivement sur les carrières de granulats. Elle ne concerne pas les carrières de sablon, silice, pierre de taille, calcaire cimentier, gypse, argile ou autres matériaux.

Les granulats peuvent être d'origine diverses, alluvionnaire (exploitation des dépôts de sables et graviers dans les vallées) ou issus d'autres types de gisements géologiques (chailles, concassage de roches dures calcaires, éruptives, magmatiques ou métamorphiques). D'autres sources d'approvisionnement existent (granulats marins et matériaux issus du recyclage des déchets du BTP) mais ne sont pas évaluées dans le cadre de ce travail.

Compte tenu de la nature des impacts analysés (liés à l'eau), les carrières alluvionnaires, généralement appelées gravières, sont principalement concernées. Pour ces dernières il est important de distinguer deux cas principaux :

- ◆ Les gravières situées dans le lit majeur des cours d'eau ;
- ◆ Les gravières localisées sur les hautes terrasses alluviales.

Rappelons que les exploitations en lit mineur sont interdites depuis l'arrêté du 22 Septembre 1994.

Les autres types de carrières (chailles et roches massives) sont abordés sur certains points précis, lorsque les impacts sont particuliers et significatifs.

Avant d'engager l'évaluation proprement dite, il est important de rappeler quelques caractéristiques essentielles des différents types de carrière et les principaux domaines où des impacts sont susceptibles d'apparaître, en distinguant les impacts sur les eaux souterraines, les eaux de surface et les zones humides.

a) Les gravières situées dans le lit majeur des cours d'eau

Dans la presque totalité des cas, l'exploitation entraîne la mise à nu de la nappe et la création de plans d'eau. La superficie des plans d'eau, leur profondeur et leur géométrie varient fortement selon les caractéristiques du gisement, la situation foncière et les contraintes techniques et réglementaires. Ces derniers peuvent parfois être placés en communication directe avec les cours d'eau mitoyens, notamment en cas d'évacuation des matériaux par voie fluviale. Les impacts sont alors différents des carrières isolées. La profondeur constitue un paramètre très important.

Les impacts potentiels générés par ce type de gravière concernent :

- ◆ Les eaux souterraines (impacts fréquents sur les nappes alluviales, mais le plus souvent localisés) ;
- ◆ Les eaux de surface (impacts le plus souvent limités, sauf en cas de capture de la rivière par la carrière ou de rejet d'eau d'exhaures dans des petits cours d'eau) ;
- ◆ Les zones humides (impacts très variables selon la nature et la qualité des milieux présents).

b) Les gravières situées sur les hautes terrasses alluviales

Ces exploitations sont fréquemment assez éloignées des fleuves et rivières et sont localisées au centre des grands méandres (vallée de la Seine en aval de Paris), voire au niveau de coteaux ou de buttes. L'épaisseur du gisement est très variable, mais l'exploitation est le plus souvent réalisée à sec et la nappe alluviale n'est mise à jour que ponctuellement, généralement sur une faible épaisseur (rarement plus de 2-3 mètres). Parfois l'exploitation recoupe des nappes profondes ou superficielles qui peuvent être à l'origine d'une nouvelle zone humide dans la carrière. Cependant, la plupart de ces exploitations sont réaménagées en milieux secs (plantations, cultures, friches et landes, etc.).

Les impacts potentiels générés par ce type de gravière concernent :

- ◆ Les eaux souterraines (impacts sur les nappes superficielles peu fréquents et le plus souvent très localisés) ;
- ◆ Les eaux de surface (impacts le plus souvent faibles, sauf parfois en période d'exploitation en cas de rejet vers un cours d'eau voisin) ;
- ◆ Les zones humides (ce type de carrière se substitue très rarement à des milieux humides naturels mais peut parfois être à l'origine de nouvelles zones).

c) Les carrières de chailles

Les chailles sont des conglomérats de matériaux siliceux et d'argile exploités localement pour la production de granulats. Les exploitations sont localisées sur les plateaux du sud de la Seine-et-Marne dans le secteur de Nemours, en général très à l'écart des cours d'eau. Les exploitations se font sur des épaisseurs limitées (quelques mètres), et ne recoupent pas de nappes d'eau bien définies. En raison du caractère limoneux des terrains, ceux-ci ne supportent pas de zones humides mais des cultures ou des boisements

plus ou moins secs.

Les impacts sur la ressource en eaux sont très limités :

- ◆ Sur les eaux souterraines (impacts insignifiants) ;
- ◆ Sur les eaux de surface (pas d'impact ou très limité compte tenu de l'éloignement des cours d'eau) ;
- ◆ Sur les zones humides (pas d'impact et peu d'opportunités de création de nouveaux plans d'eau ou zones humides).

d) Les carrières de roche massive

L'impact de ces carrières sur les milieux aquatiques et la ressource en eau dépend beaucoup de la topographie (en cuvette, à flanc de coteau...) du caractère filtrant ou non du fond de fouille, et de l'existence ou non d'une nappe plus ou moins puissante. De nombreuses carrières sont exploitées à sec, mais certaines nécessitent le pompage des eaux d'exhaures en provenance des nappes ou de l'accumulation d'eau de pluie. Ces eaux sont alors rejetées dans des bassins puis rejoignent les cours d'eau situés en aval. Elles sont alors susceptibles de générer divers impacts sur ces derniers. Ces carrières se substituent rarement à des zones humides, mais peuvent être à l'origine de nouveaux plans d'eau ou zones humides.

Les impacts potentiels générés par ce type de carrière concernent :

- ◆ Les eaux souterraines (impacts très variables selon le contexte hydrogéologique local) ;
- ◆ Les eaux de surface (impacts le plus souvent limités, sauf en cas de rejet d'eau d'exhaures dans des cours d'eau) ;
- ◆ Les zones humides (impacts très variables selon la nature et la qualité des milieux présents mais assez rares sur des zones humides naturelles. En revanche, ce type de carrière peut être à l'origine de nouveaux plans d'eau ou zones humides).

2. Modalités d'évaluation des impacts

On entend par impact toute modification de l'état d'un système écologique susceptible d'entraîner une dégradation (ou parfois une amélioration) des conditions écologiques du milieu.

Seuls les impacts sur les eaux souterraines, les eaux de surface et les zones humides sont abordés. Les impacts sur les milieux "terrestres" sont donc exclus même s'ils peuvent parfois être significatifs.

Les impacts analysés ci-après sont sélectionnés en respectant les principes suivants :

- ◆ *Evaluation scientifique et observation du phénomène sur le terrain* : les impacts retenus doivent avoir fait l'objet d'évaluation par la communauté scientifique ou

technique. Chaque situation doit pouvoir être illustrée par un cas concret connu, si possible localisé dans le bassin Seine-Normandie. Les impacts potentiels ne sont abordés que dans la mesure où le risque est considéré comme susceptible d'apparaître avec un degré de certitude suffisamment élevé.

◆ *Caractère significatif de l'impact* : pour être retenu, l'impact doit entraîner un effet négatif ou positif significatif. Les simples modifications d'état (variation d'un paramètre), pour lesquels aucun impact positif ou négatif n'est actuellement connu, ne sont pas retenues dans cette analyse. Il n'est pas exclu à l'avenir que certaines de ces modifications soit perçues comme des impacts en fonction de l'évolution des connaissances (par exemple on constate des variations mineures et très locales de la teneur en oxygène des nappes alluviales aux abords des carrières. L'impact de ces variations sur les processus biogéochimiques au sein des nappes, des plans d'eau et cours d'eau semble trop mineur et aléatoire pour être actuellement considéré).

◆ *Mesure de l'impact* : les impacts retenus doivent pouvoir faire l'objet d'une mesure ou d'une appréciation objective, ce qui nécessite de déterminer les principaux indicateurs susceptibles de permettre leur suivi.

a) Typologie des impacts retenus

Les impacts sont classés en 3 grandes catégories :

- ◆ Impacts sur les eaux souterraines
 - Impacts physiques
 - Impacts hydrogéologiques
 - Impacts biogéochimiques

- ◆ Impacts sur les eaux de surface
 - Impacts physiques
 - Impacts hydrauliques
 - Impacts physico-chimiques

- ◆ Impacts sur les zones humides et la biodiversité
 - Impacts sur les habitats
 - Impacts sur les espèces

b) Paramètres pris en compte pour l'évaluation

Les différents types d'impacts ont été définis à partir d'une analyse bibliographique détaillée (littérature scientifique et technique), de résultats obtenus lors d'expertises ponctuelles, d'études d'impact, etc. Ils sont évalués selon différents critères qui sont repris dans les tableaux qui suivent :

◆ *Le sens de l'impact* : positif ou négatif, en ne perdant pas de vue que les effets peuvent varier en fonction du thème étudié. Ainsi, la mise à nu de la nappe peut

entraîner différentes perturbations hydrogéologiques (impacts négatifs), mais aussi permettre la reconstitution de nouvelles zones humides d'intérêt écologique (impact positif)

- ◆ La fréquence d'apparition du phénomène :
 - impact potentiel ou constaté
 - impact apparaissant dans des circonstances particulières ou généralisé. Il est alors qualifié de rare, peu fréquent, assez fréquent ou régulier
- ◆ L'intensité des impacts :
 - impact irréversible ou réversible
 - impact d'intensité variable : faible, moyenne ou forte
- ◆ La variation dans le temps :
 - impacts temporaires ou durables
 - effets immédiats ou retardés
 - évolution lente ou rapide
- ◆ La variabilité en fonction du contexte local : de nombreux impacts varient localement en fonction des contextes géologiques, géomorphologiques, hydrauliques, écologiques, urbanistiques. Dans certains domaines, l'importance de l'impact dépend du différentiel constaté entre le milieu initial et le milieu "restitué" après exploitation et remise en état. Cette variabilité peut être qualifiée de faible, moyenne ou forte.
- ◆ L'importance de l'échelle :
 - impact ponctuel ou étendu dans l'espace
 - analyse locale (impacts spécifiques) ou globale (impacts cumulatifs)

Comme indiqué précédemment, on notera que les principaux impacts varient fortement en fonction de la qualité des remises en état et aménagements réalisés après exploitation.

En complément, les principaux indicateurs susceptibles de permettre l'évaluation et le suivi de l'impact sont mentionnés.

3. Limites de validité de l'évaluation

L'évaluation globale de l'impact des carrières sur les milieux aquatiques et la ressource en eau est une procédure difficile compte tenu :

- ◆ De la variabilité naturelle des sites d'implantation et des caractéristiques techniques des exploitations ;
- ◆ Du grand nombre de facteurs à prendre en considération et de la complexité de leurs interactions ;
- ◆ Des incertitudes scientifiques demeurant sur un certains nombre de phénomènes, en particulier sur les évolutions à long terme.

Les caractéristiques locales des sites, des modalités d'exploitation... sont souvent des paramètres prépondérants dans l'analyse. Cette situation rend aléatoire toute extrapolation à une zone particulière des résultats généraux observés sur un échantillon de sites. Cependant, il n'en reste pas moins que certains phénomènes apparaissent avec une fréquence suffisamment importante pour être mentionnés dans cette analyse.

8. 2. Synthèse de l'évaluation

Afin de permettre aux lecteurs de disposer d'une vision synthétique des principaux impacts générés par l'exploitation des carrières de granulats, nous présenterons ci-après une liste des impacts les plus importants, classés en fonction de leurs effets (positifs, négatifs ou variables selon les caractéristiques locales). Seuls sont retenus les impacts jugés significatifs, c'est-à-dire ceux présentant une fréquence régulière ou assez régulière et ayant une intensité forte à moyenne. Les impacts apparaissant plus rarement ou d'intensité plus faible ne sont pas rappelés.

Chapitre II Impacts potentiels des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

a) Impacts négatifs

Type d'impact	Remarques
- Mise à nu de la nappe et diminution de sa protection	- Impact régulièrement observé entraînant une augmentation de la vulnérabilité de la nappe alluviale face aux risques de pollution.
- Perturbation de l'écoulement des nappes	- Impact assez fréquent mais très variable selon les conditions locales, pouvant se traduire localement par des difficultés dans l'écoulement des nappes.
- Pertes par évaporation	- Impact régulier mais d'intensité relativement faible sauf localement en période de sécheresse.
- Pollution liée au remblaiement par des matériaux extérieurs	- Impact fréquent par le passé, devenu rare avec le renforcement de la législation et les précautions prises par la majorité des exploitants.
- Suppression d'un tronçon de berge du cours d'eau	- Impact très local, devenu rare avec le renforcement de la législation, pouvant entraîner des dommages importants lorsqu'un petit cours d'eau ou une noue est recoupée par un plan d'eau.
- Rejets de matières en suspension (MES)	- Impact de fréquence et d'importance moyenne pouvant entraîner localement des perturbations pour les petits cours d'eau, facilement évitable par la mise en œuvre de mesures particulières.
- Acidification des eaux	- Impact très local, lié à l'exploitation des roches massives acides (essentiellement en Basse Normandie) pouvant entraîner des dommages sur les petits cours d'eau mais facilement évitable par la mise en œuvre de mesures particulières.
- Destruction de zones humides	- Impact fréquent par le passé, devenu plus rare. Certains types de zones humides ne peuvent pas être reconstitués sur carrière ou avec beaucoup de difficultés (tourbières, prairies alluviales, forêts alluviales anciennes...).
- Altération de zones humides aux abords	- Impact assez fréquent mais souvent très local, facilement évitable par la mise en œuvre de mesures spécifiques.
- Perturbation des peuplements piscicoles	- Impact le plus souvent local, surtout gênant pour les cours d'eau de première catégorie.

Chapitre II Impacts potentiels des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

b) Impacts positifs

Type d'impact	Remarques
- Stockage des crues	- Impact assez fréquent sur certains tronçons de vallée, surtout pour les crues d'importance moyenne.
- Dénitrification	- Impact fréquent et très intéressant pour sa contribution à la lutte contre l'eutrophisation des nappes. Concerne essentiellement les plans d'eau relativement profonds (> 4 m).
-Création de nouvelles zones humides	- Impact positif devenu fréquent avec l'amélioration des conditions de remise en état et d'aménagement des carrières. Très favorable pour certains habitats tels que les formations aquatiques (potamaies), roselières, saulaies...
- Création de zones refuges pour la faune piscicole	- Impact ponctuel mais intéressant pour les carrières connectées avec les grands fleuves (rôle d'annexe hydraulique).
- Création d'habitats nouveaux pour la faune	- Impact positif devenu fréquent avec l'amélioration des conditions de remise en état et d'aménagement des carrières. Très favorable pour certains groupes tels que les oiseaux d'eau, certains amphibiens, les libellules...

c) Impacts variables selon les conditions locales

Type d'impact	Remarques
- Modification locale de la piézométrie	- Impact assez fréquent mais généralement d'intensité moyenne dont les retombées sont très variables dans un sens négatif (rabattement de la nappe...) ou positif (remontées de la nappe...) selon les sites.
- Modification des processus biogéochimiques	- Impact très fréquent mais d'intensité souvent moyenne. De nombreux paramètres physico-chimiques varient avec la mise à nu de la nappe sans que l'on puisse dire clairement dans quels sens vont les impacts compte tenu de la complexité des interactions et de la diversité des situations locales.

9. Conclusion

Les impacts des carrières sur les eaux de surfaces, les eaux souterraines et les milieux aquatiques sont multiples tels que :

- augmentation de la pente de la ligne d'eau en amont et érosion régressive,
 - érosion progressive liée au déficit dans le débit solide de la rivière en aval,
 - déstabilisation des berges,
 - élargissement du lit, mise à nu de substrats fragiles, apparition de seuils rocheux,
 - assèchement des anciens bras du fleuve, s'il y en a,
 - dommages sur les fondations des ouvrages,
 - abaissement du niveau des nappes alluviales et perturbations des relations rivière-nappe, notamment par colmatage ou abaissement excessif de la ligne d'eau,
- Pour des gravières colmatées, l'écoulement de la nappe est ralenti voire détourné. En effet, il se crée un phénomène de barrages qui entraîne une augmentation du niveau de la nappe à l'aval avec risques de débordement et une mise en charge à l'amont. Ce cas de figure a été mis en évidence sur les carrières d'Egligny et de Vimpelles (SCHANEN, 1998 [7] *in* FNE, 2000). Cette situation peut être favorable au maintien des zones humides. Si l'écoulement se fait sous la gravière, plus la gravière sera profonde, plus la réalimentation de la nappe sera difficile et plus le gradient hydraulique sera accru en aval.
- Pour les gravières non colmatées, on assiste à un retour horizontal du niveau de la nappe dans le plan d'eau. Il y a rabattement de la nappe à l'amont (baisse du niveau piézométrique) et élévation à l'aval.
- Des simulations d'impacts hydrauliques réalisées dans la plaine du Perthois ont pu déterminer les niveaux potentiels de modifications du niveau piézométrique (BRGM, 1994) [37]. Dans le cas d'une gravière non colmatée, la modification amont maximale du niveau était de -80 cm pour une modification maximale à l'aval de + 62 cm. Dans le cas d'une gravière colmatée, l'écart respectif était de +30cm à l'amont et -30 cm à l'aval. Cependant, ces valeurs décroissent rapidement (sur quelques dizaines de mètres) avec la distance à la carrière.

Les extractions de granulats en lit mineur et en lit majeur ont un impact hydrodynamique se traduisant par une modification du régime d'écoulement de la nappe au voisinage de l'excavation ; les valeurs de relèvement et de rabattement en amont et en aval de l'excavation étant fixés par le degré de colmatage. Par ailleurs, les gravières ont des impacts sur les crues de rivières. Plus généralement, de par leurs positions, elles peuvent interrompre les relations latérales entre le cours d'eau et sa plaine alluviale avec des conséquences sur la vie aquatique.

Chapitre II Impacts potentiels des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

Ce type d'effet doit cependant être nuancé en fonction du lieu d'implantation de la gravière dans la plaine alluviale ; la position de la gravière s'appréciant selon une dimension latérale et longitudinale (fig 9).

La première dimension traduit le degré de connectivité hydraulique entre l'axe principal du cours d'eau et la gravière : permanent lorsqu'elle se situe dans le lit mineur, temporaire pour l'espace de mobilité et déconnecté du fleuve pour le lit majeur.

La deuxième dimension considère le profil en long de la rivière conduisant de la source à l'estuaire. Ce profil est marqué par une atténuation de la pente au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'estuaire. Cette variation de pente permet de distinguer d'un point de vue géomorphologique :

- le cours supérieur (Crénon) caractérisé par un courant rapide, des sédiments grossiers, des températures de l'eau fraîches et une bonne teneur en oxygène. La rivière présente un lit droit ou rectiligne,
- le cours moyen (Rhitron) représenté par un lit en tresses ou anastomosé,
- le cours inférieur à méandres (Potamon) au courant plus lent, au fond sableux à vaseux, caractérisé par des températures moyennes plus élevées que dans le cours supérieur, des oxygénations variables.

De par ces caractéristiques morphologiques et physico-chimiques, le cours supérieur et inférieur est le domaine préférentiel des truites (régions salmonicoles) tandis que la partie inférieure héberge les poissons blancs (régions cyprinicoles) ; les deux régions pouvant elles-mêmes être subdivisées en fonction des poissons dominants.

Aussi, l'implantation de gravières dans l'espace de mobilité des cours d'eau présente le plus d'impacts négatifs.

Or, les gravières peuvent, sous certaines conditions contribuer à accroître la biodiversité des zones humides dégradées environnantes. Cette contribution nécessite cependant une évaluation précise des interactions entre nappe rivière et bassins pour laquelle les outils de simulation utilisant des modèles hydrauliques et hydrodynamiques peuvent rendre de réels services.

Chapitre II

IMPACT POTENTIEL DES EXTRACTIONS DES GRANULATS SUR LES MILIEUX AQUATIQUES ET LES ZONES HUMIDES

1. Introduction

Ce chapitre représente une recherche bibliographique sur l'extraction des granulats au niveau des oueds à cet effet on a cité comme exemples l'extraction des granulats au niveau du bassin de Seine Normandie, bassin de l'Oise et de l'Aisne et la plaine du Perthois de la France car ils sont plus proches et similaires à notre cas d'étude.

Les impacts potentiels des extractions et des travaux divers sur le milieu aquatique et les zones humides sont variées. La liste qui en est fournie ci-après a pour objectif de faciliter la prise en compte de cette problématique sous ses divers aspects.

2. Extractions dans le lit mineur des cours d'eau

L'arrêté du 22/9/94 (article 11.2) définit le lit mineur comme "le terrain recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant tout débordement".

Pour tenir compte des rivières à lit mobile, la fiche thématique n°19 du SDAGE [6] Rhône Méditerranée Corse précise cette définition du lit mineur de la façon suivante : "espace fluvial formé d'un chenal unique ou de chenaux multiples et de bancs de sables ou de galets, recouverts par les eaux coulant à pleins bords avant débordement".

Les extractions en lit mineur étant interdites, les prélèvements de matériaux ne peuvent y avoir pour objet que l'entretien ou l'aménagement, il s'agit alors de dragages (arrêté du 22/9/1994).

Les extractions de matériaux dans le lit mineur des cours d'eau ont pu avoir certains impacts sur le milieu naturel :

a) Impact potentiel sur le milieu physique

L'extraction de matériaux, lorsqu'elle est génératrice d'un approfondissement du lit mineur d'un cours d'eau peut avoir des conséquences dommageables pour le milieu physique (lit du cours d'eau et nappe alluviale associée) :

- Abaissement de la ligne d'eau (lorsque les prélèvements dans le stock de matériaux accumulés sont supérieurs aux apports) avec :

Chapitre II Impacts potentiels des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

- augmentation de la pente de la ligne d'eau en amont et érosion régressive,
- érosion progressive liée au déficit dans le débit solide de la rivière en aval,
- déstabilisation des berges,
- élargissement du lit, mise à nu de substrats fragiles, apparition de seuils rocheux,

- assèchement des anciens bras du fleuve, s'il y en a,
- dommages sur les fondations des ouvrages,
- augmentation de la vitesse de propagation des crues et réduction des champs d'inondation, par abaissement du lit de la rivière,
- abaissement du niveau des nappes alluviales et perturbations des relations rivière-nappe, notamment par colmatage ou abaissement excessif de la ligne d'eau,
- dépérissement de la végétation riveraine,
- déstabilisation du milieu interstitiel.

Tous ces phénomènes peuvent s'étendre aux affluents en l'absence de fonds résistants.

b) Impact potentiel sur l'hydrobiologie et la qualité des eaux

Le bouleversement des conditions morphologiques et dynamiques du cours d'eau a pu avoir dans certains cas de graves conséquences, même après cessation des travaux :

- profonde modification, voire destruction, de l'habitat aquatique d'où un appauvrissement de la faune,
- destruction ou suppression de sites privilégiés de reproduction et de refuge pour les poissons,
- destruction de la végétation aquatique,
- accélération de l'eutrophisation par réchauffement des eaux, en cas de cloisonnement du cours d'eau ou de diminution de la lame d'eau,
- création d'obstacles difficilement franchissables par les poissons (seuils rocheux).

Ces bouleversements peuvent être constatés au niveau de l'exploitation, mais aussi, du fait des phénomènes d'érosion sur des tronçons qui peuvent être importants à l'aval et à l'amont. Ils ne sont pas réversibles après cessation de l'exploitation.

De plus, la mise en suspension de fines particules, lors de l'exploitation des matériaux, provoquent une augmentation de la turbidité de l'eau préjudiciable à l'ensemble des usages. Les conséquences de ce phénomène sont principalement :

- la dégradation de la qualité des eaux (ralentissement du processus d'auto-épuration),
- l'asphyxie de certains invertébrés aquatiques, exigeants sur la teneur en oxygène du milieu, qui participe activement au processus d'auto-épuration,
- l'asphyxie de la végétation aquatique aggravant encore le déficit en oxygène,
- la diminution de la biomasse du cours d'eau,

- le colmatage des interstices entre les galets, qui détruisent les frayères et l'habitat des invertébrés et des poissons,
- des dommages aux individus causés par les matières en suspension.

3. Extractions dans le lit majeur des cours d'eau et les aquifères alluvionnaires

3.1. Le lit majeur est défini par la fiche thématique n°19 du SDAGE [6] Rhône Méditerranée Corse comme "l'espace situé entre le lit mineur et la limite de la plus grande crue historique répertoriée". Les lits majeurs sont largement artificialisés (extractions de granulats, agriculture, habitat, industrie) mais ils possèdent aussi des zones humides telles des forêts alluviales à bois tendres ou à bois durs, des dépressions et anciens bras en eau, des prairies inondables.

La réglementation prévoit notamment que :

- la distance minimale séparant les limites de l'extraction des limites du lit mineur des cours d'eau ou des plans d'eau traversés par les cours d'eau, ne peut être inférieure à 35 mètres vis-à-vis des cours d'eau ayant un lit mineur d'au moins 7,5 mètres de largeur (arrêté du 22 septembre 1994),
- les extractions doivent être suffisamment éloignées du lit mineur pour éviter une captation par le cours d'eau (circulaire du 4 mai 1995),
- l'exploitation d'une carrière en lit majeur ne doit pas impliquer de mesures hydrauliques compensatrices (il s'agit de tout type de protection des berges ou d'endiguement) sauf nécessité dûment justifiée (circulaire du 4 mai 1995),

Il comprend :

a) l'espace de liberté des cours d'eau : "espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre la mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres".

La méthodologie de délimitation de l'espace de liberté, mise au point par Bavard, Piegay et leurs collaborateurs, est résumée ci-après. On pourra se référer, pour plus d'information, au guide technique correspondant.

La délimitation de l'espace de liberté se fait grâce à l'identification de trois espaces de liberté emboîtés (fig 6) :

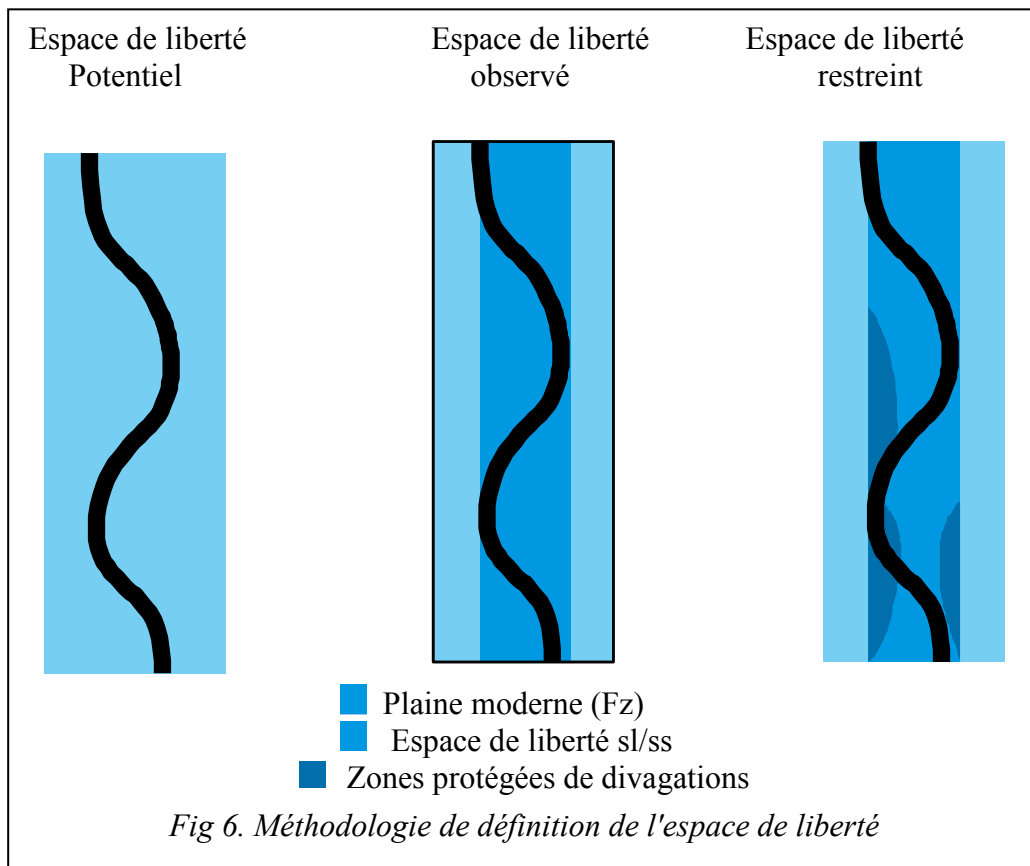
- L'espace de liberté potentiel :- le plus grand, est identifié à partir de l'étude des cartes géologiques et correspond aux alluvions de la plaine moderne,
- L'espace de liberté observé (ou espace de liberté au sens large) :- est inclus dans l'espace de liberté potentiel et correspond au corridor à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales. Il est souhaitable que sa largeur soit définie par la translation maximale des chenaux à différentes dates d'observation depuis 50 ans, repérée par l'étude des cartes et des photographies

aériennes, pour au moins trois dates au cours de ces 50 dernières années, avec un intervalle optimal de 20 ans.

- L'espace de liberté restreint (ou espace de liberté au sens strict) :- correspond à l'espace de liberté observé, exclusion faite des zones protégées des divagations (berges protégées naturellement ou après aménagement, etc.). Celles-ci sont repérées par des reconnaissances de terrain qui complètent les données précédentes. Il conviendra de ne pas considérer comme définitives toutes les protections de berges contre l'érosion mais d'évaluer au cas par cas ces aménagements en fonction des techniques utilisées.

En pratique, l'espace de liberté qui sera retenu à l'issue des études correspondantes, sera défini à partir de l'espace de liberté observé, en prenant en compte l'espace de liberté restreint et en identifiant clairement :

- les zones à protéger physiquement contre les déplacements latéraux du lit (enjeux économiques forts),
- les zones ayant le statut de zones de divagations potentielles, y compris des zones actuellement protégées "à rendre à la rivière" (enjeux écologiques et fonctionnels forts).



b) les annexes fluviales : "ensemble des zones humides au sens de la définition de la loi sur l'Eau ("terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau, de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année") en relation temporaire ou

permanente avec le milieu courant par des connexions soit superficielles soit souterraines : iscles, îles, lônes, bras morts, prairies inondables, forêts inondables, ripisylves, sources et rivières phréatiques..."

c) Les aquifères alluvionnaires comprennent les alluvions récentes et les massifs alluvionnaires correspondant à des dépôts généralement plus anciens et qui se rencontrent en diverses situations :

- terrasses en position morphologique plus élevée que le cours d'eau principal,
- grands massifs alluvionnaires, d'origine fluviale ou fluvio-glaciaire, qui ne correspondent plus à des vallées nettement individualisées mais qui constituent des aquifères à fortes potentialités comme par exemple la plaine de Bièvre, l'Est Lyonnais, la Vistrenque, la Crau.

3. 2. Impact potentiel sur les eaux superficielles

Outre les conséquences sur les zones humides, partie intégrante de l'hydrosystème, les exploitations dans le lit majeur des cours d'eau et les aquifères alluvionnaires sont susceptibles :

- de constituer des obstacles à la propagation des crues du fait des aménagements de protection (enrochements ou endiguements) souvent nécessaires,
- de provoquer des problèmes d'érosion qui peuvent être graves, avec risque de captation du cours d'eau,
- d'augmenter la vitesse d'écoulement vers l'aval par diminution du "coefficient de frottement" de la vallée (dans le cas de carrières en eau),
- de modifier le régime des écoulements superficiels, avec en particulier des débits d'étiage plus sévères du fait de l'altération du pouvoir tampon des nappes alluviales. Cet effet est d'autant plus sensible que le cours d'eau est de faible débit. Il peut effectivement induire l'altération de tous les milieux dont le fonctionnement est étroitement lié au régime des eaux (bras morts, par exemple),
- d'augmenter le risque de pollution des eaux par lessivage des installations et des stockages (augmentation du débit solide, hydrocarbures, etc.).

a) Effets sur le régime hydrologique

Les effets d'une gravière sur les crues sont très variés selon la configuration des sites, l'hydraulique et l'hydrogéologie du cours d'eau. Ils peuvent être positifs ou négatifs, directs ou indirects (par échange nappe-rivière) et ressentis selon le cas soit au droit du site, soit en amont, soit en aval. SCHANEN (1998) [7] in FNE (2000), sur la Bassée, montre un effet barrage important par mise en charge de la nappe qui s'étend sur près de 5 km le long du cours d'eau.

◆ Effets positifs sur les crues

En général si les crues sont de faible intensité, les effets positifs seront un écrêtement des crues par stockage dans les masses d'eau que constituent les gravières, notamment par absorption d'une partie de l'aquifère. Cet effet a déjà été

signalé sur le secteur de la Bassée en amont de la Seine ainsi que dans la vallée de l'Oise (Czernichowski-Lauriol, 1999 [8] in FNE, 2000). On observe également à posteriori une restitution de l'eau progressive au cours d'eau en phase de décrue.

Ces effets bénéfiques ont amené à la reconversion des sites d'exploitations en bassins écrêteurs de crues notamment dans le bassin de Compiègne sur l'Aisne et l'Oise.

◆ *Effets négatifs sur les crues*

Certains effets négatifs ont été analysés sur le bassin (Czernichowski-Lauriol, 1999 [8] in FNE, 2000) avec notamment :

- une aggravation par stockage possible, suivie par un débordement à l'amont ou l'aval selon le degré de colmatage dans le cas de grosses crues ;
- l'aménagement du site d'exploitation pouvant amener des obstacles à l'écoulement des crues, d'où une aggravation de la crue en amont ou au droit du site. C'est le cas pour certaines digues d'anciennes exploitations par exemple qui peuvent encore persister ponctuellement dans certains secteurs comme sur la vallée de l'Aisne et l'Oise (Hydratec & UNICEM, 1998) [9];
- de la même manière, l'aménagement des sites d'exploitation pouvant engendrer des modifications topographiques avec pour conséquence par exemple des modifications de l'écoulement des crues lors de mise en dépression des reliefs. Cependant cet impact peut parfois être positif.

◆ *Impact sur les étiages*

Les perturbations des échanges nappe-rivière peuvent potentiellement avoir des conséquences positives ou négatives non négligeables sur les débits d'étiage.

- Les effets peuvent être négatifs par diminution des débits instantanés de soutien d'étiage notamment dans le cas des gravières non colmatés.
- Les effets peuvent être positifs et soutenir les débits d'étiage si le drainage de la nappe est retardé dans le cas de gravières colmatées par exemple.

Ces impacts pourront être d'autant plus importants que le cours d'eau est petit et le nombre de gravières élevées.

b) Réduction de la zone de divagation des cours d'eau

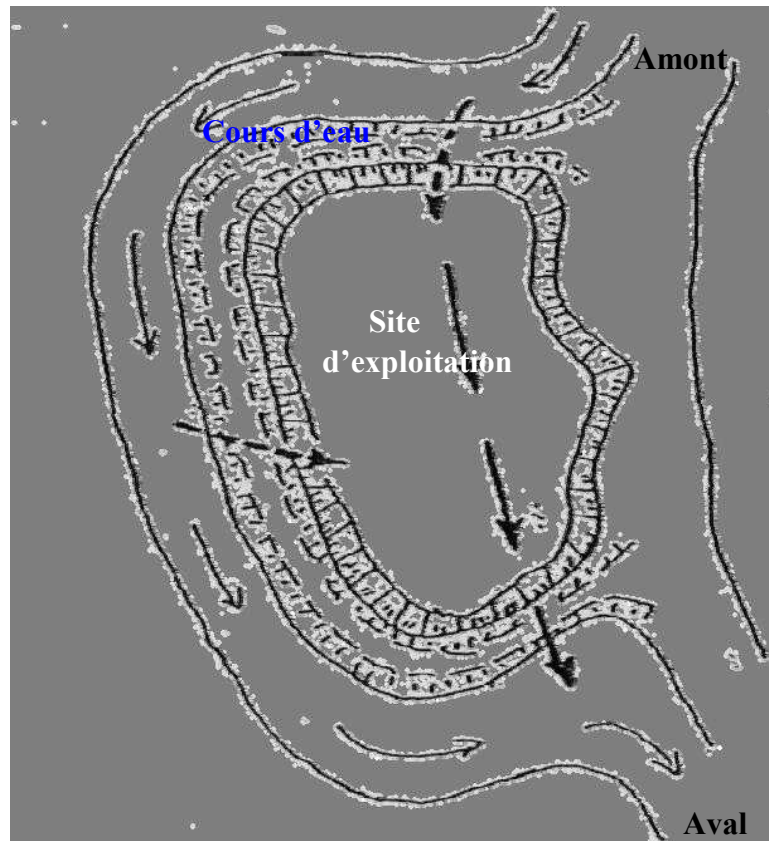
La fixation des berges, le plus souvent à l'aide d'enrochement pour éviter l'érosion, provoque une perte de la mobilité du cours d'eau qui se traduit par une modification de son équilibre dynamique.

Les conséquences potentiellement prévisibles sont alors principalement une augmentation de l'érosion du lit et des autres zones de berges sur le secteur et éventuellement un risque de capture de gravière par le cours d'eau à l'aval. Ces phénomènes contribuent à une chenalisation du cours d'eau d'autant plus importante que

les exploitations se succèdent et représentent un linéaire important et que la mobilité du lit du cours d'eau est élevée. Cela peut entraîner un risque accru de débordement en aval.

c) Capture du cours d'eau

C'est le phénomène de court-circuit d'un méandre ou de détournement de l'écoulement de la rivière par la gravière. La berge séparant la gravière du lit est alors érodée et le lit est capturé par la succession des gravières qui procure un axe d'écoulement préférentiel. Ce phénomène est illustré par la figure 7.



* : Les flèches en gras représentent le sens d'écoulement préférentiel ; Source : SCE d'après FNE, 2000

Fig 7. Capture du cours d'eau par la gravière

Le phénomène sera d'autant plus fort que le dénivelé sera important entre le lit mineur et les gravières à l'aval. Si le cours d'eau passe dans la gravière, on pourra observer les mêmes phénomènes engendrés par l'extraction en lit mineur c'est-à-dire une déstabilisation du lit avec notamment une érosion régressive et progressive pour combler l'excavation de la gravière.

Ce phénomène est à associer aux crues, périodes où l'énergie du cours d'eau est maximale.

Des cas de capture de cours d'eau ont été observés sur le bassin Seine-Normandie notamment sur l'Oise à Chatillon-sur-Oise, Travecy et Condren (Czernichowski-Lauriol,

1999 [8] in FNE, 2000).

Il est à noter que lors de la modification brutale de l'écoulement, le phénomène de crues peut potentiellement être amplifié de même que le risque d'inondation en aval. Les effets sont souvent très négatifs sur le plan hydrologique mais peuvent être positifs sur le plan biologique en créant des annexes hydrauliques au fleuve.

3. 3. Impact potentiel sur les eaux souterraines

Les extractions dans le lit majeur et dans les aquifères alluvionnaires, lorsqu'elles atteignent la nappe phréatique, se substituent au gisement d'eau souterraine. Il s'en suit des discontinuités et différents impacts au niveau des eaux souterraines :

- ◆ L'impact volumétrique apparaît généralement lors de la mise à l'air ambiant de l'eau de la nappe et par la formation d'un plan d'eau. Comme toute masse d'eau à l'air libre, cet impact est donc soumis aux phénomènes d'évaporation qui peuvent entraîner une perte d'eau importante selon les conditions. D'un autre côté, la nappe pourra alors bénéficier d'apports directs par les précipitations et le ruissellement. Le bilan peut être positif ou négatif selon les cas mais souvent déficitaire avec des pertes atteignant 8 m³/j/ha d'après une étude sur la Marne en plaine du Perthois (Fustec, 1993) [10] et de 6 à 11 m³/j/ha d'après une étude sur le secteur de la Bassée (SCHANEN, 1998 [7] in FNE, 2000).
- ◆ Durant l'opération d'extraction au niveau de la nappe, le volume de granulats extraits est comblé par un volume d'eau de la nappe équivalent. Le niveau global de la nappe aura donc tendance à baisser.
- ◆ De plus, la mise à l'air libre de la nappe entraîne une augmentation artificielle de la transmissivité de l'aquifère et modifie l'écoulement souterrain. La surface piézométrique de la nappe est perturbée à l'amont et à l'aval de la gravière.
- ◆ Les conséquences sont très différentes selon les communications éventuelles avec le cours d'eau, le degré de colmatage de la gravière, profondeur de son orientation par rapport au sens d'écoulement de la nappe.
- ◆ Pour une gravière ouverte c'est-à-dire avec mise en relation de la gravière au cours d'eau par un canal, on observera généralement un drainage accru de la nappe si le canal est situé à l'aval et au contraire une alimentation de la nappe si le canal est situé en amont (Fig 9e).
- ◆ Pour des gravières colmatées, l'écoulement de la nappe est ralenti voire détourné. En effet, il se crée un phénomène de barrages qui entraîne une augmentation du niveau de la nappe à l'aval avec risques de débordement et une mise en charge à l'amont. Ce cas de figure a été mis en évidence sur les carrières d'Eglinny et de Vimpelles (SCHANEN, 1998[7] in FNE, 2000). Cette situation peut être favorable au maintien des zones humides. Si l'écoulement se fait sous la gravière, plus la gravière sera profonde, plus la réalimentation de la nappe sera

difficile et plus le gradient hydraulique sera accru en aval (Fig 9b).

◆ Pour les gravières non colmatées, on assiste à un retour horizontal du niveau de la nappe dans le plan d'eau. Il y a rabattement de la nappe à l'amont (baisse du niveau piézométrique) et élévation à l'aval (Fig 9a).

◆ Des simulations d'impacts hydrauliques réalisées dans la plaine du Perthois ont pu déterminer les niveaux potentiels de modifications du niveau piézométrique (BRGM, 1994) [37]. Dans le cas d'une gravière non colmatée, la modification amont maximale du niveau était de -80 cm pour une modification maximale à l'aval de + 62 cm. Dans le cas d'une gravière colmatée, l'écart respectif était de +30cm à l'amont et -30 cm à l'aval. Cependant, ces valeurs décroissent rapidement (sur quelques dizaines de mètres) avec la distance à la carrière.

Des rabattements excessifs, ou la multiplication des gravières en eau ("mitage" de la nappe alluviale), peuvent engendrer des effets sur :

- la stabilité des ouvrages (tassements différentiels des horizons supérieurs),
- les milieux naturels (assèchement de zones humides) et le débit d'étiage des cours d'eau.
- l'exploitation des eaux (diminution de la productivité des captages, voire dénoyage des pompes).

Le nombre et l'orientation des gravières affectent le régime d'écoulement des eaux souterraines. A surface égale, le débit augmente avec le nombre de gravières. Dans le cas des gravières non colmatées, une succession de plans d'eau moyens aura des effets proches d'un seul plan d'eau. En revanche, s'il y a colmatage, la succession de plans d'eau aura un impact moindre qu'une grande gravière d'un seul tenant. En outre, une gravière allongée aura un impact piézométrique plus fort qu'une gravière perpendiculaire au sens d'écoulement.

L'ensemble de ces perturbations de la nappe peut provoquer des conséquences négatives sur la productivité des captages d'eau. Il a ainsi été signalé par exemple une diminution de la production des captages de 20% sur la Seine (Fandol, 1993) [11]. Certains impacts potentiels sont à craindre sur la végétalisation, la stabilité des sols et les échanges nappe-rivière donc le débit des cours d'eau.

Le décapage des formations superficielles (terre végétale et matériaux alluvionnaires non saturés) augmente la vulnérabilité des eaux souterraines aux diverses pollutions, chroniques ou accidentelles, de surface (celles résultant de l'exploitation d'abord, puis celles résultant des activités sur le site après réaménagement).

La mise à nu de la nappe lui ôte toute protection naturelle et ouvre un accès direct à tout type de pollution. Elle accroît, en outre, l'amplitude de ses variations thermiques.

4. Extractions dans les zones humides

Les gravières, lorsqu'elles portent atteinte directement ou indirectement à des zones humides (annexes fluviales, prairies humides, marais, tourbières...), peuvent occasionner de graves dommages :

- destruction de zones qui présentent un fort intérêt écologique et jouent un rôle important dans le fonctionnement des cours d'eau et, plus généralement, de l'ensemble des hydro systèmes liés à ceux-ci,
- banalisation et artificialisation de ces milieux dont les caractéristiques écologiques se trouvent transformées,
- appauvrissement de la flore et de la faune par disparition de leur habitat.

5. Extractions de roches massives

Les impacts sur l'eau des extractions en roches massives, bien que moins importants que ceux des extractions de matériaux alluvionnaires, n'en sont pas moins réels. Ils résultent principalement des rejets de matières en suspension, résultat du lavage des matériaux et du lessivage de l'exploitation par les pluies (fronts de taille, stockages, pistes et installations). Ces rejets peuvent entraîner des perturbations de la qualité du milieu aquatique récepteur des eaux de ruissellement (augmentation de la turbidité et, dans certains cas, modification chronique de la qualité des eaux ou pollution accidentelle).

Certaines carrières de roches massives peuvent, dans certains cas, perturber l'écoulement des eaux souterraines, ou concerner des zones humides.

6. Analyse des effets directs et indirects de l'extraction des granulats alluvionnaires en eau sur l'environnement

Tout nouveau projet de gravière s'inscrit dans un contexte environnemental où existe déjà d'anciennes gravières réaménagées ou non, des gravières en cours d'exploitation avec un projet d'aménagement défini, des captages d'alimentation en eau potable. L'insertion d'une nouvelle extraction nécessite donc à tous égards la prise en considération des différentes composantes de l'environnement.

Au plan hydrogéologique, les impacts concernent les écoulements souterrains et parfois les écoulements de rivière.

De plus, face à l'importance prise par le paysage dans les nouvelles orientations législatives (obligation de remise en état des carrières, loi paysage) et au flou qu'il existe souvent autour de cette même notion de paysage, il convient de la définir précisément et de recenser les méthodologies d'analyse existantes afin de prendre en compte les enjeux paysagers lors de l'évaluation du projet de carrière.

6.1. Impacts hydrodynamiques et morphodynamiques

Le cours d'eau et sa plaine alluviale constituent un système dynamique, où les contacts et échanges entre eaux superficielles et eaux souterraines sont en général intenses et continus. Ces échanges ont lieu dans les deux sens : de la nappe alluviale vers les cours d'eau en période d'étiage et inversement en période de crue (AMOROS ,1993) [12]. Toute modification physique ponctuelle causée par l'extraction de granulats alluvionnaires entraîne une perturbation du fonctionnement de ce système. Ces effets sur la qualité des écosystèmes fluviaux et des nappes alluviales associées sont variables dans l'espace.

Pour les gravières situées en lit mineur, les effets sont relativement bien connus et sont à l'origine de l'arrêté ministériel du 22 Septembre 1994 interdisant toute nouvelle autorisation d'extraction en lit mineur. On peut citer par exemple les phénomènes d'érosions régressives du lit du cours d'eau, d'approfondissement du lit de la rivière provoquant le déchaussement de ponts et d'ouvrage, de modification du tracé du lit de la rivière, la destruction de frayères... Cette décision a conduit les exploitants à déplacer leur activité vers le lit majeur du cours d'eau.

Pour les gravières situées en lit majeur, les impacts associés aux extractions semblent très localisés dans l'environnement même de la gravière et ne concernent que les écoulements souterrains.

Nous recensons ici les effets potentiels des deux grands types d'extraction alluvionnaire en eau (le lit mineur, lit majeur) identifiés selon leur degré de connectivité avec le cours d'eau et la nappe alluviale. On examinera successivement :

- les extractions en lit mineur en contact avec les écoulements de rivière,
- les extractions en lit majeur, en distinguant celles qui sont connectées de manière permanente ou temporaire (par débordement de la rivière lors des crues) au cours d'eau et la nappe alluviale par le fond et les berges de l'excavation, et celles rarement connectées au cours actif (crue centennale) et en contact permanent avec la nappe alluviale.

a) Impacts sur les écoulements souterrains

La présence de gravières dans la plaine alluviale où le toit de la nappe phréatique est proche de la surface topographique génère des perturbations sur les écoulements souterrains. L'implantation d'une gravière dans un milieu aquifère revient à remplacer une partie du milieu poreux par une zone ayant une porosité de 100 % et une transmissivité infinie.

PEAUDECERF (1975) [13] a étudié les perturbations hydrodynamiques causées par les gravières sur la nappe d'eau souterraine. Elles se traduisent par une modification de la surface piézométrique de la nappe à l'amont et à l'aval de l'excavation. L'intensité de l'impact dépend à la fois des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère déterminant les valeurs du gradient hydraulique, et des caractéristiques propres à la gravière telles le

degré de colmatage des berges, l'orientation du bassin par rapport au sens d'écoulement de la nappe, les éventuelles communications avec un cours d'eau.

* Les facteurs propres à l'aquifère

Les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère vont conditionner les échanges nappe-gravières. L'extension de la nappe, son mode d'alimentation (distinct ou non de la rivière), l'anisotropie éventuelle des alluvions, leur hétérogénéité spatiale est des facteurs qui vont définir les conditions d'échange. La notion d'échange se fait de façon dynamique et essentiellement transitoire. Les phénomènes d'inertie volumique des gravières devront être déterminés lors d'une remontée ou d'une baisse du niveau piézométrique.

Globalement le comportement de la nappe a les caractéristiques suivantes :

- une grande constante de temps,
- un effet tampon sur les variations de courte période ou faible distance,
- une sensibilité plus grande aux variations de grandes périodes (variations saisonnières)

* Les facteurs propres à la gravière

Les caractéristiques de la gravière influent sur le sens et l'intensité des échanges hydriques. On retiendra :

* Le degré de colmatage du milieu poreux perméable :- Les berges et le fond des gravières se modifient au cours des années. Dès le début de l'exploitation, les fines liées à l'extraction des granulats sédimentent au fond des gravières. Ensuite, la recolonisation écologique par les espèces végétales aquatiques et les animaux d'eau douce entraîne un apport de matière organique dans les plans d'eau. De même, le ruissellement sur les berges, leur instabilité mécanique provoque le dépôt de particules minérales. En période de crue, la rivière dépose des limons qui viennent enrichir les plans d'eau au demeurant très pauvres par absence de véritable fond.

Ces processus de colmatage conduisent à une diminution de la perméabilité de la surface de contact nappe-gravière et constituent ainsi un facteur limitant des échanges hydriques.

Les processus intervenant dans le colmatage d'une gravière sont de trois natures (tableau 3) :

CASTANY (1977) [14] a défini le colmatage comme étant la " réduction de la perméabilité d'un milieu poreux, notamment au voisinage de la paroi d'un puits, d'un forage ou de la berge du lit d'un cours d'eau, par accumulation d'éléments fins apportés par l'eau, quelle que soit leur provenance (de l'aquifère, du puits ou d'un cours d'eau de surface). Le phénomène inverse est l'érosion souterraine.

Tableau 3. Description du phénomène de colmatage des berges d'une gravière (d'après DURBEC A., 1986).

Nature du processus	Agent(s) responsable(s)	Observation
Physique	Algue, détritux, matières en suspension, bulle de gaz piégées.	-Manifestation initiale du colmatage. -Rôle important de la granulométrie des matières en suspension.
Chimique	-Argiles. -Sels métalliques de Fer, Mn, Cui, Zn..... Ou alcalino-terreux. CO ₃ , SO ₄ ...	-Phase suivante du colmatage. -Gonflement / capacité d'échange en cations. - Précipitation d'hydroxydes. -Précipitation, formation de colloïdes.
Biologique	-Accumulation de polysaccharides. -Prolifération des bactéries.	-Phase terminale de colmatage. -Dégagement gazeux, développement d'un substrat de matière vivante oblitérant les pores.

-physique :- correspondant au dépôt de matières solides en suspension essentiellement au fond de la gravière,

-chimique :- résultant du mélange des eaux de compositions différentes et d'interactions eau-solide conduisant à des dissolutions et/ou des précipitations. Ce processus affecte notamment les eaux chargées en calcium : l'augmentation du pH (activité autotrophe) entraîne le gonflement des carbonates et des argiles.

-biologique :- lié à la présence, dans l'eau de la gravière, de nutriments susceptibles de favoriser un développement bactérien dont les sécrétions colmatent les interstices du milieu poreux.

Traditionnellement, les auteurs distinguent le colmatage externe et interne d'une gravière (fig 8).

Le colmatage externe produit un *cake* à la surface du milieu poreux filtrant lorsque les particules en suspension et/ou les agrégats de particules ont des dimensions comparables ou plus grandes que celles des grains du milieu ; elles ne peuvent en conséquence pas pénétrer.

Le colmatage interne a lieu lorsque les particules sont de dimension suffisamment petites pour pénétrer dans le milieu poreux et être piégées mécaniquement (Il s'agit des forces d'inertie liées aux courbures des lignes de courant, des forces de frottement et de gravité (sédimentation)).

Le colmatage physico-chimique s'exerce lorsque les petites particules, les colloïdes, dont la taille est comprise entre 0.001 et 2 μ , est extraites de l'eau du bassin où elles se trouvent en suspension, par le jeu des forces physiques et/ou chimiques (Les surfaces des particules sont chargées électrostatiquement. Les forces électrostatiques de Vander Waals déterminent les attractions particule - particule et particule – grains de la phase solide du milieu poreux) s'exerçant entre les particules et la phase solide.

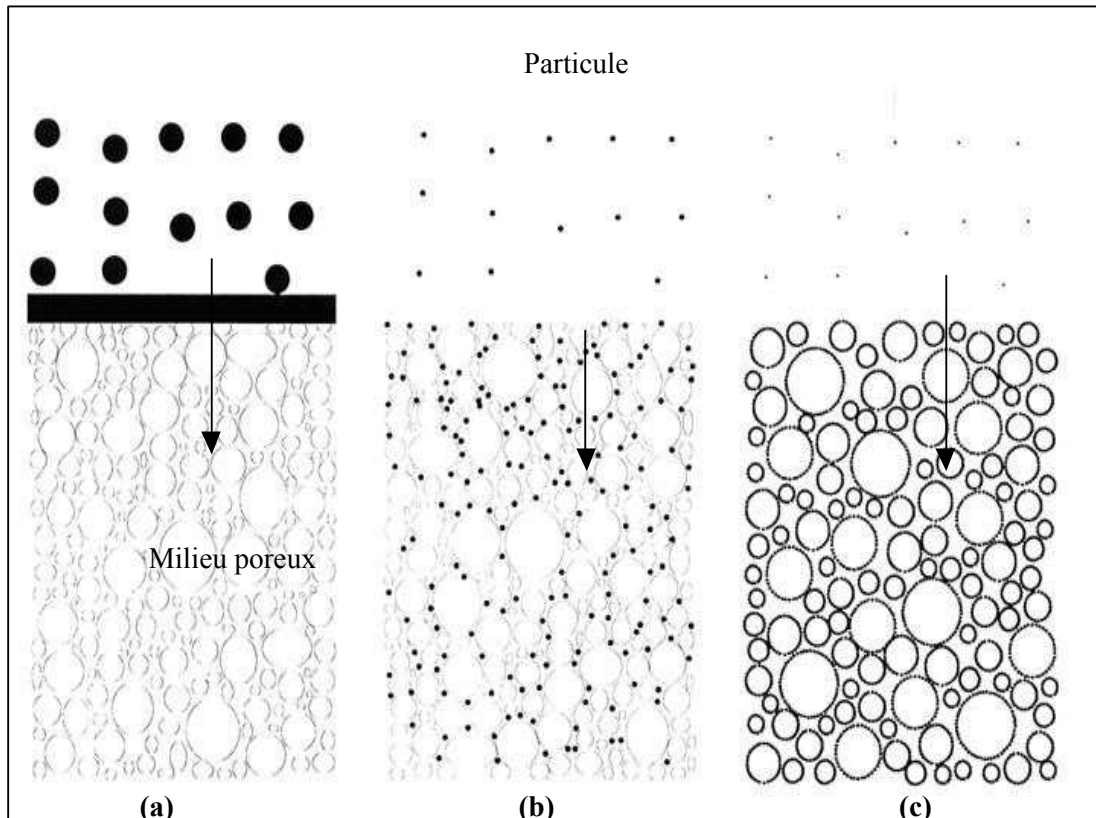


Fig 8. Représentation des trois modes de colmatage s'exerçant sur les berges et le fond de la gravière. (a) externe, (b) interne et (c) physico-chimique (d'après MAC DOWELL-BOYER, 1986).

D'un point de vue hydrogéologique, le colmatage se caractérise par une diminution de la conductivité hydraulique des berges et du fond de l'excavation.

SHAINBERG et SINGER (1986) [15] (in LEVASSOR, 1995) décrivent une réduction de 2 à 3 ordres de grandeur de la conductivité hydraulique du fond, provoquée par l'épandage d'une eau turbide.

DILYUNAS (1976) [16] (in LEVASSOR, 1995) décrit une réduction d'un facteur 100 de la conductivité hydraulique dans les 5 premiers cm, et d'un facteur 5 à 7 entre 5 et 20 cm pour un épandage d'une eau contenant 10 à 30 mg/l des matières en suspension (MES).

SCHANEN (1998) [7] évalue la durée de colmatage du fond et de berges d'une gravière à respectivement 2 et 20 ans.

* Conséquences du colmatage des bassins sur le piézomètre

L'extraction des granulats dans l'aquifère se traduit par un retour à l'horizontale du niveau d'eau devenue libre dans l'excavation.

Ainsi, une gravière récente non colmatée, a tendance à faire converger les écoulements vers elle. Elle crée une zone de surélévation piézométrique à l'aval et un rabattement à l'amont. Deux fronts dans l'écoulement souterrain peuvent être individualisés (Fig 9 a) :

- le front hydrodynamique de drainance qui correspond à l'apport d'eau souterraine à la gravière. L'effet de drain résulte de la convergence des lignes de courant vers le milieu gravière plus transmissif.
- le front hydrodynamique d'alimentation qui traduit la restitution de l'eau de la gravière à la nappe alluviale.

On observe donc une baisse du niveau piézométrique à l'amont immédiat de la gravière et une élévation à l'aval par rapport à l'état initial du site. Ces perturbations s'accompagnent d'une augmentation du gradient hydraulique local.

Une gravière colmatée crée un obstacle dans l'écoulement entraînant une élévation piézométrique à l'amont et un rabattement à l'aval (Fig 9b). Ce phénomène implique une augmentation locale du gradient hydraulique à l'aval de la gravière, plus ou moins important selon le degré de colmatage de la berge.

Dans le cas d'une gravière colmatée et allongée dans le sens d'écoulement de la nappe intéressant une grande surface (Fig 9c), le **morcellement du bassin** d'extraction aurait un impact moindre sur les eaux souterraines qu'un bassin d'un seul tenant (IEA, 1995) [17]. De nombreux auteurs ont quantifié cet impact.

Le BRGM (1987) [18] a montré, à partir de simulations hydrauliques, que l'influence amont-aval sur la surface piézométrique (modification du niveau piézométrique de plus de 0,1 m) d'une gravière non colmatée de 144 ha (1200 m de côté) située dans la plaine du Perthois s'étendait sur 4250 m. A l'amont du site, la modification maximale des niveaux d'eau atteint -0,80 m et +0,62 m à l'aval. En comparaison, la même gravière colmatée a une zone d'influence réduite à 2400 m pour une modification maximale amont de +0,30 m et aval de -0,30 m.

Sur les gravières d'Egigny et de Vimpeles sur la Seine, SCHANEN (1998) [7] explique la mise en charge de la nappe à l'amont de ces gravières par le colmatage : le gradient hydraulique passant localement de 0,05 % à 0,007 %.

* L'orientation par rapport au sens d'écoulement de la nappe alluviale

L'extension d'un plan d'eau et son orientation par rapport à la direction générale d'écoulement de la nappe peuvent déterminer des perturbations hydrauliques. Une gravière non colmatée rectangulaire aura un impact moindre à l'amont et à l'aval si son

Chapitre II Impacts potentiels des extractions des granulats sur les milieux aquatiques et les zones humides

plus grand côté est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe : le nombre d'isohyètes recoupé par la gravières étant réduit, le niveau d'eau dans la gravière sera proche de la piézomètre initiale de la nappe (Fig 9d).

* La communication avec un cours d'eau

La mise en communication d'une gravière avec une rivière revient à imposer un niveau au sein de la nappe. La nature de la communication gravière-rivière détermine le type d'échange :

Suralimentation pour une ouverture à l'amont ou sur drainage pour une ouverture à l'aval (fig 9e).

Chapitre III

ZONE D'ETUDE ET MODES D'ANALYSES

1. Introduction

La zone d'étude est située le long d'oued El-Harrach sur 6,5km de longueur et qui fait partie de la commune de Hammam Melouane (Mitidja amont) au Sud-est du chef lieu de la wilaya de Blida.

Les prélèvements sont effectués en deux périodes : la période des hautes eaux ou la période de recharge des nappes (le : 08/04/2009) et la période des basses eaux ou la période d'étiage (le : 17/07/2009).

Les analyses physico-chimiques sont effectuées au niveau du laboratoire de l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H) de Blida.

2. Présentation et caractéristique de la commune de Hammam Melouane

Elle est située au Sud-est du chef lieu de la wilaya de Blida et elle est de quelque sorte le prolongement de Chréa dont elle partage l'environnement (Parc National Forestier de Chréa).

Elle est limitée par :

- A l'est : Bougara.
- Au nord : Bouinan et Chebli.
- A l'ouest : Chréa et Hamdania.
- Au sud : Baata et EL-Omaria (w-de Médéa).

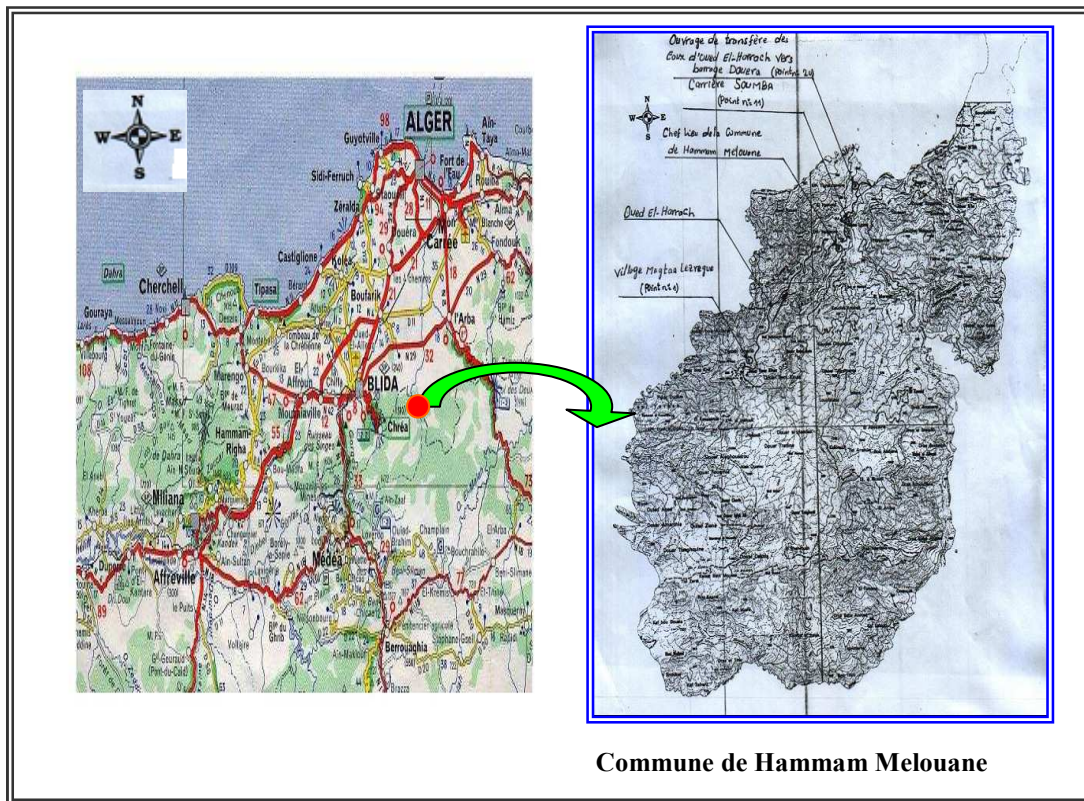


Fig 10 . Situation géographique de la commune de Hammame Melouane

La commune de H.Melouane a une superficie estimée à environ répartie comme suit :

- Superficie à vocation agricole : 2000 hectares environ.
- Superficie forestière : 12000 hectares environ.

La population est estimée de 4999 habitants à la fin de 2003 étendu sur une superficie de 151,93km² avec une densité populaire 32,9 hab/km².

Le tourisme est l'une des activités les plus importantes dans la commune. Il fournit près de 30% de l'emploi de la population active (thermalisme, commerce, artisanat etc.....) son seul inconvénient est d'être saisonnier, vu les structures insuffisantes et vétustes.

De grande possibilité s'offrent à cet égard du point de vue thermalisme, tourisme de montagne, sites historique etc..... mais il faudrait améliorer les structures d'accueil, ainsi que les voies et moyens de communication (moderniser la station thermale, améliorer l'état du chemin de wilaya n° 61 jusqu'au sebahgnia et El-Kalâa, créer une ligne de transfert public jusqu'au Yemma Halima.

Le tourisme est devenu une activité fondamentale. Il est une source importante de revenus pour la région et contribue au développement du secteur tertiaire.

La région de H.Melouane, est une zone qui offre d'énormes potentialités touristiques. Elle attire plus de 300.000 personnes par an, malgré son abandon, les séjours de la région d'Alger y viennent plus en plus et ceci depuis la création de la station thermale (1932-1963).

3. Morphologie et relief de la commune

La vallée d'oued El-Harrach caractérisée par les abords abrupts de l'atlas Blidéen culminant à plus de 1000 m, constitue les principaux traits morphologiques de la région.

Le territoire est presque dans sa totalité montagneux soit 85%.

3.1. Géologie

Hammam Melouane est située dans une zone touristique d'une part :

- Les terrains miocènes au nord : dépôt argileux gréseux rougeâtres.
- Et d'autre part les terrains du céracé supérieur : marnes schisteuse noirâtres.

3.2. Pédologie

Le sol est argileux, très accidenté et hors des saisons d'hiver et printemps, plusieurs glissements de terrain se produisent, provoqués par la nature du sol et l'apport de fortes quantités d'eau, qui engorgent le sol, en les disséquant les versants quand la couverture végétale fait défaut, ce ci est dû en général à l'érosion et incendies de forêts.

La commune de H.Melouane est presque dans sa totalité montagneuse, 85% de l'espace est couvert de maquis broussailles avec une dominance d'arbres forestiers, constitués de chêne, liège, pin d'Alep.

4. Données climatiques

La région de H.Melouane a un climat méditerranéen.

En hiver : Temps frais pluvieux, dans certains endroits, tels que Yemma Halima et Sebaghnia et d'autres agglomérations secondaires, qui connaissent des périodes de neiges, durant les mois décembre, janvier et février. La hauteur des neiges peut atteindre 1m.

La température en hiver diminue jusqu'au moins de 5°C dans les agglomérations secondaires Sebaghnia et Yemma Halima, se trouvant autour de H.Melouane chef lieu.

En été : La température maximale relevée est de 35°C.

Pluviométrie : Les précipitations durant l'hiver sont abondantes, et apportent de fortes quantités d'eau qui engorgent le sol et provoquent le ruissellement, entraînant au bas des pentes des éboulis dans les zones dépourvues de végétations.

La quantité annuelle moyenne de pluie est de 800m.

5. Hydrographie et hydrologie

D'après le bureau technique et statistique de la commune de H.Melouane, la commune est traversée par plusieurs oueds sur plus de 18km. Les principaux oueds sont :

- Oued Lakhra.
- Oued Chréa.
- Oued Boumaane.
- Oued Seghir.
- Oued Beddour.
- Oued Tihammine.

Ces importantes quantités d'eaux, se regroupent et se déversent dans l'oued El-Harrach formant un bassin de réception à l'oued de la ville de H.Melouane. Ces importantes quantités d'eaux, constituent un immense potentiel hydrique.

5. 1. Détermination du débit moyen mensuelle de oued El-Harrach pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E)

◆ La période des hautes eaux (P.H.E) ou la période de recharge des nappes commence du mois d'octobre jusqu'au mois de mai, le niveau d'eau pendant cette période atteint son niveau maximal (le lit majeur pour les eaux de surface et le niveau statique pour les eaux souterraines).

◆ La période des basses eaux (P.B.E) ou la période d'étiage commence du mois de juin jusqu'au mois de septembre, le niveau d'eau pendant cette période atteint son niveau minimal (le lit mineur pour les eaux de surface et le niveau dynamique pour les eaux souterraines).

Tableau 4. Détermination du débit moyen mensuelle d'oued El-Harrach pendant la période des hautes eaux (P.H.E) ($Q_{moy\ PHE}$).

Mois Années	Oct	Nov.	Déc.	Janv.	Fève	Mars	Avril	Mai	Q_{moy} (m^3/s)
1989-1990	0,53	0,51	0,48	0,67	0,49	0,64	0,78	6,69	1,35
1990-1991	0,63	0,88	4,29	3,15	15,63	14,46	4,8	1,91	5,72
1991-1992	5,19	1,44	0,91	35,23	2,84	4,1	17,57	8,97	9,53
1992-1993	0,16	2,01	2,15	1,87	1,38	1,85	1,36	1,82	1,58
1993-1994	0,99	1,17	1,26	10,9	4,77	2,86	1,18	0,27	2,93
1994-1995	1,00	0,87	0,81	8,47	1,94	2,47	0,2	0,01	1,97
1995-1996	0,01	0,01	0,01	0,26	0,96	1,96	4,06	2,99	1,28
1996-1997	0,04	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,08	0,01	0,03
2003-2004	0,53	1,30	2,8	4,96	2,18	4,44	1,8	4,65	2,83
2004-2005	0,84	1,71	3,06	2,25	10,77	9,67	1,78	1,04	3,89
$Q_{moy\ PHE}$ (m^3/s)									3,11

Tableau 5. Détermination du débit moyen mensuelle ($Q_{moy\ PBE}$) d'oued El-Harrach pendant la période des basses eaux (P.B.E) ($Q_{moy\ PBE}$).

Mois Années	Joint	Juillet	Août	Sept	Q_{moy} (m^3/s)
1989-1990	3,19	2,56	0,58	0,47	1,7
1990-1991	0,5	0,4	0,39	0,52	0,45
1991-1992	1,8	0,66	0,29	0,24	0,75
1992-1993	0,6	0,53	0,74	0,1	0,49
1993-1994	0,15	0,12	0,19	0,76	0,31
1994-1995	0,00	0,00	0,01	0,13	0,04
1995-1996	0,31	0,01	0,01	0,01	0,09
1996-1997	0,01	0,00	0,01	0,08	0,03
2003-2004	2,45	1,07	0,88	0,51	1,23
2004-2005	1,18	0,95	0,66	0,84	0,91
$Q_{moy\ PBE}$ (m^3/s)					0,6

La déférence du débit moyen mensuelle pour cette série hydrométrique est égale donc à :

$$\Delta Q = 3,11 - 0,6 = 2,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

N.B : les débits mentionnés aux niveaux des tableaux n°4 et n°5 se sont des débits moyens mensuelles, ils sont tirés à partir de l'annexe n°I (série hydrométrique de 10ans d'observation- A.N.R.H de Blida).



a- Oued El-Harrach pendant la période des basses eaux (période d'étiage)

b- Eau très turbide (145 U.T.N- point n°11)

Fig 11 : Oued El-Harrach à l'aval de la carrière



Fig 12 : Oued El-Harrach traverse chef lieu de H.M (l'amont de la carrière)

6. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située le long d'oued El-Harrach sur 6,5 km de longueur et qui fait partie de la commune de Hammam Melouane au Sud-est du chef lieu de la wilaya de Blida. Elle est constituée en deux zones :

1^{ère} zone c'est la zone **de référence**, vu l'absence des points de pollution et le potabilité de l'eau de l'oued car l'alimentation en eau potable des villages : Magtaa lezreg, Tahamoult, Djebsia et le chef lieu de H.Melouane est assurée par les eaux de surface d'oued El-Harrach à partir d'une station de prise d'eau qui est implantée à l'amont de l'Magtaa lezreg sur 200m de distance au niveau de oued chréa l'un des principaux oueds qui forment oued El-Harrach, dont laquelle les eaux de surface sont accumulées à travers un drainage (puits de drainage en buses \varnothing 2000 perforées sur la rive gauche de l'oued) puis refoulées vers les réservoirs de stockage $2*250m^3$, $100m^3$ et $250m^3$ dans une conduite en fente de diamètre de \varnothing 250 et de longueur 850m . Cette zone est limitée en amont par le village de l'Magtaa lezreg sur 5km du chef lieu de H.Melouane et en aval par la carrière SAUMBA sur 500m de H.Melouane.

2^{ème} zone c'est la zone **étudiée**, elle est limitée en amont par la carrière et en aval par le point de dérivation des eaux d'oued El-Harrach vers le barrage Douira et qui situe sur 1km à l'aval de la carrière. Les résultats d'analyse physico-chimique de cette zone seront comparés avec les résultats de la 1^{ère} zone pour puisse connaître l'impact de l'extraction des granulats sur les eaux de surface et les eaux souterraines.



Fig 13 : village Magtaa lezreg sur 5km à l'amont du chef lieu de H.M c'est le point de formation d'oued El-Harrach (zone de référence)

6.1. Les ressources hydriques de la zone d'étude

A partir de consultation du service d'hygiène et le service technique de l'A.P.C de H.Melouane et à partir du diagnostique qui a été fait avec les habitants de cette zone, il s'est avéré qu'au niveau de la zone amont, il y a que les eaux de surface d'oued El-Harrach où les villages : Magtaa lezreg, Tahamoult, Djebisia et le chef lieu de H.Melouane sont alimentés à partir de ces eaux et pour la zone aval, il y a les eaux de surface d'oued El-Harrach et pour les eaux souterraines, il existe trois (03) puits privés et un puits de la mosquée aux voisinages de l'oued sur 120m environ de la rive droite de l'oued au niveau du village Tahamoult sur 750m d'environ à l'aval de la carrière.

7. Historique et activités de la carrière SAUMBA

La carrière SAUMBA est parmi les grandes carrières en Algérie, elle ravitaille toute la région d'Alger et Blida par les granulats et leurs dérivés de construction depuis 1985 jusqu'à ce jour, elle situe au côté Nord-est sur 600m environ du chef lieu de H.Melouane et juste à côté d'oued El-Harrach sur la rive droite.

Après avoir consulté le service de production et le service commercial, il s'est avéré que :

- La nature de la roche utilisée pour l'extraction des granulats est le calcaire de couleur grise et beige, sa densité est de 2,6 tonne/m³.
- La capacité de production est de 250 tonnes/heure.
- La quantité journalière vendée est d'environ 100 camion/jour de capacité de 15 tonnes c.à.d d'une quantité égale à 1500 tonnes/jour.

Le problème qui se pose donc, quelle est la quantité d'eau totale rejetée vers l'oued après lessivage des granulats?!, si on suppose que la quantité d'eau pour lessiver 1 tonne des granulats est égale à 15m^3 et que le nombre d'heures de travail de la carrière est égale à 8h/j en tenant compte la capacité de production qui est égale à 250 tonnes/h. La réponse sur cette question c'est que une grande quantité d'eau de lessivage des granulats (30.000m^3 environ) qui sera rejetée directement vers l'oued sans avoir des prétraitements de ces eaux ce qui influer directement sur les paramètres physiques de l'eau tels que turbidité, conductivité électrique et les résidus secs et probablement pollution des eaux de surfaces et/ou la nappe alluviale. Pour éviter tous risques de pollution, on a opté aux analyses physico-chimiques des eaux de surface et de la nappe alluviale pour en lever tous doutes de pollution probable de ces eaux et pour trouver une meilleure solution pour améliorer les paramètres physico-chimiques de l'eau de la zone aval.



Fig 14. La carrière SOUMBA



Fig 14.a- Extraction des roches



Fig 14.b- Site de la carrière

8. prélèvements

8. 1. Généralité

D'après C.BLOCK J & SCHWARTZBROD L (1982) [38], le matériel utilisé pour prélever de l'eau est en général en verre borosilicaté (récipient de 1 à 2 litres) ou en matière plastique résistante à la stérilisation (récipients de 5 à 25 litres), beaucoup plus rarement en métal. La taille des flacons doit être appropriée au volume désirer de l'échantillon cependant pour de grands volumes d'eau (100litres), il est souhaitable d'utiliser plusieurs bidons de 20 ou 25 litres, facilement stérilisables plutôt qu'une cuve de 100 litres, qui le seront beaucoup moins facilement.

Les flacons ou récipients présentant des fissures doivent être rejetés et une attention particulière doit être portée aux bouchons souvent plus fragiles, toujours plus difficiles à nettoyer et à stériliser du fait des multiples niches à microorganismes (dans le pas de vis, sous le joint.....).

Le matériel de prélèvement doit être soigneusement lavé et séché avant stérilisations.

Le lavage est obtenu par trempage dans une eau contenant un détergent non toxique (type 7x, DD N 150.....), brossage interne et externe des parons des flacons suivi d'un long rinçage à l'eau du robinet puis à l'eau déminéralisée (au minimum 10 fois de suite). Le séchage doit être réalisé à l'abri de la poussière.

Deux modes de stérilisation sont couramment appliqués au laboratoire : Soit par chaleur humide, soit par chaleur sèche.

La stérilisation par chaleur humide est réalisée dans un autoclave qui permet de traiter par la vapeur d'eau sous pression à 121C° pendant 20 mn le matériel en verre ou en plastique thermorésistant. Un cycle complet de stérilisation demande au minimum 75 mn soit 15 mn de montée eu température, 20 mn de chauffage en plateau et 40 mn de descente en température.

La stérilisation par chaleur sèche est réalisée dans un four (type four pasteur) et elle est réservée uniquement an matériel en verre ou en métal. Une température de stérilisation de 170 ° au minimum est appliquée pendant 2 heures. Un cycle complet de stérilisation demande au minimum 5 heures : 30 mn de montée en température, 2 heures de chauffage en plateau et 2 heures 30 de descente en température.

Le matériel doit être stérilisé par lots préalablement identifiés par un numéro et portant des systèmes de contrôle de stérilisation. De plus, il est conseillé d'affecter le matériel systématiquement aux mêmes types d'usage (par exemple séparer les flacons utilisés pour le prélèvement des eaux usées de ceux utilisés pour le prélèvement d'eaux d'alimentation).

Aucune règle générale n'a été proposée à ce jour pour apprécier la représentation d'un échantillon. Pour chaque cas, il est nécessaire de définir une stratégie de prélèvement qui doit tenir compte du volume, du nombre, du lieu et de l'heure de prélèvement des échantillons.

Ce pendant des prélèvements plus importants (20 à 100 litres) doivent être réalisés si l'on veut étudier l'impact d'un rejet dans une rivière, sa diffusion...

Les prélèvements doivent être réalisés de 30cm sous la surface de l'eau ou à mi-distance entre la surface et les sédiments si l'épaisseur d'eau est faible. Le flacon ou le bidon doivent être manipulés sans provoquer de mouvements d'eau susceptibles d'entraîner la mise en suspension en micro-organismes que l'eau circulante.

La recherche des virus dans les eaux superficielles peut avoir une double finalité : Sanitaire d'une part et écologique d'autre part.

Sur le plan sanitaire, elle permet non seulement d'évaluer la contamination virologique des zones de baignade, mais aussi de déterminer la qualité d'une eau superficielle avant son traitement et sa transformation en eau destinée à la consommation et particulièrement sur les traitements mis en œuvre devraient être modulés en fonction des résultats obtenus.

Sur le plan écologique, l'étude virologique est intéressante car elle apporte des connaissances sur le devenir des particules virales rejetées dans le milieu extérieur et leur comportement en fonction d'un certain nombre de paramètres, tels que température, matières organiques, matières en suspension, pH.....

Les eaux superficielles sont caractérisées par une extrême complexité et elles sont soumises à des nombreuses influences. Toute séquence d'échantillonnage doit être déterminée en fonction de l'hétérogénéité spatiale du milieu. Pour réaliser une étude objective, il est particulièrement indiqué d'effectuer une étude préalable de façon à préciser la localisation exacte (distance par rapport à la rive, profondeur...) et la fréquence du prélèvement ainsi que le nombre de minimum d'échantillons.

Si dans le cadre légal (communautés européennes) le volume à prélever est de 10 litres, dans le cas d'une étude objective, un volume optimum de 100 litres est conseillé pour obtenir des résultats significatifs.

8. 2. Matériels utilisés

Pour notre étude, on a utilisé des bouteilles de 1 litre en verre et une glacière de 15 litres de volume pour conserver la température de l'eau entre 12 à 15°C.

8. 3. Modes de prélèvements

Les prélèvements sont effectués en deux périodes : la période des hautes eaux ou la période de recharge des nappes (le : 08/04/2009) et la période des basses eaux ou la période d'étiage (le : 17/07/2009).

A l'amont de la carrière et en absence des eaux souterraines (puits), on a effectué 9 points au niveau d'oued El-Harrach et à l'aval 5 points au niveau de l'oued et 4 points au niveau des puits dans le village Tahamoult qui sont situés sur 750m de la carrière et sur 120m environ de la rive droite de l'oued (voir fig15).

9. Matériels et modes d'analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont effectuées au niveau du laboratoire de l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H) de Blida.

9. 1. Paramètres physiques

1. Mesure du pH par la méthode électrometrique

Le pH est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 e pH est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 pH est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 pH est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 H est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 st par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 t par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 ar définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 r définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 éfinition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 finition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 inition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 nition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 ition une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 tion une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 ion une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 on une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 n une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 ne mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 e mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 esure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 sure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
 ure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :

re de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
e de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
e l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
l'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
'activité des ions H^+ contenus dans une eau :
activité des ions H^+ contenus dans une eau :
ctivité des ions H^+ contenus dans une eau :
tivité des ions H^+ contenus dans une eau :
ivité des ions H^+ contenus dans une eau :
vité des ions H^+ contenus dans une eau :
ité des ions H^+ contenus dans une eau :
té des ions H^+ contenus dans une eau :
é des ions H^+ contenus dans une eau :
des ions H^+ contenus dans une eau :
des ions H^+ contenus dans une eau :
es ions H^+ contenus dans une eau :
s ions H^+ contenus dans une eau :
ions H^+ contenus dans une eau :
ions H^+ contenus dans une eau :
ons H^+ contenus dans une eau :
ns H^+ contenus dans une eau :
s H^+ contenus dans une eau :
 H^+ contenus dans une eau :
 H^+ contenus dans une eau :
 $^+$ contenus dans une eau :
contenus dans une eau :
contenus dans une eau :
ontenus dans une eau :
ntenus dans une eau :
tenus dans une eau :
enus dans une eau :
nus dans une eau :
us dans une eau :
s dans une eau :
dans une eau :
dans une eau :
ans une eau :
ns une eau :
s une eau :
une eau :
une eau :
ne eau :
e eau :
eau :
eau :

au :
u :
:
:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

= -log [H⁺]
-log [H⁺]
-log [H⁺]
log [H⁺]
og [H⁺]
g [H⁺]
[H⁺]
[H⁺]
H⁺]
+]
|

L'activité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 'activité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 activité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ctivité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 tivité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ivité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 vité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ité des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 té des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 é des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 des ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 es ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 s ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ions H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ons H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 ns H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 s H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 H₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
₃O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 O⁺ est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 + est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 est inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 st inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.
 t inférieure à la molarité des ions H₃O⁺.

es eaux diluées on a l'activité égale la molarité.
s eaux diluées on a l'activité égale la molarité.
eaux diluées on a l'activité égale la molarité.
eaux diluées on a l'activité égale la molarité.
aux diluées on a l'activité égale la molarité.
ux diluées on a l'activité égale la molarité.
x diluées on a l'activité égale la molarité.
diluées on a l'activité égale la molarité.
diluées on a l'activité égale la molarité.
iluées on a l'activité égale la molarité.
luées on a l'activité égale la molarité.
uées on a l'activité égale la molarité.
ées on a l'activité égale la molarité.
es on a l'activité égale la molarité.
s on a l'activité égale la molarité.
on a l'activité égale la molarité.
on a l'activité égale la molarité.
n a l'activité égale la molarité.
a l'activité égale la molarité.
a l'activité égale la molarité.
l'activité égale la molarité.
l'activité égale la molarité.
'activité égale la molarité.
activité égale la molarité.
ctivité égale la molarité.
tivité égale la molarité.
ivité égale la molarité.
vité égale la molarité.
ité égale la molarité.
té égale la molarité.
é égale la molarité.
égale la molarité.
égale la molarité.
gale la molarité.
ale la molarité.
le la molarité.
e la molarité.
la molarité.
la molarité.
a molarité.
molarité.
molarité.
olarité.
larité.
arité.
rité.
ité.
té.

lution :
ation :
tion :
ion :
on :
n :
:
:

$$E = E_0 + (2,3 RT/nF) \times \text{Log } a \text{ H}_3\text{O}^+$$

E : Potentiel mesuré.

E_0 : Constante dépendant de choix de l'électrode de référence et des solutions internes.

R : Constante des gaz (J/°C).

T : température absolue en °C.

n : charge de l'ion.

F : constante de Faraday 96500 Coulomb.

◆ Matériels utilisés :

pH – mètre.

Sonde de température.

Becher en PE 50ml.

Une pissette.



Fig 16. pH-MÈTRE avec la burette de dosage (W.T.W)

◆ Réactifs :

Solutions tampons :

pH = 4 ; pH = 7 ; pH = 10.

◆ Mesures :

a/ Etalonnage de l'appareil à $T = 20^{\circ}\text{C}$, par la solution de pH = 4 puis celle à pH = 10 et enfin avec celle de pH = 7, en rinçant après chaque étalonnage l'électrode.

b/ Faire les mesures de vos échantillons à $T = 20^{\circ}\text{C}$ en plongeant l'électrode dans votre échantillon et laisser stabiliser pendant quelques secondes ; prélever la valeur du pH de votre échantillon.

2. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle inverse à la résistivité électrique.

L'unité de conductivité est le Siemens/mètre (S/m) ; en général elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$ ou **micromhos par centimètre (mhos/cm)** approximativement la valeur en $\mu\text{S/cm}$ correspond à la salinité **mg/l**.

La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante :

$$\text{Résistivité (ohms.cm)} = 1\ 000\ 000 / \text{Conductivité } (\mu\text{S/cm}).$$

De cette définition découle naturellement un principe simple. Plus une eau est dite pure plus son taux de conductivité sera bas. Une eau douce accusera généralement une

conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée. L'eau pure est donc en réalité un isolant.

La conductivité dépend de :

- la concentration des ions.
- La nature des ions.
- La température de la solution.
- La viscosité de la solution.

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique.

◆ Matériels utilisés :

Conductimètre.

Electrode.

Becher, 50ml.

Pissette.



Fig 17: Conductimètre

◆ Réactifs :

Solution de KCl (chlorure de potassium).

◆ Mode opératoire :

Mettre l'appareil en marche, étalonner le avec une solution de KCL de concentration connue, et donc de conductivité connue.

Plonger l'électrode dans votre échantillon et lire la conductivité relative à votre échantillon directement sur l'appareil en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou en (mS/cm). Rincer l'électrode après chaque mesure, les lectures se font à une température constante de 20°C ou à 25°C .

3. Mesure des résidus secs

L'évaluation des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. Cette analyse est basée sur l'évaporation d'un certain volume d'eau à analyser à température 180°C .

Entre 105°C et 110°C , les bicarbonates se transforment en carbonates, ce qui entraîne une perte d'anhydride Carbonique. Entre 105°C et 180°C en plus de l'eau de cristallisation, il peut y avoir perte d'ammoniaque à partir des combinaisons ammoniacales, d'acides Sulfhydrique à partir de sulfures alcalins, de matière organique à partir des composés organiques. En outre le chlorure de magnésium peut s'hydrolyser et précipiter sous forme d'hydroxyde. Le résidu sec est déterminé à 180°C et celui qui se rapprocherait le plus de la somme des différents résultats d'analyses, il est pratiquement exempt d'eau de cristallisation.

A température 525°C, l'évaporation permet de déterminer la teneur en matières organiques. Enfin, le résidu sulfaté permet en particulier pour les eaux fortement minéralisées d'obtenir des résultats très stables.

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Le principe est basé sur la détermination de matière en suspension par la méthode d'évaporation d'une quantité d'eau à une certaine température. Ce résidu est pesé par la suite.

◆ Matériels utilisés :

Capsule en porcelaine ;

Bain marie ;

Etuve réglable à 180 °c (Fig 18.b).



Fig 18.a. Balance



Fig 18.b. Etuve réglable à 180 C°

◆ Mode opératoire :

1. D'abord, on évapore graduellement au bain marie dans une capsule en porcelaine tarée, 200ml d'eau filtrée (la capsule n'étant remplie qu'à mi-hauteur) ;
2. Puis, on lave la fiole ayant contenue l'eau avec quelques millilitres d'eau distillée, les eaux de lavages seront ajoutées en cours d'évaporation ;
3. Une fois toute l'eau sera évaporée, on porte la capsule à 180°C dans une étuve pendant (4) heures ; et on laisse refroidir dans un dessiccateur ;
4. Finalement, et après cette attente, on doit peser immédiatement les résidus étant en général hygroscopique.

◆ La teneur des résidus (mg/l) :

M_1 : Poids du vase à tarer.

M_2 : Poids du vase + le résidu.

La teneur de résidus est :

$$T_{\text{résidus}} = M_2 - M_1$$

4. Mesure de la turbidité : La turbidité d'une eau due à la présence des matières en suspensions fines.

◆ Calibration du turbidimètre

- 1-Preparer des solutions de 20,100 et 800 NTU
- 2-Rincer le pilulier. Le remplir jusqu'à 15ml avec de l'eau distillée.
- 3-Insérer le pilulier dans son compartiment en veillant à ce que l'orientation soit correct (la flèche se trouvant sur le pilulier doit être diriger vers l'opérateur).
- 4-Fermer le couvercle .presser sur « power ».
- 5-Presser sur « cal ».apparaît sur l'écran l'indication « so ».le zéro clignote.
- 6-Presser sur « Read ».le chiffre 60 s'affiche sur l'écran puis descend jusqu'à zéro .le « S1, 20ntu » apparaît.
- 7-Inserer le 20NTU. (Préalablement préparé) à la place de l'H20.
- 8-Presser sur « Read ».le chiffre 60 s'affiche puis descend jusqu'à zéro. Le « S2 ,100ntu »apparaît.
- 9-Inserer alors le 100ntu à la place du 20ntu.
- 10-Presser sur « Read » .le chiffre 60 s'affiche puis descend jusqu'à zéro .le « S3, 800ntu »apparaît.
- 11-Inserer le 800ntu à la place du 100ntu.
- 12-Presser sur « READ ».le chiffre 60 apparaît puis descend jusqu'à zéro .le « S0 » s'affiche.
- 13-Presser sur « CAL ».le « 000 »apparaît.

L'appareil est calibré et prêt à l'utilisation.

REMARQUE.

Dans le cas d'une erreur dans la calibration, des messages s'affichent sur l'écran indiquant la cause probable et l'éventuelle correction à apporter en se référant au tableau des corrections. (MANUEL).

◆ Mesure de la turbidité.

- Mettre l'appareil en marche en pressant sur « POWER ».
 - Sélectionner les mesures « RANGE ET SIGNAL AVERAGING ».
 - Remplir le pilulier avec de l'eau à analyser.
 - Le mettre dans son compartiment (précautions à prendre déjà mentionnées).
- Presser sur « READ ». Au bout de quelques secondes le résultat en ntu s'affiche sur l'écran.

◆ Matériels utilisés :

Turbidimètre



Fig 19. Turbidimètre.2100P/HACH

9.2. Paramètres chimiques

1. Dosage du calcium

◆ Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

Principe :

L'acide calcons carboxylique qui forme un complexe rouge avec le calcium est utilisé comme indicateur, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyle et n'interfère pas lors du dosage.

Les ions calcium réagissent avec l'E.D.T.A tout d'abord les ions libres, puis ceux qui se combinent avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge au bleu clair.

◆ Réactifs :

- Solution d'E.D.T.A ;
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) ;

- Solution étalon de référence, $(\text{CaCO}_3) = 0,01 \text{ mol/l}$;
- Indice coloré (acide calcons carboxylique).

◆ Appareillages :

- Spectrophotomètre.



Fig 20. UV spectromètre (Perkia Elmer)

◆ Mode opératoire :

1. On place les prises d'essais PE = 100 ml dans des erlens de 50 ml.
2. On ajoute 2 ml de NaOH, environ 0,2 g de l'indicateur dans le cas où le pH reste inférieur à 12. Ajouter la quantité de NaOH pour amener le pH entre 12 à 13.

3. Mélanger et doser immédiatement avec V_1 de la solution de E.D.T.A tout en continuant à mélanger.
4. Le dosage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution de E.D.T.A.

◆ Expression des résultats :

Teneur en calcium des échantillons :

$$X_{(me/l)Ca} = \frac{N_{E.D.T.A} \times V_1}{PE_{ml}}$$

V_1 : volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée.

PE : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

Les résultats sont donnés directement en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage du calcium (voir annexe II) .

2. Dosage du calcium / magnésium

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Le sel disodique de l'acide Ethylène Diamino Tétra Acétique cristallisé avec H₂O, appelé aussi complexe ou versénate forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

◆ Réactifs :

Solution E.D.T.A

- 40g E.D.T.A
- 5g Soude caustique
- 1g Chlorure de Magnésium.
- Dissoudre 40g E.D.T.A, ajouter les 5g NaOH puis ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000ml.
- Dissoudre à part 1g de chlorure de magnésium, ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000ml.
- Mélanger les 2l ainsi obtenus et y ajouter 8 autres litres d'eau distillée ce qui donne 10 litres d'E.D.T.A.

Solution: Tampon pH / 10 (Ca/Mg)

Le Tampon pH/10 est constitué par des mélanges à volume égale des solutions A et B.

Solution A

- Peser 67g de Chlorure d'ammonium préalablement séché 12 heures à l'étuve à 100°C puis refroidi au dessiccateur.
- Ajouter 400ml d'Ammoniaque à 28% (448ml à 25%)
- Compléter à 1000ml par de l'eau distillée.

Solution B

- Dissoudre à 2 litres d'eau distillée 1,5Kg environ de Tartrate double de Sodium et de Potassium appelé couramment sel de seignette. Chauffer jusqu'à dissolution totale et ajuster à 2l.
- Solution de soude N (Ca)
40g de Soude par litre d'eau distillée.
- *Indication colore*

a) Dosage du Ca/Mg :

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Eriochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve. On décèle la fin du virage par le Noir Eriochrome T qui vire du rose au bleu.

b) Dosage du Ca :

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Reeder (Acide hydroxy-2 (Hydroxy-2 Sulfo-4 Naphtoiq-3). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu franc.

◆ Mode opératoire :

1. Le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.
2. Les PE ayant été placés dans des béchers de 50 ml on y ajoute systématiquement 2 ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de NaOH (Ca) et une pincée d'indicateur.
3. La solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).
4. La solution étalon de Ca^{++} et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique. L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au bleu en maintenant une agitation dans le bécher.
5. On notera soigneusement le volume V_1 d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer les échantillons.

◆ Expressions des résultats :

1. Calcul de la normalité de l'E.D.T.A
10ml à 20mé/l de Calcium ont été dosés par V_1 d'E.D.T.A

$$N_{\text{E.D.T.A}} \text{ mé/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

2. Teneur en calcium et magnésium des échantillons :

$$X_{(me/l)Ca/Mg} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{PE_{ml}}$$

3. Teneur en calcium des échantillons :

$$X_{(me/l)Ca} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{PE_{ml}}$$

4. Teneur en magnésium des échantillons :

$$\text{Mg/l de Mg} = \text{mg/l de Ca/Mg} - \text{mg/l de Ca}$$

3. Dosage du sodium et de potassium par photométrie de flamme

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :
:
:

Les ions en solution sont portés au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normale (on dit que les atomes sont excités par la flamme), libérés de la flamme. Ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément.

On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution.

On établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue. Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution à des sensibilités du photomètre de flamme.

◆ Réactifs :

Solution étalon en Na^+ et K^+ contenant respectivement : 500, 400, 300, 150, 100, 50, et 20 mg/l de Na^+ et 100, 80, 60, 40, 30, 20, 10 et 4 mg/l de K^+ .

◆ Appareillages :

- Photomètre eppendorf + servotrace.
- Sensibilité du photomètre : 30 mV.
- Sensibilité du servotrace : 250 mV.
- Pression de l'acétylène : 450 mm d'eau.
- Pression d'air : 0,45 Kgp/cm².



Fig 21. Flamme photomètre (Sherwood) + servo trace

◆ Expression des résultats :

Les résultats sont donnés directement en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage du sodium et de potassium (voir annexe II).

4. Dosage des chlorures

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Des chlorures, en présence du Thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm.

◆ Réactifs :

- Solution saturée de Thiocyanate mercurique.
- Solution d'alun ferrique.
- Solution mère de chlorure 10 g/l.

-Solutions étalons contenant respectivement : 1000, 800, 650, 350, 200, 100 et 50 mg/l en chlorure, les stockées dans des flacons étiquetés

◆ Appareillages :

- Spectrophotomètre (voir Fig 20).

◆ Mode opératoire :

1. On place les PE (5 ml) dans des béchers de 50 ml, les PE des solutions étalons, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traité de manière identique à savoir.
2. On ajoute dans l'ordre de 15 ml de la solution de Thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15 ml de la solution nitrique d'alun ferrique diluée au 1/6.
3. On agite vigoureusement les béchers pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant 1/2 heures.
4. On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 470 nm en réglant le zéro avec le témoin.

◆ Expression des résultats :

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/l
(Voir annexe II).

5. Dosage des sulfates

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate baryum par le chlorure de Baryum.

Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la Gélatine.

On effectue sur le trouble une mesure turbidimètre à la longueur d'onde de 495 nm.

◆ Réactifs :

-Solution de chlorure de Baryum et de Gélatine.

-Solution étalons, contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50 mg/l en SO_4^{-2} .

◆ Appareillages :

-Spectrophotomètre (voir Fig n°20).

◆ Mode opératoire :

1. On place les PE (5 ml) dans des béchers de 50 ml, les PE des solutions étalons, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traité de manière identique à savoir.
2. On ajoute à chaque PE, 20 ml de la solution de BaSO_4 et de Gélatine préalablement diluée au 1/6.
3. On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure, une nouvelle agitation comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.
4. On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le témoin.

◆ Expression des résultats :

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates en mg/l (voir annexe II).

6. pH, Carbonate, Bicarbonate, OH

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation particulière aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux trouble ou colorées.

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Les carbonates n'existant qu'à $\text{pH} > 8,3$ et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3 au cours d'un dosage acidimétrique doublé d'une mesure de pH , à quel moment ces ions sont encore présent ou non dans l'échantillon.

◆ Réactifs :

- Solution Tampon $\text{pH}/10$ et $\text{pH}/4$.
- Solution H_2SO_4 à 0,01 N.

◆ Mode opératoire :

1. Si $\text{pH} > 8,3$: ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01 N goutte à goutte et arrêter quand le pH -mètre indique $\text{pH} = 8,3$ noter le volume d'acide sulfurique V_1 ml versé.

2. Si $4,4 < \text{pH} < 8,3$:

Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01 N jusqu'à obtenir $\text{pH} = 4,4$ noter le volume d'acide V_2 ml versé.

Si $V_2 < 5$ ml prendre 40 ml de PE.

Si $V_2 > 10$ ml prendre 10 ml de PE.

◆ Expressions des résultats :

Si $\text{pH} > 8,3$:

1. $V_2 > 2V_1$, il y a des bicarbonates dans l'échantillon, ce qui implique une teneur négligeable en OH ($\text{OH} = 0$).

$$\text{CO}_3^- (\text{me/l}) = \frac{2V_1 \times 0,01 \times 1000}{PE(\text{ml})} \quad \text{CO}_3^- (\text{mg/l}) = \text{CO}_3^- (\text{me/l}) \cdot 30$$

$$\text{HCO}_3^- (\text{me/l}) = \frac{(V_2 - 2V_1) \times 0,01 \times 1000}{PE(\text{ml})} \quad \text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = \text{HCO}_3^- (\text{me/l}) \cdot 61$$

2. $V_2 < 2V_1$, il y a des OH^- dans l'échantillon donc une teneur en bicarbonate négligeable ($\text{HCO}_3^- = 0$).

$$OH^{-} (me/l) = \frac{(2V_1 - V_2) \times 0,01 \times 1000}{PE(ml)} \quad OH^{-} (mg/l) = OH^{-} (me/l) \cdot 17$$

$$CO_3^{-} (me/l) = \frac{2(V_2 - V_1) \times 0,01 \times 1000}{PE(ml)} \quad CO_3^{-} (mg/l) = CO_3^{-} (me/l) \cdot 30$$

Si $4,4 < pH < 8,3$: il n'y a ni carbonate ni OH^{-} dans l'échantillon.

$$HCO_3^{-} (me/l) = \frac{V_2 \times 0,01 \times 1000}{PE(ml)} \quad HCO_3^{-} (mg/l) = HCO_3^{-} (me/l) \cdot 61$$

7. Dosage des nitrates

◆ Principe :

rincipe :

incipe :

ncipe :

cipe :

ipe :

pe :

e :

:

:

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur.

Les nitrites obtenus sont dosés par colorimétrie : diazotation avec l'acide de sulfonilique et copulation avec le Naphtulamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 250 nm.

◆ Réactifs :

- *Solution de soude 1N*

40g de soude par litre d'eau distillée.

- *Solution de sulfate de cuivre*

2,6g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ additionnée de 40ml d'acide sulfurique 1N.

Eau distillée Q.S.P 1000ml

- *Solution d'Hydrazine à 0,1 M*

13g de $NH_2-NH_2 \cdot H_2SO_4$

Eau distillée Q.S.P 1000ml
Conserver en flacon brun bien bouché

- *Solution d'acide sulfanilique*

- 6g d'acide sulfanilique $\text{H}_2\text{N SO}_3$
- 200ml d'acide chlorhydrique concentré
- Eau distillée Q.S.P 1000ml
- Conserver en flacon brun

- *Solution de Naphthylamine*

- 6g de Naphthylamine
- 40ml d'acide chlorhydrique concentré
- Eau distillée Q.S.P 1000ml
- Verser la poudre dans l'eau froide, en agitant. Ajouter quelque ml d'acide chlorhydrique concentré. Achever la dissolution en chauffant très légèrement. Verser ensuite le reste d'acide et compléter à 1 litre d'eau distillée.
- Conserver en flacon brun

- *Solution d'E.D.T.A*

- Dissoudre 5g d'E.D.T.A dans 1000ml d'eau distillée. Cette solution est destinée à complexer le fer et les métaux lourds qui peuvent provoquer des interférences.

- *Solution d'Acétate de sodium*

- Dissoudre 272g d'acétate de sodium $\text{NaCOO-CH}_3, 3\text{H}_2\text{O}$
- Eau distillée Q.S.P 1000ml.

- *Solution mère de nitrate à 1000mg/l*

- Dissoudre 1,631g de Nitrate de Potassium préalablement séché au dessiccateur et compléter à 1000ml par de l'eau distillée.

- *Solutions étalons*

- Prendre successivement:
0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10ml de la solution mère de nitrate et compléter chaque prélèvement à 100ml par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement:
5, 10, 20, 40, 60, 80 et 100mg/l de nitrates.

◆PREPARATION DES SOLUTIONS DE TRAVAIL

a) Mélange réducteur à préparer au moment de l'emploi

- 25ml de la solution de Sulfate de Cuivre
- 25ml de la solution d'hydrazine
- Eau distillée Q.S.P 1000ml

b) Solution de Soude à 0,05M

- Diluer 20 fois la solution de réserve 1 M, soit 50ml par litre d'eau distillée.

c) Mélange colorant (conserver en flacon brun)

- 10ml d'acétone
- 20ml d'acide sulfanilique
- 20ml d'E.D.T.A
- 20ml d'acétate de sodium
- 20ml de Naphthylamine
- Eau distillée Q.S.P 1000ml

Ajouter le Naphthylamine en dernier et après dilution pour éviter la formation d'un précipité blanc laiteux.

◆ Appareillages :

Spectrophotomètre (voir Fig 20).

◆ Mode opératoire :

1. Dans un bécher de 100 ml ou mieux dans un flacon en verre brun de 100 ml introduire :

La prise d'essai PE = 1 ml.

Solution de soude 0,05 M = 5 ml.

Mélange réducteur = 5 ml.

2. Agiter après chaque addition et attendre 1 heure avant d'ajouter le mélange colorant = 40ml.
3. Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant 1/4 heures, mesurer sa densité à 520 nm.
4. Le passage au colorimètre ne doit intervenir que juste avant la mesure optique afin que la solution soit exposée un minimum de temps à la lumière à la quelle elle est très sensible.
5. La réduction des nitrates est partielle et varie avec le temps et la température.
6. Il importe donc que la mesure des échantillons sont toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traitées dans les mêmes conditions.

◆ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l de NO_3 à partir de la courbe d'étalonnage (voir annexe II).

(Manuel d'analyse physico-chimique -laboratoire de l'A.N.R.H de Blida)

10. Conclusion

La zone d'étude est constituée en deux zones :

1^{ère} zone c'est la zone de référence. Cette zone est limitée en amont par le village de l'Magtaa lezreg sur 5km du chef lieu de H.Melouane et en aval par la carrière SAUMBA sur 500m de H.Melouane.

2^{ème} zone c'est la zone étudiée, elle est limitée en amont par la carrière et en aval par le point de dérivation des eaux de oued El-Harrach vers le barrage Douira et qui situe sur 1km à l'aval de la carrière. Les résultats d'analyse physico-chimique de cette zone seront comparés avec les résultats de la 1^{ère} zone pour puisse connaître l'impact de l'extraction des granulats sur les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les ressources hydriques quelles contient cette zone d'étude sont les eaux de surfaces d'oued El-Harrach au niveau de la zone amont où les villages : Magtaa lezreg, Tahamoult, Djebisia et le chef lieu de H.Melouane sont alimentés à partir de ces eaux et pour la zone aval, il y a les eaux de surface de oued El-Harrach et pour les eaux souterraines, il existe trois (03) puits privés et un puits de la mosquée aux voisinages de l'oued sur 120m environ de la rive droite de l'oued au niveau du village Tahamoult sur 750m d'environ à l'aval de la carrière.

Le point de formation d'Oued El-Harrach c'est le point de rencontre de trois (03) principaux oueds : Oued Lakhra, Oued Chréa et Oued Boumaane et qui situe au niveau du village Magtaa lezreg.

Les paramètres physico-chimiques étudiés dans cette présente étude sont : Le pH ; la conductivité électrique ; les résidus secs ; la turbidité ; le calcium ; le sodium ; le magnésium ; le potassium ; le sulfate ; le chlore et le bicarbonate.

Chapitre VI

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Introduction

L'interprétation des résultats est basée sur l'étude comparative des paramètres physico-chimiques de l'amont (zone de référence) et l'aval (zone d'étude) de la carrière pendant les périodes des hautes eaux (p.H.E) et les basses eaux (P.B.E) à partir des courbes de variation de concentration de chaque paramètre en fonction de la distance x en mètre (m) pour les eaux de surfaces (oued El-Harrach) à l'amont et à l'aval de la carrière et les eaux souterraines (puits) à l'aval de la carrière.

2. Résultats d'analyses

A partir de ces deux photos (fig 22.a & fig 22.b), les observateurs peuvent poser plusieurs questions sur l'impact de l'extraction des granulats, sur la qualité physico-chimique des eaux de surface et les eaux souterraines au niveau des puits qui sont implantés à l'aval de la carrière sur 750m environ et sur le degré de pollution de ces eaux. Pour répondre sur ces questions et pour enlever tout doute de pollution des eaux de surface et souterraine on a opté aux analyses physico-chimiques qui sont représentées dans les tableaux n°6 ; 7 ; 8 et 9.



Fig 22.a. L'eau claire juste avant de la carrière sur 20m environ (point n°10)



Fig 22.b. L'eau très turbide au niveau du point de rejet des eaux de lavage des granulats (point n°11)

3. Interprétation des résultats

3.1. Les eaux de surfaces (oued El-Harrach)

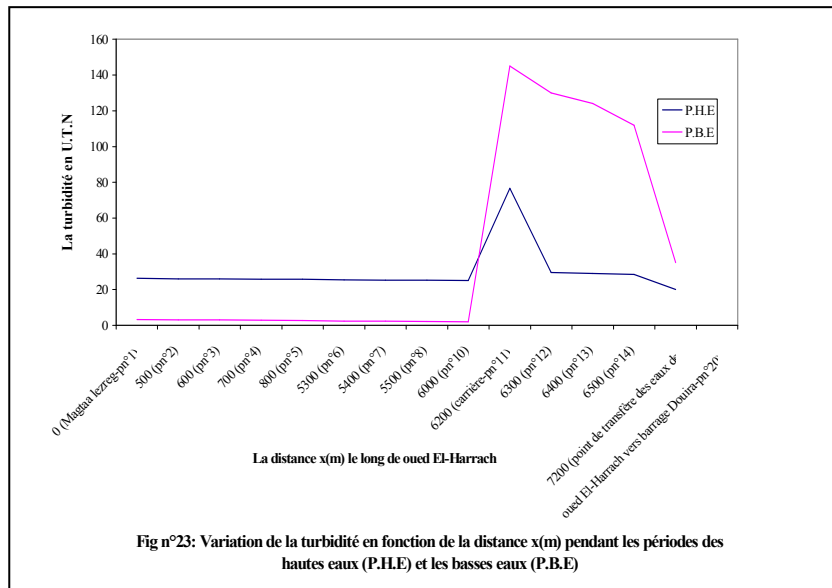
1. Paramètres physiques

◆ La turbidité

Pendant la période des hautes eaux, on remarque que l'eau est turbide dans les deux zones amont et aval de la carrière et la courbe de turbidité prend une forme descendante du point n°1 (26,2 U.T.N) au point n°10 (25 U.T.N), puis elle prend une forme ascendante pour avoir un maximum au niveau du point n°11 (76,6 U.T.N) et entre point n°11 et point n°20 (20 U.T.N) prend une forme descendante. Pour la zone amont, cette turbidité est due à l'érosion du bassin versant et la vitesse maximal de l'écoulement qui ne favorise pas la décantation des matières en suspension et pour la zone aval, elle est due à l'érosion du bassin versant et la turbidité des eaux de lavage des granulats (point de pic n°11).

Pendant la période des basses eaux, on remarque que l'eau est claire à l'amont de la carrière et la turbidité est inférieure à 5 U.T.N (norme de l'O.M.S) et elle est décroissante du point n°1 (3,2 U.T.N) au point n°10 (2 U.T.N) puis on remarque l'accroissement de la turbidité au niveau du point n°11 (145 U.T.N > 5 U.T.N : Point de pic) dont l'eau est très turbide dans la zone aval à cause de la turbidité des eaux de lavage des granulats qui sont rejetées directement vers l'oued.

On remarque aussi que la turbidité de la période des basses eaux est supérieure à la turbidité de la période des hautes eaux dans la zone aval. Cette grande différence est due à la diminution de la quantité d'eau écoulée dans l'oued pendant la période des basses eaux qui favorise l'augmentation de la concentration des matières en suspension (l'eau très turbide) contrairement pendant la période des hautes eaux, on constate la diminution de la concentration des matière en suspension à cause de la dilution de ces matière en présence de la quantité d'eau maximal (l'eau moyennement turbide et $Q_{P.H.E} = 3,11 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{P.B.E} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) (voir fig 23).



◆ La conductivité électrique

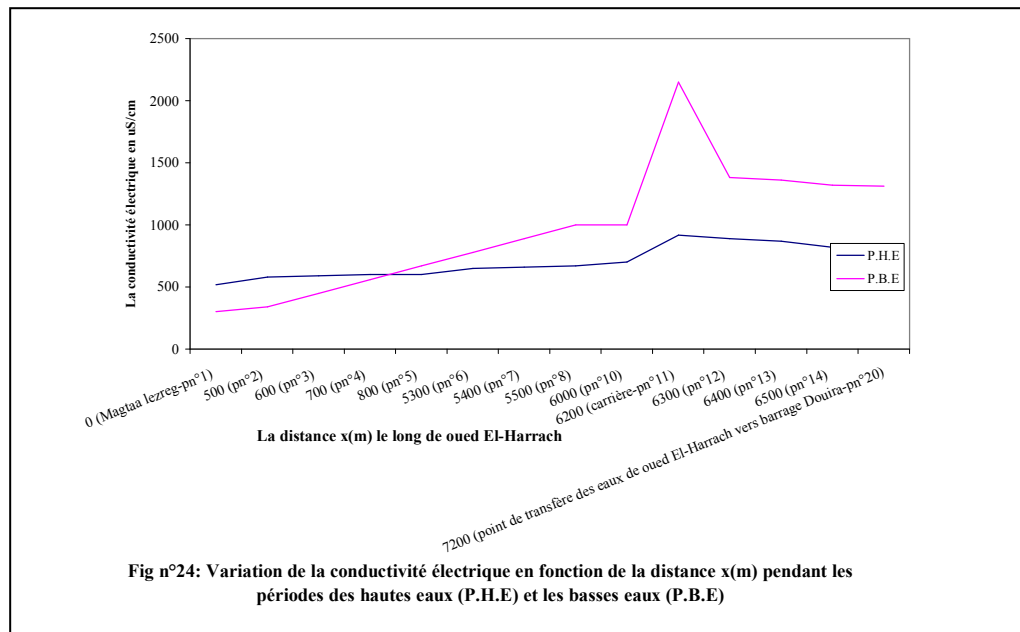
Pendant la période des hautes eaux, on remarque que la conductivité électrique dans les deux zones (amont et aval de la carrière) est inférieure à $1 \text{ mmhos} = 1000 \mu\text{s/cm}$ (norme de l'O.M.S), cette diminution de conductivité est due à la dilution des sels minéraux globales dans la quantité d'eau maximal. On peut dire donc que la qualité des eaux est bonne en conductivité électrique pendant cette période dans les deux zones (amont et aval).

Pendant la période des basses eaux, la conductivité électrique est inférieure ou égale à 1 mmhos et la qualité des eaux est bonne en conductivité électrique dans la zone amont.

Entre les points n°1 et n°4 (zone amont), on remarque que la conductivité électrique pendant la période des basses eaux $<$ à la conductivité électrique pendant la période des hautes eaux, cette variation nous permet de conclure que le milieu traversé dans cet endroit est pauvre aux sels minéraux globales pendant la période des B.E et entre les points n°5 et n°10 on remarque que la conductivité électrique des B.E $>$ à la conductivité électrique des H.E et cette variation est due au transformation des sels minéraux globales du milieu traversé de forte concentration (sol riche aux sels minéraux globales) vers le milieu de faible concentration (l'eau pauvre aux sels minéraux globales) en présence de la quantité d'eau minimal qui augmente la concentration des sels minéraux dans l'eau et la vitesse d'écoulement minimal qui favorise le bon contact de l'eau avec le sol (la transformation des sels minéraux du sol vers l'eau se fait de bonne manière dans le cas où l'eau est au repos ou de faible vitesse d'écoulement c'est le cas des B.E).

Dans la zone aval et pendant la période des B.E, on constate l'augmentation de la conductivité électrique à cause des eaux de lavage des granulats qui ont rejetées directement vers l'oued au niveau du point n°11 (point de pic). La conductivité électrique est décroissante dans cette zone et la pente de la courbe est forte entre

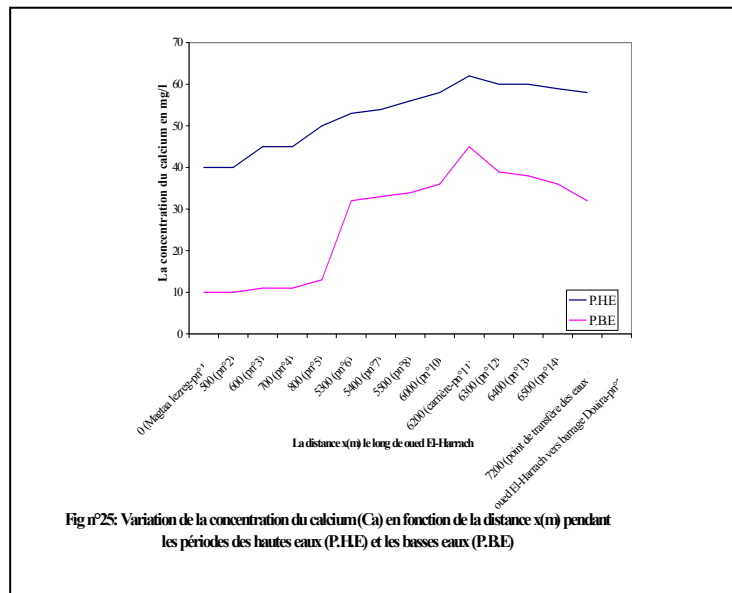
les deux points n°11 et n°12 à cause de la transformation des sels minéraux du milieu de forte concentration (l'eau riche aux sels minéraux) vers le milieu de faible concentration (sol pauvre aux sels minéraux) et entre les points n°12 et n°20 la pente de la courbe est faible (presque horizontale) à cause de la convergence de la concentration des sels minéraux dans les deux milieux (l'eau et sol) qui résulte une faible transformation des sels minéraux de l'eau vers le sol et une pente légèrement horizontale. On peut dire donc, que la qualité des eaux est mauvaise en conductivité électrique dans cette zone (voir fig 24).



2. Paramètres chimiques

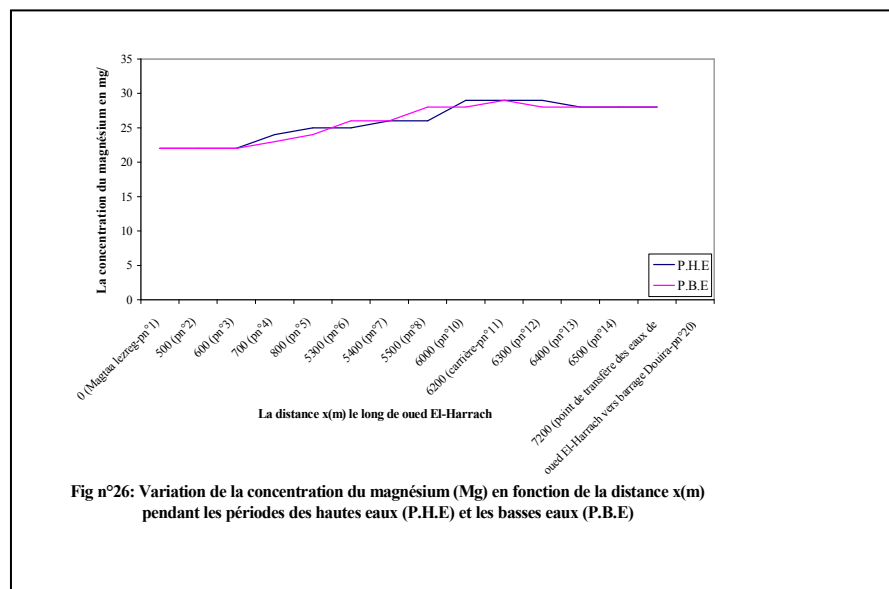
◆ Le calcium (Ca)

On remarque que la concentration du calcium est inférieure à 100 mg/l (norme de l'O.M.S) dans l'amont et l'aval de la carrière et pendant les deux périodes (P.H.E et P.B.E) mais la concentration de la période des B.E est faible par rapport à la concentration de la période des H.E à cause de faible concentration du milieu traversé (sol pauvre en calcium). La qualité des eaux est bonne en calcium dans l'amont et l'aval de la carrière et pendant les deux périodes (voir fig 25).



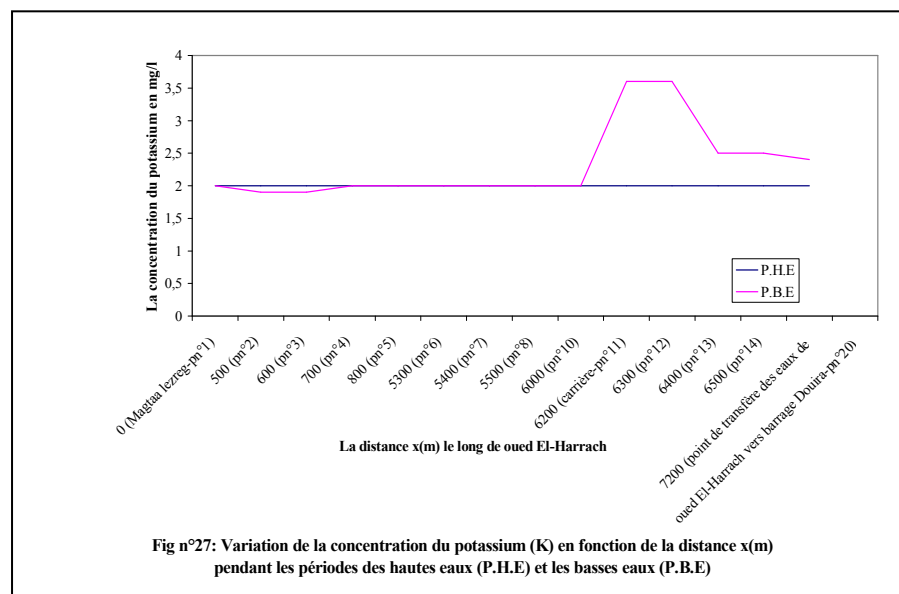
◆ Le magnésium (Mg)

On remarque que la concentration du magnésium est inférieure à 50 mg/l (norme de l’O.M.S) dans l’amont et l’aval de la carrière et pendant les deux périodes (P.H.E et P.B.E) et la variation de la concentration est presque la même dans les deux périodes et ceci traduit que la concentration du milieu traversé (sol) en magnésium est constante dans les deux périodes et dans l’amont et l’aval de la carrière. La qualité des eaux est bonne en magnésium dans l’amont et l’aval de la carrière et pendant les deux périodes (voir fig 26).



Le potassium (K)

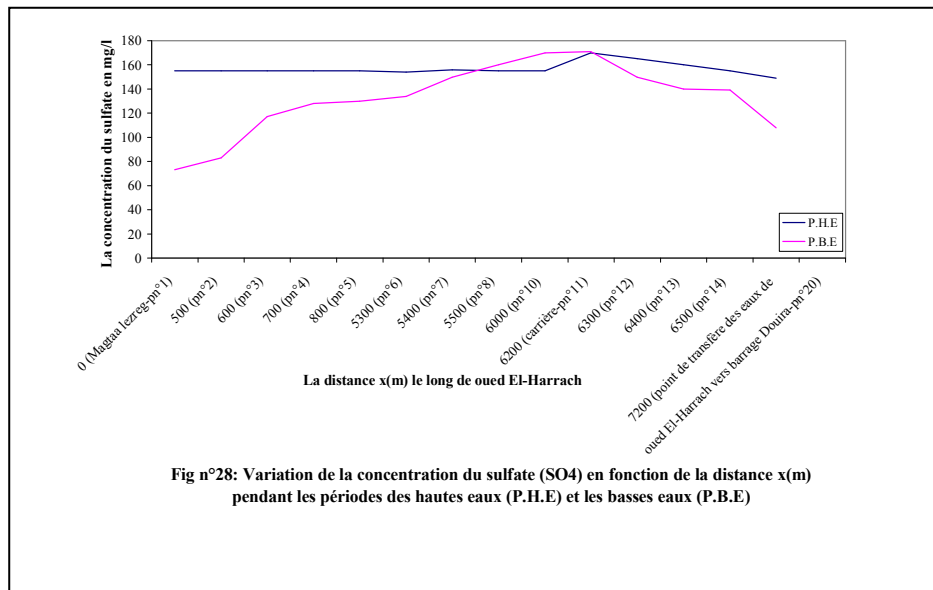
On remarque que la concentration du potassium est inférieure à 12 mg/l (norme de l'O.M.S) dans la zone amont et aval de la carrière pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en potassium). Dans la zone amont, on remarque que la variation du potassium est constante pendant les deux périodes et ceci nous permet de conclure que la concentration du milieu traversé en potassium est constante dans cette zone mais dans la zone aval on constate l'augmentation de la concentration du potassium pendant la période des B.E à cause des eaux de lavage des granulats (points de pics n°11 et n°12), puis la courbe prend une forme descendante avec forte pente entre les points n°12 et n°13 à cause de la transformation rapide du potassium à partir du milieu de forte concentration (l'eau riche en potassium) vers le milieu de faible concentration (sol pauvre en potassium) en présence de faible quantité d'eau et la vitesse minimal d'écoulement qui favorise le bon contact de l'eau avec le sol et une faible pente entre les points n°13 et n°20 à cause de l'équivalence de la concentration du potassium entre les deux milieux (eau et sol) c.à.d la concentration de l'eau et le sol est presque la même dans cet endroit (pente légèrement horizontale) (voir fig 27).



◆ Le sulfate (SO4)

On remarque que la concentration du sulfate est inférieure à 250 mg/l (norme de l'O.M.S) dans la zone amont et aval de la carrière pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en SO4). Dans la zone amont et entre les points n°1 et n°7 on constate la diminution de la concentration du sulfate pendant la période des B.E par rapport à la période des H.E et ceci traduit la pauvreté du milieu traversé en SO4 pendant la période des B.E par contre entre les points n°8 et n°10 on constate l'augmentation de la concentration du SO4 de la période des B.E par rapport à la période des H.E à cause de la richesse du milieu traversé en SO4 dans cet endroit.

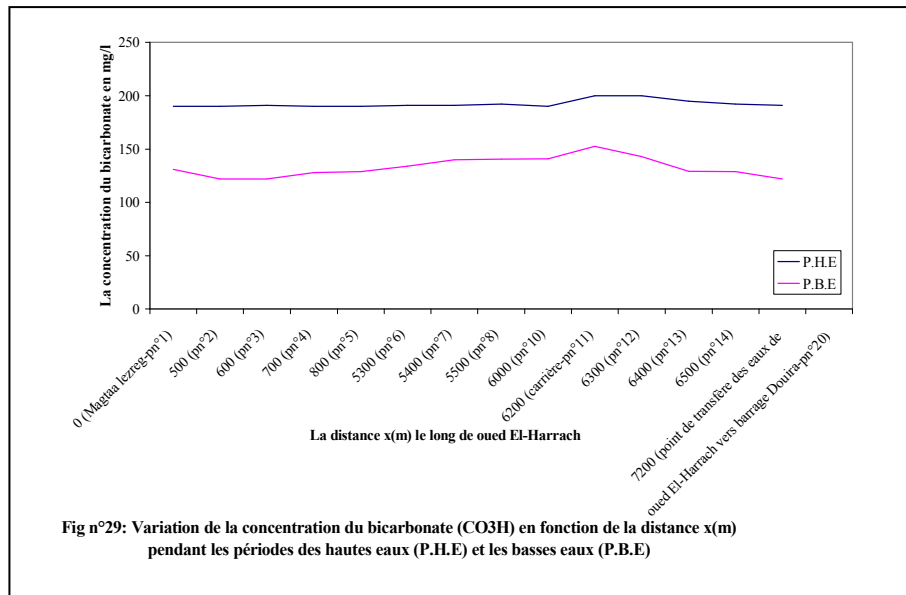
Dans la zone aval, on constate que la variation de la concentration en SO_4 dans l'eau est maximal au niveau du point n°11 et suit une fonction décroissante entre les points n°11 et n°20 pendant les deux périodes. On remarque aussi que la courbe des B.E est au dessous de la courbe des H.E et ceci traduit que la transformation des SO_4 du milieu de forte concentration (l'eau riche en SO_4) vers le milieu de faible concentration (sol pauvre en SO_4) est forte pendant la période des B.E par rapport à la période des H.E à cause de faible vitesse d'écoulement qui favorise le bon contact de l'eau avec le sol (voir fig 28).



◆ Le bicarbonate (CO_3H)

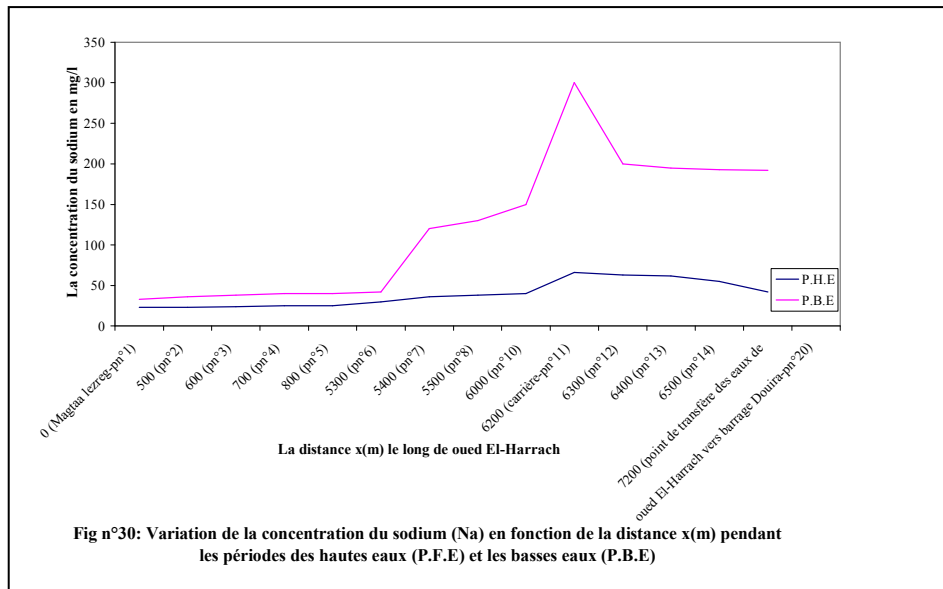
Dans cette étude, on constate l'apparition du bicarbonate (CO_3H) et l'absence totale des carbonates (CO_3) et l'hydroxyde (OH) à cause de la variation du pH qui est comprise entre 4,4 et 8,3 (voir tableaux n°6 ;7 ;8 et 9).

A partir de la courbe des CO_3H , on remarque que la concentration est inférieure à 400 mg/l (norme de l'O.M.S) de l'amont vers l'aval pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en bicarbonate- fig 29).



◆ Le sodium (Na)

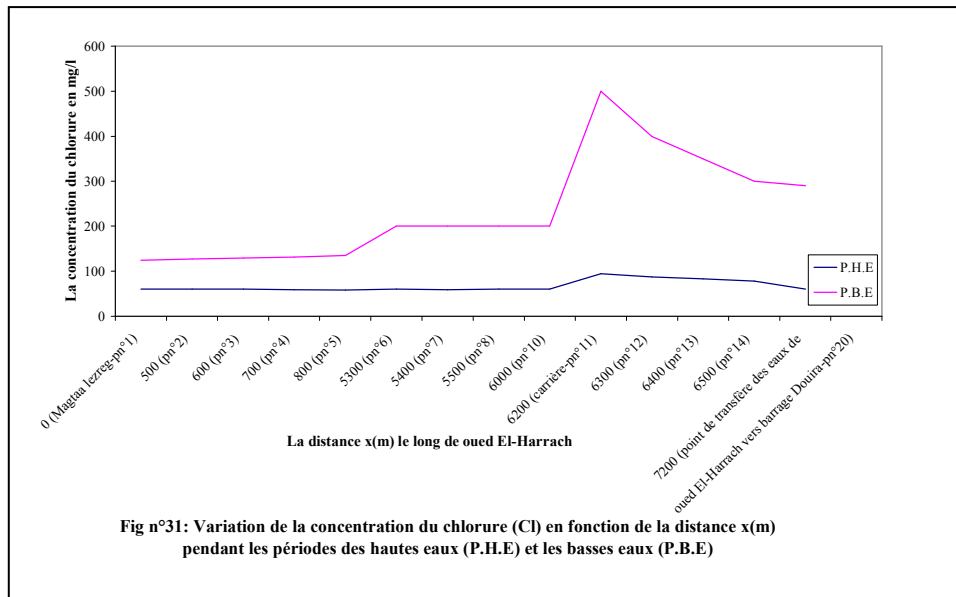
Pendant la période des H.E, on remarque que la concentration du sodium est inférieure à 150 mg/l (norme de l'O.M.S) de l'amont vers l'aval de la carrière mais pendant la période des B.E, on remarque dans la zone amont que la concentration du Na est inférieure à 150mg/l du point n°1 au point n°8 et égale à 150mg/l au point n°10 (bonne qualité des eaux en sodium) et la courbe de concentration en Na suit une fonction croissante à cause de la richesse du milieu traversé en Na et en présence de faible quantité d'eau de l'oued et faible vitesse d'écoulement qui favorise le bon contact de l'eau avec le sol ; dans la zone aval on remarque l'accroissement de la concentration du sodium au niveau du point de rejet de la carrière (point n°11=300mg/l>150mg/l) et la courbe de variation suit une fonction décroissante avec forte pente entre les points n°11 et n°12 à cause de la transformation de la concentration en Na du milieu de forte concentration (l'eau riche en Na) vers le milieu traversé de faible concentration (sol pauvre en Na) d'une façon rapide en présence de la vitesse minimal d'écoulement (l'eau presque au repos) et de faible pente entre les points n°12 et n°20 (la courbe est presque horizontal) c.à.d la concentration en Na est presque la même dans les deux milieux, on peut conclure donc que la qualité des eaux pendant la période des B.E est mauvaise en sodium dans la zone aval (Na>150mg/l : voir fig 30).



◆ Le chlorure (Cl)

Pendant la période des H.E, on remarque que la variation de la concentration du Cl est inférieure à 250mg/l de l'amont vers l'aval (bonne qualité des eaux en chlorure). Pour la zone amont on remarque que la variation est presque constante (ligne horizontale) et pour la zone aval ; la variation du Cl prend un maximum au point n°11 puis elle suit une fonction décroissante de faible pente (transformation très lente de chlorure de l'eau vers le sol) à cause de la vitesse maximal de l'écoulement qui ne favorise pas le bon contact avec le sol.

Pendant la période des B.E et pour la zone amont, on remarque l'accroissement linéaire de pentes variable du chlorure dans l'eau entre les points n°1 et n°6 à cause de la richesse du milieu traversé en chlorure et en présence de faible quantité de l'eau et la vitesse minimal de l'écoulement mais entre les points n°6 et n°10 la variation est constante dans cet endroit et elle est égale à 200mg/l c.à.d que le sol et l'eau ont la même concentration des chlorures. Pour la zone aval, on remarque l'apparition des chlorures au niveau du point de rejet de la carrière (point n°11=500mg/l>250mg/l) et la courbe de variation suit une fonction décroissante avec forte pente entre les points n°11 et n°12 à cause de la transformation de la concentration en Cl du milieu de forte concentration (l'eau riche en Cl) vers le milieu traversé de faible concentration (sol pauvre en Cl) d'une façon rapide en présence de faible quantité de l'eau et de la vitesse minimal d'écoulement (l'eau presque au repos) et de faible pente entre les points n°12 et n°20 (la courbe est presque horizontale) c.à.d la concentration en Cl est presque la même dans les deux milieux, on peut conclure donc que la qualité des eaux pendant la période des B.E est mauvaise en chlorure dans la zone aval (Cl>250mg/l : voir fig 31).

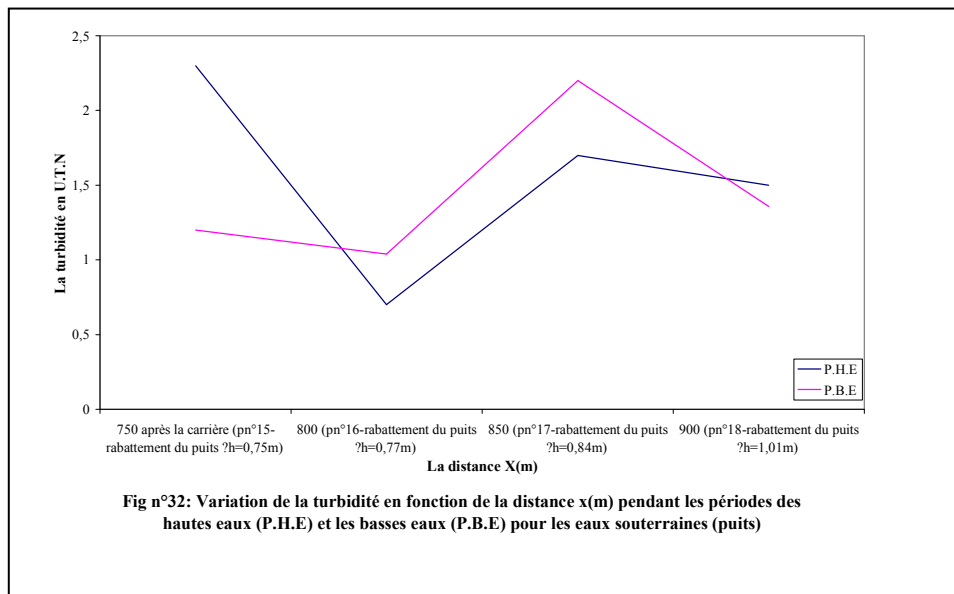


3. 2. Les eaux souterraines (puits)

1. Paramètres physiques

◆ La turbidité

On remarque que la turbidité dans les quatre (04) puits est inférieure à 5 U.T.N (norme de l’O.M.S) pendant les deux périodes avec une variation non linéaire de forme sinusoïdal c.à.d la turbidité de chaque puits est indépendante de l’autres puits ce que nous permet de conclure que les 04 puits ne sont pas alimentés de même cours d’eau ; chaque puits est alimenté à partir d’un cours d’eau spécial qui s’écoule à partir des montagnes (voir fig 32).

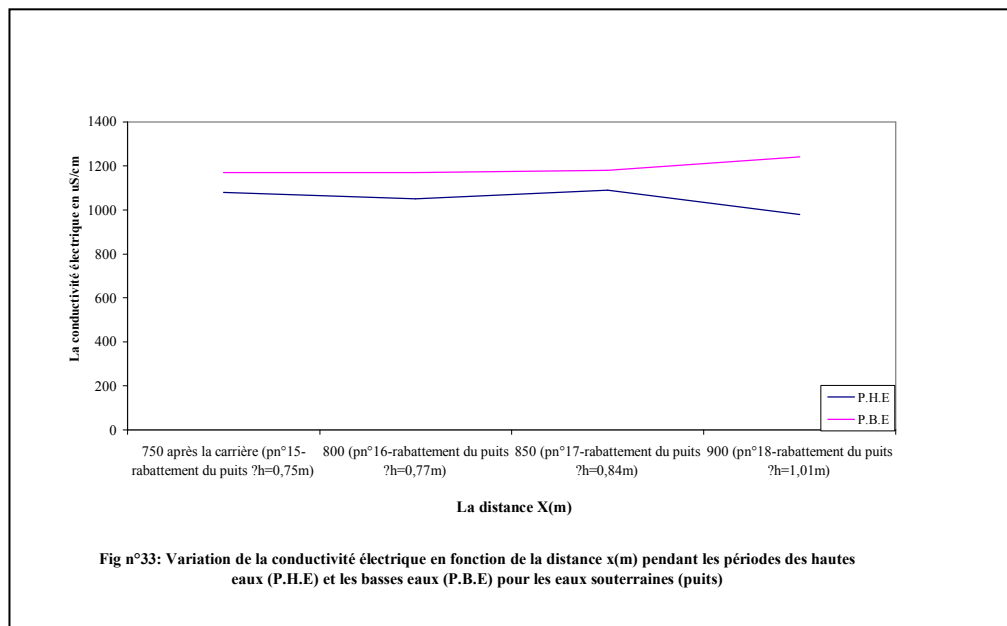


◆ La conductivité électrique

On remarque que la conductivité électrique est bonne dans les 04 puits car elle est inférieure à $1,5 \text{ m.m.hos} = 1500 \mu\text{s/cm}$ (norme de l'O.M.S).

Pendant la période des H.E, on remarque que la conductivité électrique du puits n°18 est minimal par rapport aux autres puits c.à.d diminution de la concentration des sels minéraux globale à cause de la quantité d'eau importante dans cet puits ce que nous permet de conclure que le débit du puits n°18 est supérieur aux débits des autres puits, on peut remarquer aussi que la conductivité électrique du puits n°17 est maximal à cause de la quantité d'eau minimal ou le débit minimal de cet puits (augmentation de la concentration des sels minéraux globale).

Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la conductivité électrique par rapport à la période des H.E, on remarque aussi que les deux puits n°15 et 16 ont la même conductivité électrique ($1,17 \text{ m.m.hos}$) et le même rabattement ($\Delta h = 0,7 \text{ m}$) c.à.d que la quantité d'eau est la même dans ces deux puits et dans les puits n°17 et 18 on constate l'augmentation de la conductivité électrique à cause de la diminution de la quantité d'eau qui résulte l'augmentation du rabattement ($\Delta h = 0,84 \text{ m}$ du puits n°17 et $\Delta h = 1,01 \text{ m}$ du puits n°18 – voir fig 33).



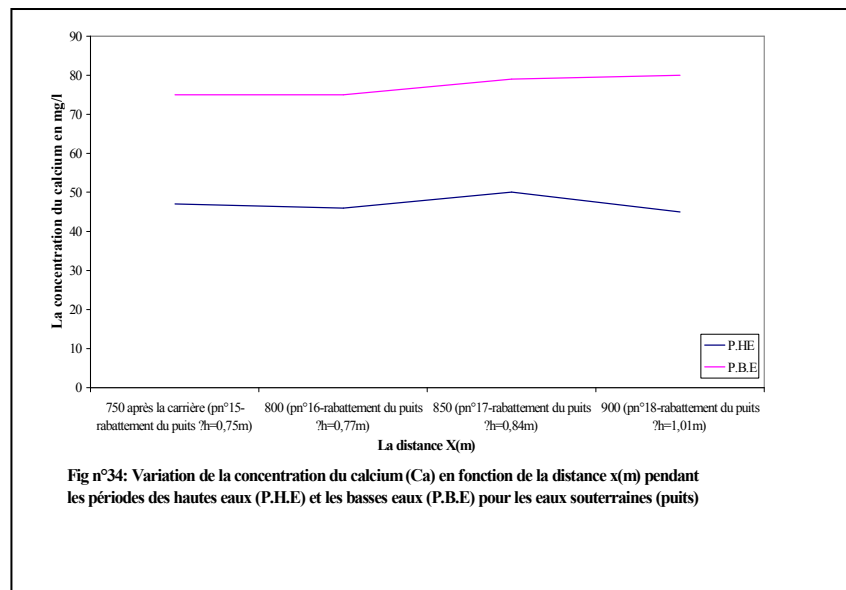
2. Paramètres chimiques

◆ Le calcium (Ca)

On remarque que la concentration du Ca est inférieure à 100 mg/l dans les 04 puits pendant les deux période (bonne qualité des eaux en calcium) mais pour la variation de la concentration du Ca, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est presque la même dans les deux puits n°15 et 16 ($\text{Ca}_{p15} = 47 \text{ mg/l}$ et $\text{Ca}_{p16} = 46 \text{ mg/l}$) malgré que le débit du puits n°16 est supérieur au débit du puits n°15 ce que nous permet de conclure que le milieu traversé du puits n°16 est de forte concentration en Ca par rapport au puits n°15 ; elle est maximal au niveau du

puits n°17 à cause du débit minimal et elle est minimal au niveau du puits n°18 à cause du débit maximal et la quantité d'eau importante.

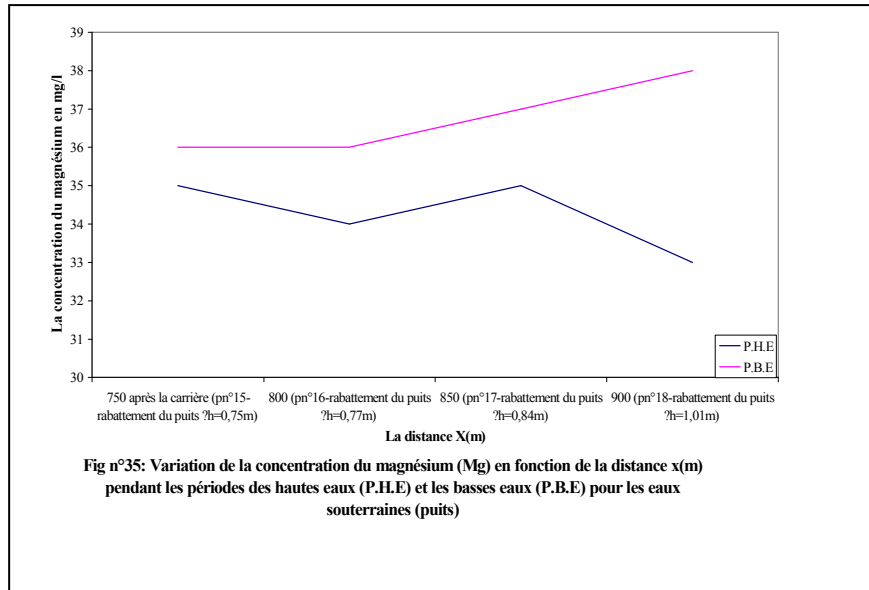
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du Ca par rapport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du Ca reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 34).



◆ Le magnésium (Mg)

On remarque que la concentration du Mg est inférieure à 50mg/l dans les 04 puits pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en magnésium) mais pour la variation de la concentration du Mg, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est non linéaire de forme sinusoïdale c.à.d que les 04 puits n'ont pas de même débit ($Q_{p18} > Q_{p16} > Q_{p15} > Q_{p17} \Rightarrow Mg_{p17} > Mg_{p15} > Mg_{p16} > Mg_{p18}$).

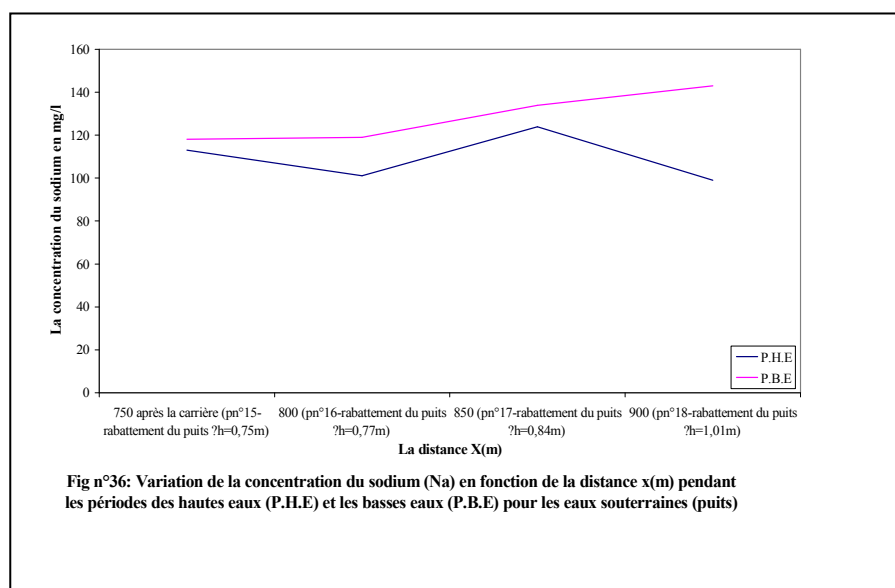
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du Mg par rapport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du Mg reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 35).



◆ Le sodium (Na)

On remarque que la concentration du Na est inférieure à 150mg/l dans les 04 puits pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en sodium) mais pour la variation de la concentration du Na, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est non linéaire de forme sinusoïdal c.à.d que les 04 puits n'ont pas de même débit ($Q_{p18} > Q_{p16} > Q_{p15} > Q_{p17} \Rightarrow Na_{p17} > Na_{p15} > Na_{p16} > Na_{p18}$).

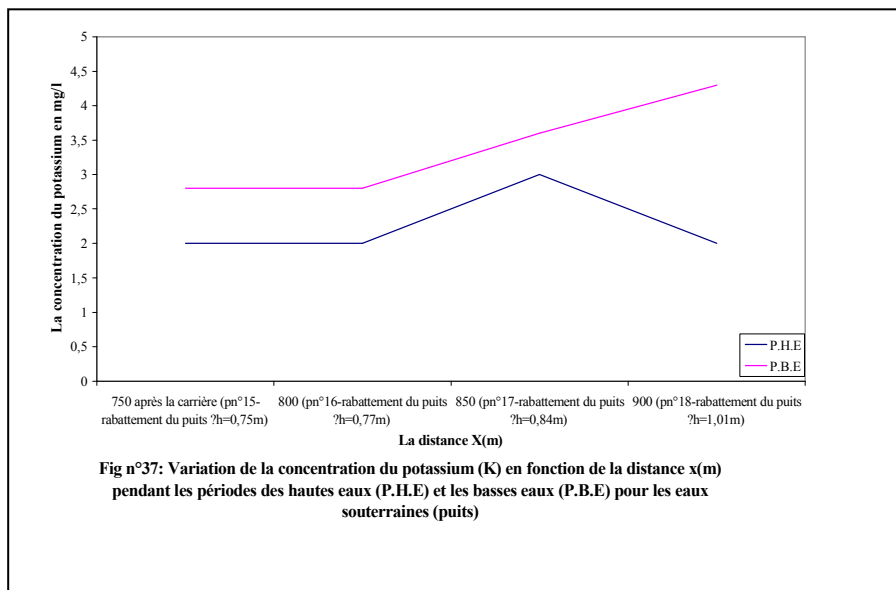
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du Na par rapport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du Na reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 36).



◆ Le potassium (K)

On remarque que la concentration du K est inférieure à 12mg/l dans les 04 puits pendant les deux période (bonne qualité des eaux en potassium) mais pour la variation de la concentration du K, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est minimal et de même valeur dans les trois puits n°15 ;16 et18 ($K_{p15}=K_{p16}=K_{p18}=2\text{mg/l}$) malgré que le débit du puits n°18 est supérieur au débit des deux puits n°15 et 16 ce que nous permet de conclure que le milieu traversé du puits n°18 est de forte concentration en Ca en 1^{ère} classe puis le milieu traversé du puits n°16 en 2^{ème} classe puis le milieu traversé du puits n°15 en 3^{ème} classe et elle est maximal au niveau du puits n°17 à cause du débit minimal.

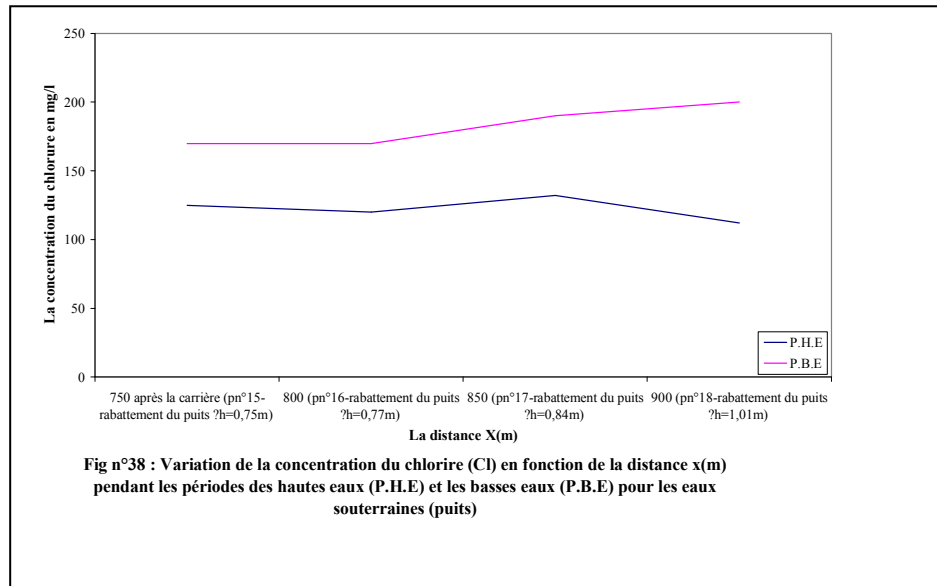
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du K par apport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du K reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contient et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement (voir fig 37).



◆ Le chlorure (Cl)

On remarque que la concentration du Cl est inférieure à 250mg/l dans les 04 puits pendant les deux période (bonne qualité des eaux en chlorure) mais pour la variation de la concentration du Cl, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est presque la même dans les deux puits n°15 et 16 ($Cl_{p15}=125\text{mg/l}$ et $Cl_{p16}=120\text{mg/l}$) malgré que le débit du puits n°16 est supérieur au débit du puits n°15 ce que nous permet de conclure que le milieu traversé du puits n°16 est de forte concentration en Cl par apport au puits n°15 ; elle est maximal au niveau du puits n°17 à cause du débit minimal et elle est minimal au niveau du puits n°18 à cause du débit maximal et la quantité d'eau importante.

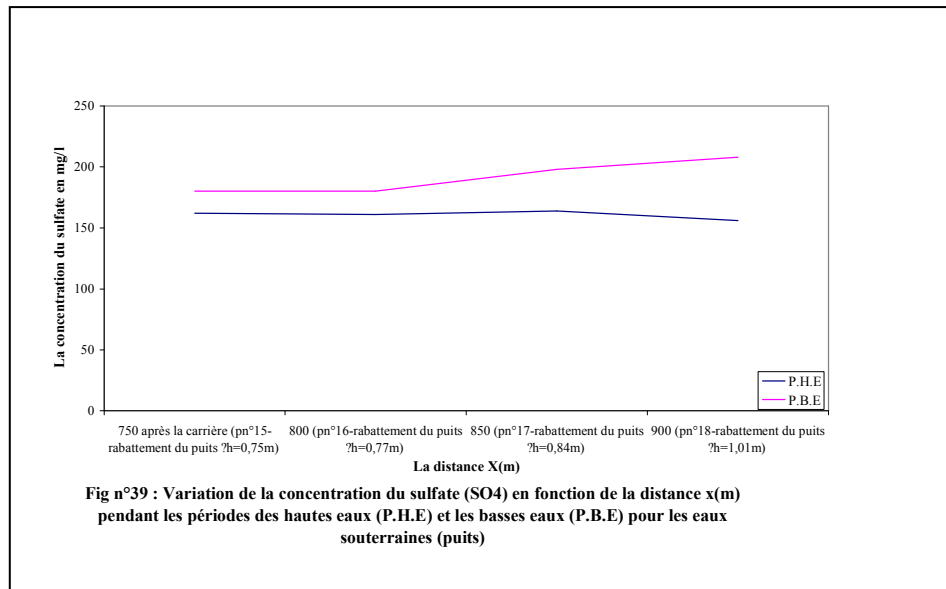
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du Cl par apport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du Cl reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 38).



◆ Le sulfate (SO4)

On remarque que la concentration du SO4 est inférieure à 250mg/l dans les 04 puits pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en sulfate) mais pour la variation de la concentration du SO4, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est presque la même dans les deux puits n°15 et 16 ($SO4_{p15}=162\text{mg/l}$ et $SO4_{p16}=161\text{mg/l}$) malgré que le débit du puits n°16 est supérieur au débit du puits n°15 ce que nous permet de conclure que le milieu traversé du puits n°16 est de forte concentration en SO4 par rapport au puits n°15 ; elle est maximale au niveau du puits n°17 à cause du débit minimal et elle est minimale au niveau du puits n°18 à cause du débit maximal et la quantité d'eau importante.

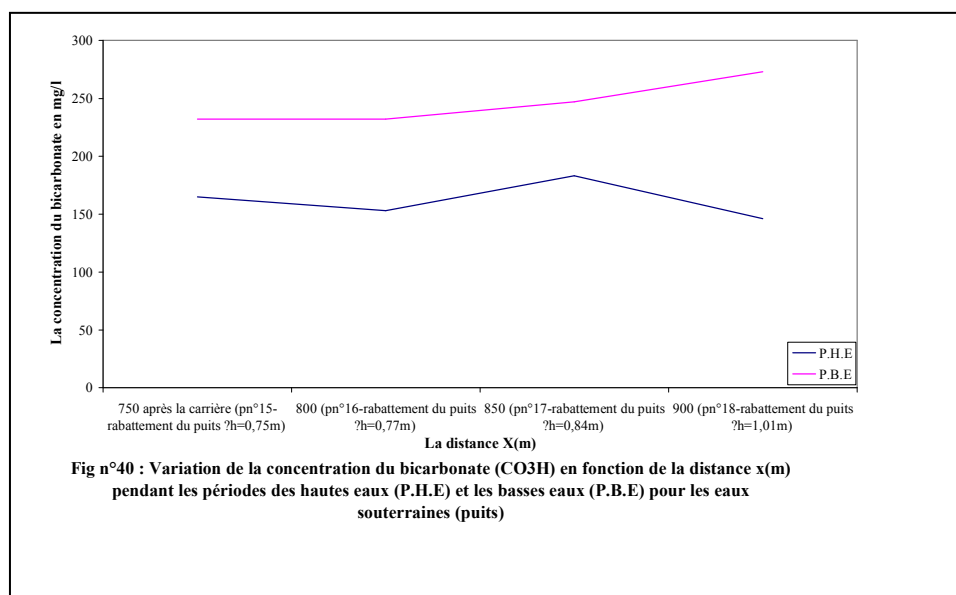
Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du SO4 par rapport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du SO4 reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 39).



◆ Le bicarbonate (CO3H)

On remarque que la concentration du CO3H est inférieure à 400mg/l dans les 04 puits pendant les deux périodes (bonne qualité des eaux en bicarbonate) mais pour la variation de la concentration du CO3H, on remarque pendant la période des H.E que cette variation est non linéaire de forme sinusoïdal c.à.d que les 04 puits n'ont pas de même débit ($Q_{p18} > Q_{p16} > Q_{p15} > Q_{p17} \Rightarrow CO3H_{p17} > CO3H_{p15} > CO3H_{p16} > CO3H_{p18}$).

Pendant la période des B.E, on remarque l'augmentation de la concentration du CO3H par rapport à la période des H.E à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'abaissement du niveau statique dans les 04 puits mais cette variation du CO3H reste constante dans les deux puits n°15 et 16 à cause de même quantité d'eau qu'ils contiennent et le même rabattement et elle augmente dans les deux puits n°17 et 18 à cause de la diminution de la quantité d'eau et l'augmentation du rabattement car ces deux puits sont plus utilisés par rapport aux puits n°15 et 16 (voir fig 40).



4. Conclusion

Après avoir effectué les analyses physico-chimiques pendant les deux périodes (P.H.E et P.B.E), on a remarqué que la qualité des eaux de surface est mauvaise de point de vue turbidité et l'augmentation de la conductivité électrique pendant la période des basses eaux à l'aval de la carrière à cause de l'excès du sel minéral de chlorure sodium (NaCl) qui va poser des problèmes environnementaux et provoque des maladies aiguës et par fois chronique tels que :

- Le chlore est très toxique pour les organismes aquatiques et, d'autre part, parce qu'il réagit avec la matière organique présente dans l'eau pour former des composés organochlorés, tels les trihalométhanes (THM) et les acides halos acétiques (AHA), également toxiques pour l'environnement. La formation de THM augmente avec le pH de l'eau, ce qui n'est pas le cas des AHA. Le chlore peut en outre se combiner avec les substances azotées présentes dans l'eau pour former des chloramines (NH₂Cl, NHCl₂ et NCl₃). Plusieurs THM, notamment le trichlorométhane (chloroforme), le bromodichlorométhane et le tribromométhane (bromoforme), sont considérés comme des substances cancérigènes probables chez les humains d'après des preuves suffisantes provenant d'études menées sur des animaux, alors que le dibromochlorométhane est considéré comme une substance cancérigène possible chez les humains d'après des preuves limitées provenant d'études menées sur des animaux (IRIS, EPA, 2003). Parmi les AHA, l'acide dichloroacétique et l'acide trichloroacétique sont considérés comme des substances respectivement cancérigènes probables et cancérigènes possible chez les humains (IRIS, EPA, 2003). Les chloramines ne sont pas considérées comme cancérigènes (IRIS, EPA 2003), mais sont toxiques pour les organismes aquatiques (Environnement Canada, 2003) [39].
- Selon certaines indications, il semblerait que le sodium et le chlorure à la fois sont nécessaires pour exercer un effet hypertenseur (voir Fig 41).

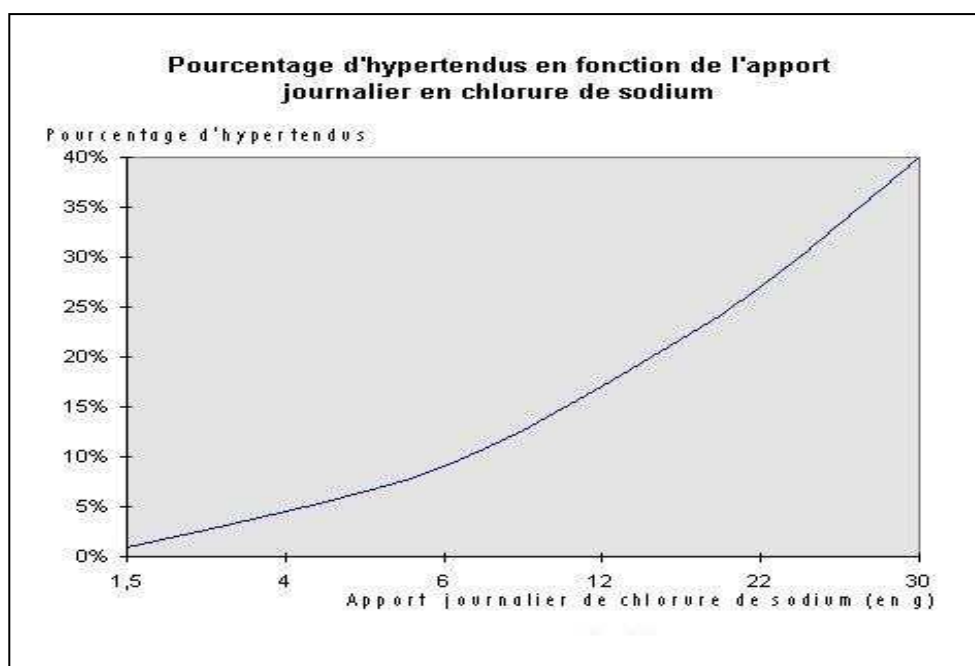


Fig 41. Pourcentage d'hypertendus en fonction de l'apport journalier en chlorure de sodium- Source : Science et vie : Numéro 984 : Septembre 1999 - page 74-75

- Le chlore a essentiellement une toxicité sur les voies aériennes. Les symptômes apparaissent immédiatement après l'exposition. L'œdème aigu du poumon représente le risque majeur ; il faut s'en méfier car il peut apparaître de manière retardée (toxicité respiratoire) (Syndicat des Halogènes et Dérivés ; juillet 2002) [40].

Contrairement la qualité des eaux souterraines est bonne et les paramètres physico-chimiques de ces eaux sont différents par rapport aux paramètres physico-chimiques des eaux de surfaces. Ce résultat nous permet de conclure que la nappe alluviale n'est pas touchée par la pollution des eaux de surface et elle n'est pas alimentée par ces eaux mais elle est alimentée par des cours d'eau qui sont acheminés à partir de la chaîne montagneuse.

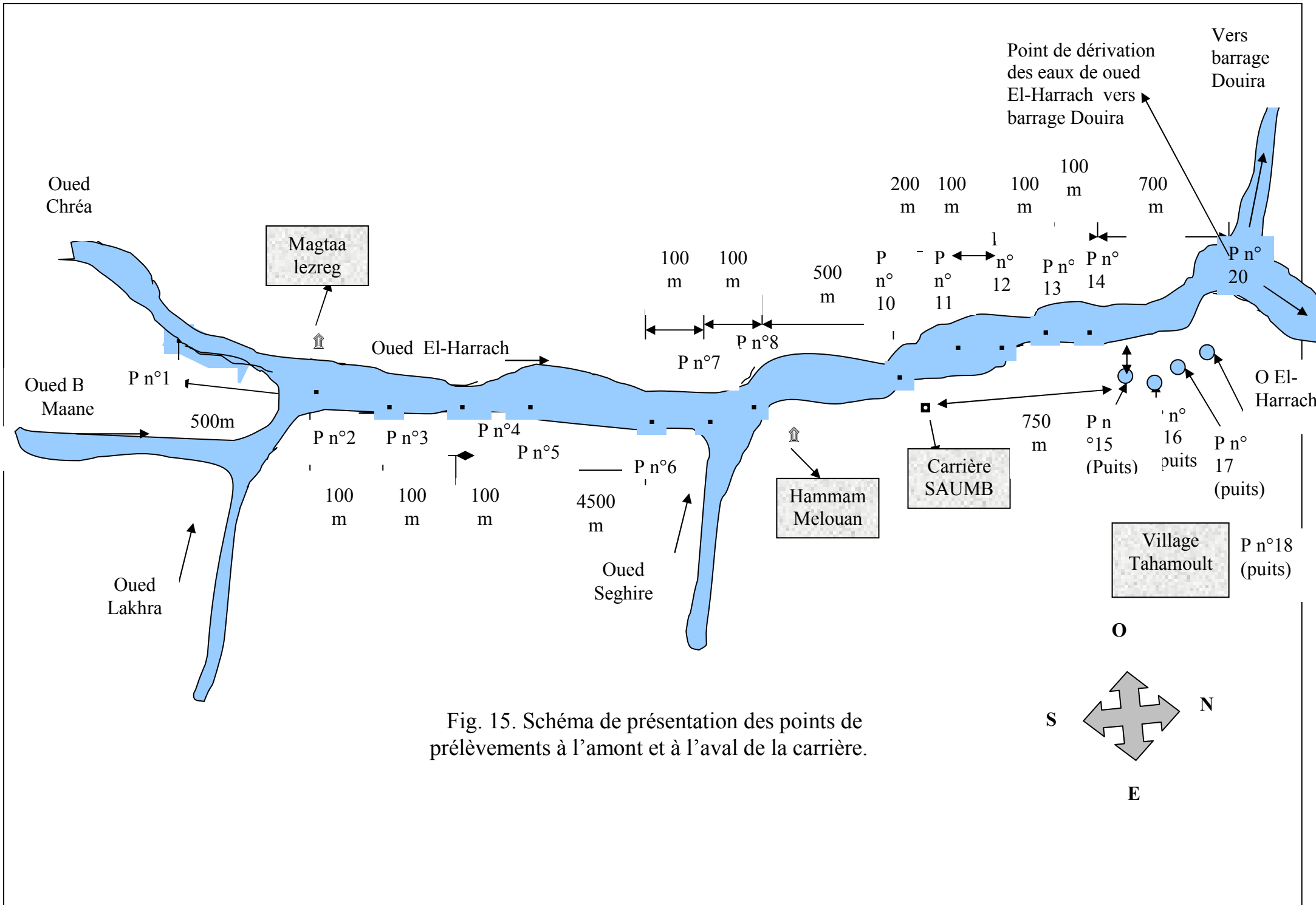


Tableau 6. Analyse physique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone amont de la carrière.

N° du prélèvement	Lieu du prélèvement	Nature de la source	Turbidité (U.T.N)		Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)		Résidus secs (mg/l)		p.H	
			P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E
1	à l'amont de Magtaa lezregue sur 500m du point de rencontre de oued chria avec les deux oueds boumaane et oued lakhra	Eaux de surface (oued elharrach)	26,2	3,2	520	300	372	231	7,5	7,8
2	Sur 100m après le point de rencontre de oued chria avec les deux oueds boumaane et oued lakhra	Eaux de surface (oued elharrach)	26	3,1	580	340	415	243	7,7	7,85
3	Sur 100m après le point n°2	Eaux de surface (oued elharrach)	25,9	2,9	590	450	422	322	7,8	7,90
4	Sur 100m après le point n°3	Eaux de surface (oued elharrach)	25,85	2,8	600	560	430	401	8	7,90
5	Sur 100m après le point n°4	Eaux de surface (oued elharrach)	25,8	2,7	600	670	430	478	7,45	8
6	Sur 4800m après le point n°5	Eaux de surface (oued elharrach)	25,40	2,25	650	780	465	558	7,9	7,5
7	Sur 100m après le point n°6	Eaux de surface (oued elharrach)	25,30	2,17	660	890	473	676	7,85	7,8
8	Sur 100m après le point n°7	Eaux de surface (oued elharrach)	25,2	2,1	670	1000	478	759	7,2	7,85
10	Sur 500m après le point n°8 et juste avant de la carrière sur 30m de distance	Eaux de surface (oued elharrach)	25	2	700	1000	501	759	8	8

Tableau 7. Analyse physique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone avale de la carrière.

N° du prélèvement	Lieu du prélèvement	Nature de la source	Turbidité (U.T.N)		Conductivité électrique (µS/cm)		Résidus secs (mg/l)		p.H	
			P.H. E	P.B. E	P.H. E	P.B. E	P.H. E	P.B. E	P.H. E	P.B. E
11	A l'aval de la carrière sur 30m de distance.	Eaux de surface (oued elharrach)	76,6	145	920	2150	698	1632	7,8	7,9
12	A l'aval de la carrière sur 130m de distance.	Eaux de surface (oued elharrach)	29,5	130	890	1380	676	1047	7,5	7,85
13	A l'aval de la carrière sur 230m de distance.	Eaux de surface (oued elharrach)	28,9	124	870	1360	660	1032	7,4	7,5
14	A l'aval de la carrière sur 330m de distance.	Eaux de surface (oued elharrach)	28,5	112	820	1320	587	1002	7,7	7,45
15	A l'aval de la carrière sur 750m de distance et sur 120m de la rive droite de l'oued.	Eaux souterraines (puits)	2,3	1,2	1080	1170	820	888	7,45	7,15
16	A l'aval de la carrière sur 800m de distance et sur 120m de la rive droite de l'oued.	Eaux souterraines (puits)	0,7	1,04	1050	1170	797	888	7,6	7,2
17	A l'aval de la carrière sur 850m de distance et sur 120m de la rive droite de l'oued.	Eaux souterraines (puits)	1,7	2,2	1090	1180	827	896	7,7	7,3
18	A l'aval de la carrière sur 900m de distance et sur 120m de la rive droite de l'oued.	Eaux souterraines (puits)	1,5	1,36	980	1240	944	941	7,85	7,15
20	A l'aval de la carrière sur 1000m de distance et à la rentrée du canal de transfère les eaux de l'oued vers barrage Douira.	Eaux de surface (oued elharrach)	20	35	810	1310	580	994	7,9	7,3

Tableau 8. Analyse chimique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone amont de la carrière.

N° du prél è	Natur e de la source	Ca (mg/l)		Mg (mg/l)		Na (mg/l)		K (mg/l)		Cl (mg/l)		SO ₄ (mg/l)		CO ₃ H (mg/l)		CO ₃ (mg/l)		NO ₃ (mg/l)		OH (mg/l)	
		P. H. E	P. B. E	P. H. E	P. B. E	P. H. E	P. B. E	P. H. E	P. B. E	P. H. E	P.B .E	P.H.E	P.B. E	P.H. E	P.B. E	P. H. E	P. B. E	P. H. E	P. B. E	PH .E	P. B. E
1	E.S (oued)	40	10	22	22	23	33	2	2	60	124	155	73	190	131	0	0	0	0	0	0
2	E.S (oued)	40	10	22	22	23	36	2	1,9	60	127	155	83	190	122	0	0	0	0	0	0
3	E.S (oued)	45	11	22	22	24	38	2	1,9	60	129	155	117	191	122	0	0	0	0	0	0
4	E.S (oued)	45	11	24	23	25	40	2	2	59	131	155	128	190	128	0	0	0	0	0	0
5	E.S (oued)	50	13	25	24	25	40	2	2	58	135	155	130	190	129	0	0	0	0	0	0
6	E.S (oued)	53	32	25	26	30	42	2	2	60	200	154	134	191	134	0	0	0	0	0	0
7	E.S (oued)	54	33	26	26	36	12 0	2	2	59	200	156	150	191	140	0	0	0	0	0	0
8	E.S (oued)	56	34	26	28	38	13 0	2	2	60	200	155	160	192	140,5	0	0	0	0	0	0
10	E.S (oued)	58	36	29	28	40	15 0	2	2	60	200	155	170	190	140,9	0	0	0	0	0	0

Tableau 9. Analyse chimique pendant les périodes des hautes eaux (P.H.E) et les basses eaux (P.B.E) pour la zone avale de la carrière.

N° du prél è	Nature de la source	Niveau statique de la nappe par apport à la surface du sol (m)		Rabattement de la nappe entre les période P.H.E et P.B.E Δh (m)	Ca (mg/l)		Mg (mg/l)		Na (mg/l)		K (mg/l)		Cl (mg/l)		SO ₄ (mg/l)		CO ₃ H (mg/l)		CO ₃ (mg/l)		NO ₃ (mg/l)		OH (mg/l)	
		P.H.E	P.B.E		P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	PBE	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E	P.H.E	P.B.E
11	E.S (oued)	/	/	/	62	45	29	29	66	300	2	3,6	94	500	170	171	200	152,5	0	0	0	0	0	0
12	E.S (oued)	/	/	/	60	39	29	28	63	200	2	3,6	87	400	165	150	200	143,2	0	0	0	0	0	0
13	E.S (oued)	/	/	/	60	38	28	28	62	195	2	2,5	83	350	160	140	195	129,3	0	0	0	0	0	0
14	E.S (oued)	/	/	/	59	36	28	28	55	193	2	2,5	78	300	155	139	192	129	0	0	0	0	0	0
15	E.S (puits)	10	10,75	0,75	47	75	35	36	113	118	2	2,8	125	170	162	180	165	232	0	0	0	0	0	0
16	E.S (puits)	10,5	11,27	0,77	46	75	34	36	101	119	2	2,8	120	170	161	180	153	232	0	0	0	0	0	0
17	E.S (puits)	8,56	9,4	0,84	50	79	35	37	124	134	3	3,6	132	190	164	198	183	247	0	0	0	0	0	0
18	E.S (puits)	8,22	9,23	1,01	45	80	33	38	99	143	2	4,3	112	200	156	208	146	273	0	0	0	0	0	0
20	E.S (oued)	/	/	/	58	32	28	28	42	192	2	2,4	60	290	149	108	191	122	0	0	0	0	0	0

Conclusion générale

Au terme de ce travail, après avoir effectué nos campagnes de prélèvement durant les deux périodes (P.H.E et P.B.E) et suite aux analyses physico-chimiques au niveau de l'agence Nationales des Ressources hydriques de la wilaya de Blida (A.N.R.H), les résultats d'analyses ont permis d'obtenir une image très précise de la qualité des eaux souterraine et de surface.

Pour les eaux souterraines, la qualité de ces eaux est bonne et l'alimentation de la nappe alluviale est assurée par des cours d'eaux qui sont acheminés à partir de la chaîne montagneuse voisine. Cette dernière conclusion est tirée après avoir comparé les paramètres physico-chimiques de ces eaux avec les paramètres des eaux de surface qui sont différents et ceci nous permet de conclure que la nappe alluviale n'est pas touchée par la perturbation de la qualité des eaux de surface.

Pour les eaux de surface, la qualité de ces eaux est mauvaise de point de vue turbidité et l'augmentation de la conductivité électrique pendant la période des basses eaux à l'aval de la carrière à cause de l'excès du sel minéral de chlorure-sodium (NaCl).

A cet effet nous recommandons à la fin de cette étude :

- De prévoir un bassin de décantation au niveau du rejet de la carrière pour éliminer les matières en suspensions et améliorer la turbidité à l'aval de la carrière.

- De prévoir une petite station de traitement physico-chimique au niveau du rejet de la carrière pour éliminer l'excès du chlore et le sodium et améliorer les paramètres physico-chimiques des eaux de surface à l'aval de la carrière. Pour un retour rapide à la normale concentration du chlore, on utilise le thiosulfate de sodium ou l'hyposulfite de sodium. Ce produit entraîne une baisse du pH qu'il conviendra de rééquilibrer quelques jours plus tard. On peut utiliser aussi un stabilisateur de chlore qui est l'acide iso cyanurique. On en trouve dans le chlore en galet, dans certains chlores en granulés, dits "stabilisés" ou encore sous forme d'additif (pur). Son action consiste à ralentir la destruction du chlore par les ultraviolets. L'acide iso cyanurique augmente en effet de façon très importante l'effet filtrant de l'eau et empêche les ultraviolets de pénétrer au-delà de quelques centimètres.

Références bibliographiques

[1] - RODIER J., 1984.

Analyse des eaux. Edition BORDAS Paris (France), 1365p.

[2] - BERNE F., CORDONNIER J., 1991.

Traitement des eaux, épuration des eaux résiduaires de raffinage.
Édition technique Paris (France), pp6.

[3] - ATOUM S., KOBBI K., 2006.

Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux potables de la commune de Hammam Melouane. Mémoire de fin d'étude, INSE. Bougara. Blida (Algérie), 87p.

[4] - ROUX M., 1987.

Analyse biologique de l'eau. Edition A.F.E.E (France), 229p.

[5] - Robert Perrin & Jean-Pierre Scharff., 2002

Chimie industrielle. Dunod, paris, 2002 pour la nouvelle présentation-
ISBN 2 10 006747 8, 1136p.

[6] - TORRE H Président du Comité de Bassin Rhône Méditerranée Corse., **BESSE M** Préfet coordonnateur de bassin Rhône Méditerranée Corse. , **Décembre 1996.**

L'extraction de matériaux et protection des milieux aquatique. Note technique du Schéma Directeur d'Aménagement et Gestion des Eaux du Bassin Rhône – Méditerranée – Corse (SDAGE), 32p.

[7] - SCHANEN O., 1998.

Analyse et modélisation de l'impact hydrodynamique et biogéochimique des lacs de gravières sur la nappe alluviale du Val de Seine. Thèse de doctorat de l'université Paris VI, 273 p.

[8] - CZERNICHOWSKI., LAURIOL., 1999.

L'impact des gravières sur les crues de rivière : état des connaissances. (Service Géologique Régional Picardie, BRGM), Les Techniques de l'Industrie Minérale, N°1 pp59-74. In FNE - Réseau Eau. 2000. Investigations sur l'impact des extractions de granulats dans les zones alluviales des cours d'eau. Rapport de phase 2. 85 pages.

[9]- HYDRATEC., 1998.

Bassins de l'Oise et de l'Aisne – Etude sur les relations entre carrières alluvionnaires et inondations. Rapport d'étude, 3 volumes.

[10]- FUSTEC, in UNPG. , 1993.

Assises sable et graviers du bassin Seine Normandie. 74 pages.

[11] - FANDOL (SAGEP), in UNPG. ,1993.

Assises sable et graviers du bassin Seine- Normandie. 74 pages.

- [12] - **AMOROS C. & PETTE G.E. et al. , 1993.**
Hydro systèmes fluviaux .Ed. Masson, collection d'écologie 24, 300p.
- [13] - **PEAUDECERF P., 1975.**
Effets des gravières sur le comportement hydrodynamique des nappes d'eau souterraines. La Houille blanche, n° 2-3, 1975 : 133-139
- [14]- **CASTANY G. & MARGAT J., 1977-** Dictionnaire français d'hydrogéologie, BRGM
Service géologique national, Orléans, 249 p.
- [15]- **SHAINBERG I. ET SINGER M.J., 1986.**
Suspension concentration effects on depositional crusts and soil hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal 50:1537-1540.
- [16] - **DILYUNAS I.P., 1976.**
Experience in Artificial Ground-Water Recharge for Water Supply in Lithuania. Soviet Hydrology: Selected Papers, Vol. 15, No. 4, p 340-343.
- [17]- **IEA. ,1995.**
Effets des extractions alluvionnaires, synthèse bibliographique, document n°1. 66p.in FNE - Réseau Eau. 2000. Investigations sur l'impact des extractions de granulats dans les zones alluviales des cours d'eau. Rapport de phase 2, 85 p.
- [18]- **BRGM. , 1987.**
Impact des carrières de granulats sur les ressources en eau souterraine de la plaine du PERTHOIS .Réf R37973 CHA 4S 94, 29p + annexes.
- [19]- **BABOT Y. ,1986.**
Impact des gravières sur le régime des eaux en plaines alluviales du bassin Rhin Meuse. Bureau de Recherches Géologiques et minières, 44 p.
- [20]- **DAMBRE J.L., MALAVAL P., 1993.**
Evaluation des conditions de poursuite de la politique de limitation des extractions de matériaux dans le lit de la Loire du Bec d'Allier à Nantes – 60p. + 3 annexes
Mission d'Inspection des Services de la Navigation et Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement.
- [21] - **KONDOLF G.M., 1994.**
Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. Lands cape and Urban Planning, n°28, p.225-243;
- [22] - **MASSON M., SEGUIER J., 1987.**
Environnement et aménagement d'un cours d'eau méditerranéen. Etude de cas :

- Les Gardons ». Rapport CETE Méditerranée, 89 p.
- [23] - **BETURE. , 1994.**
Contraintes hydrauliques à l'extraction de gravières dans le lit de la Meuse. Synthèse, 114 p.
- [24] - **VERNON R.D., AUTIN W.J., MOSSA J., 1992.**
Developing a floodplain sand gravel mine reclamation program in the Amite river basin of Louisiana - In: Advances in Research and Technology. ASAE Publication n° 14-92, p. 240-245. American Society of Agricultural Engineers.
- [25] - **BRGM. , 1990.**
Modélisation des impacts hydrauliques des gravières en amont de La Fère. Rapport BRGM R 30626 PIC 4S 90, 20 p.
- [26] - **SOGREAH, 1984.**
Aménagement à grand gabarit en amont de Bray-sur-Seine. Dossier APS
- [27] - **MOREL-SEYTOUX H.J., MIRACAPILLO C., ABDULRAZZAK M., 1990.**
Modèle analytique de la recharge d'un aquifère à partir d'un bassin circulaire. Waters Resources Research, Vol 26, n° 4, p. 771-777.
- [28] - **LEVASSOR A., 1995.**
Soutien des débits des rivières par la réalimentation des nappes. Etude bibliographique de divers problèmes liés à la régularisation du régime de cours d'eau, Rapport pour l'Institution Interdépartementale des Barrages-réservoirs du Bassin de la Seine : 242 p.
- [29] - **HYDRATEC et al. 1999.**
Définition des fuseaux de mobilité fonctionnels sur les cours d'eau du bassin Rhin Meuse, phase 1 à 3 : élaboration de la méthodologie de définition des fuseaux – DIREN Lorraine, Agence de l'eau Rhin Meuse, Navigation du Nord-Est, 75p. + annexes
- [30] - **BOUCHAUD B.P., CLAVEL P., HAMON Y., ROMANEIX C., 1979.**
Incidences des extractions de matériaux alluvionnaires et de l'aménagement des cours d'eau sur l'écosystème aquatique. Bulletin Français de la Pêche et la Pisciculture 273: 137-156.
- [31] - **BOET P., 1987.**
Potentialités piscicoles des carrières en eau – tome 1, Rapport scientifique et technique, CSP, 72p. + annexes.
- [32] - **FUSTEC E. et FROCHOT B., 1996.**
Les fonctions des zones humides Synthèse bibliographique. Agence de l'eau Seine Normandie, Laboratoire de Géologie Appliquée, Université P. et M. Curie, Paris VI, Laboratoire d'Ecologie, Université de Dijon, 144p.

[33] - AUSSEUR & al., BRGM. , 1980.

Effets thermiques des exploitations en eau de sables et graviers en vallées alluviales sur les rivières de Haute-Normandie. BRGM, 52p.

[34] - DECHAMPS., 1998.

L'extraction de granulats alluvionnaires. TOS hors série n°2 pp35-57 in FNE – Réseau Eau. 2000. Investigations sur l'impact des extractions de granulats dans les zones alluviales des cours d'eau. Rapport de phase 2. 85 pages. Novembre.

[35] - NIVOIT D., 1994.

Les gravières, l'eau et les écosystèmes aquatiques une cohabitation à organiser dans le bassin Seine Normandie. 60 pages.

[36] - Agence de l'eau Seine Normandie. , 1986.

Le point sur les gravières du bassin Seine Normandie, 27 p.

[37] - BRGM. ,1994.

Impact des carrières de granulats sur les ressources en eau souterraine. Plaine du Perthois, 30 p.

[38] - BLOCK J.C., SCHWARTZBROD L., 1982.

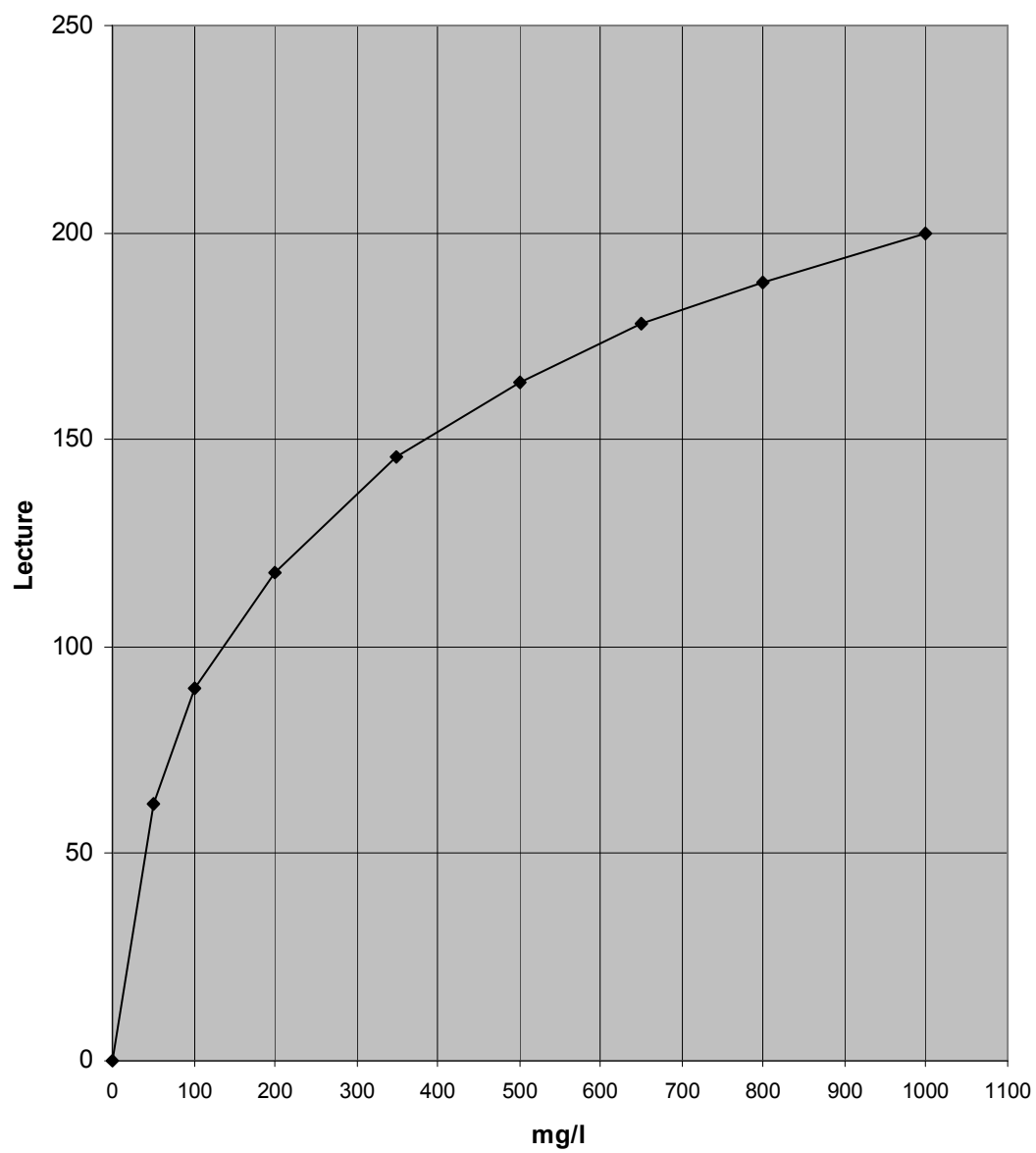
Analyse virologique des eaux. Imprimerie Bayeusaine (France), 170p.

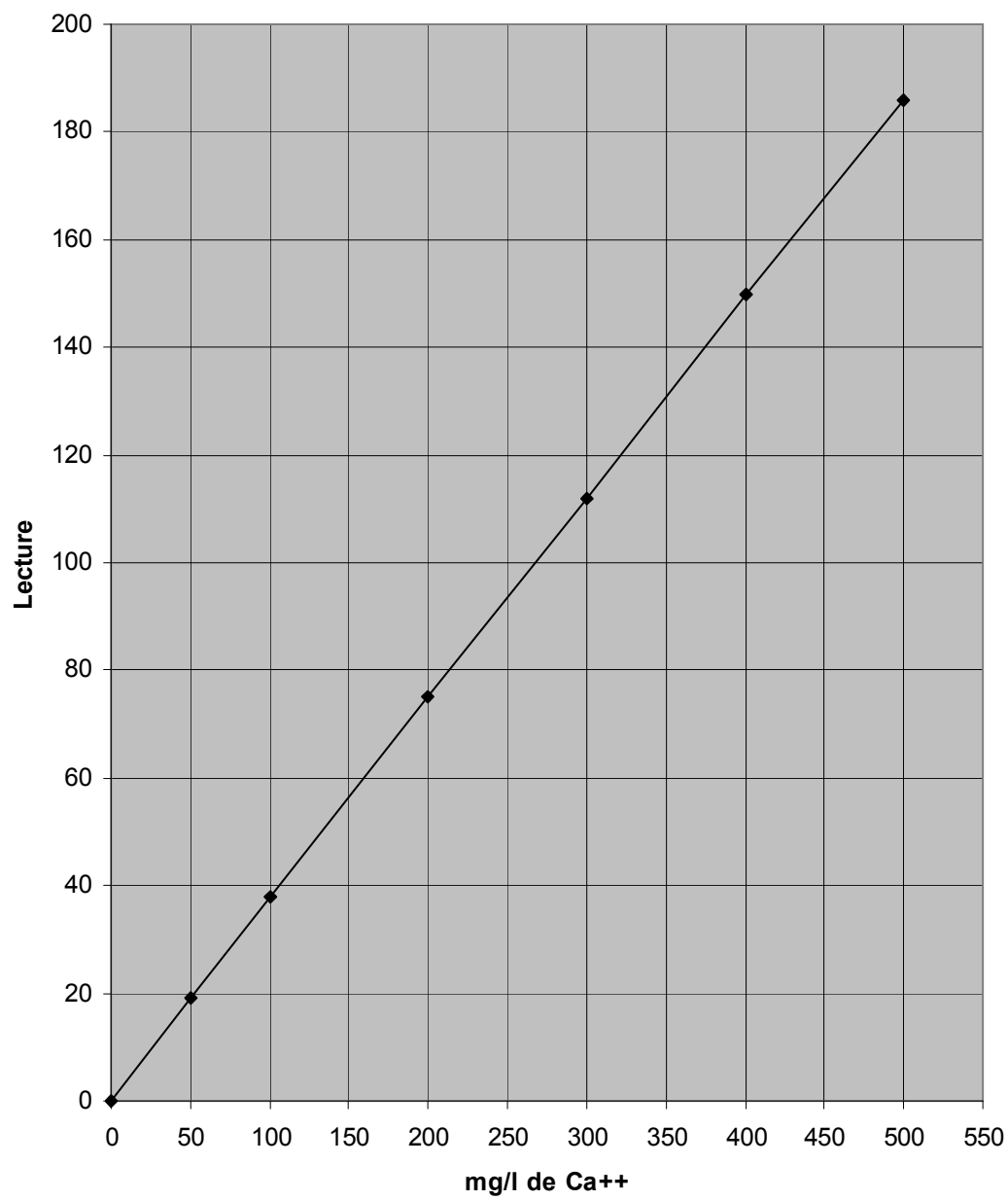
[39] - ENVIRONNEMENT CANADA., 2003.

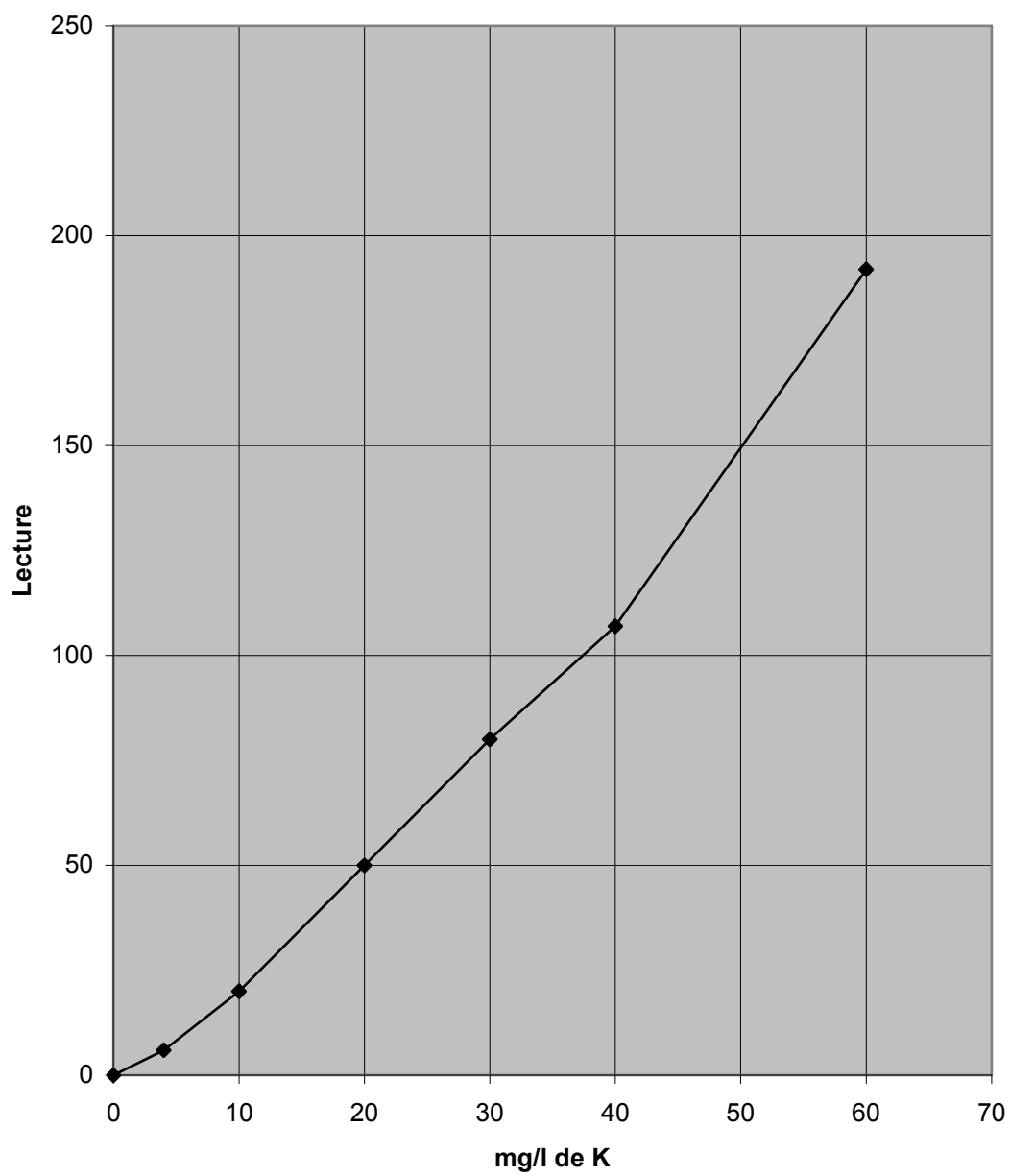
Review of Municipal Effluent Chlorination/Dechlorination Principles, Technologies and Practices, Associated Engineering, (B.C.) Ltd., Victoria, B.C, région Pacifique et Yukon.

[40] - Syndicat des Halogènes et Dérivés., 2002.

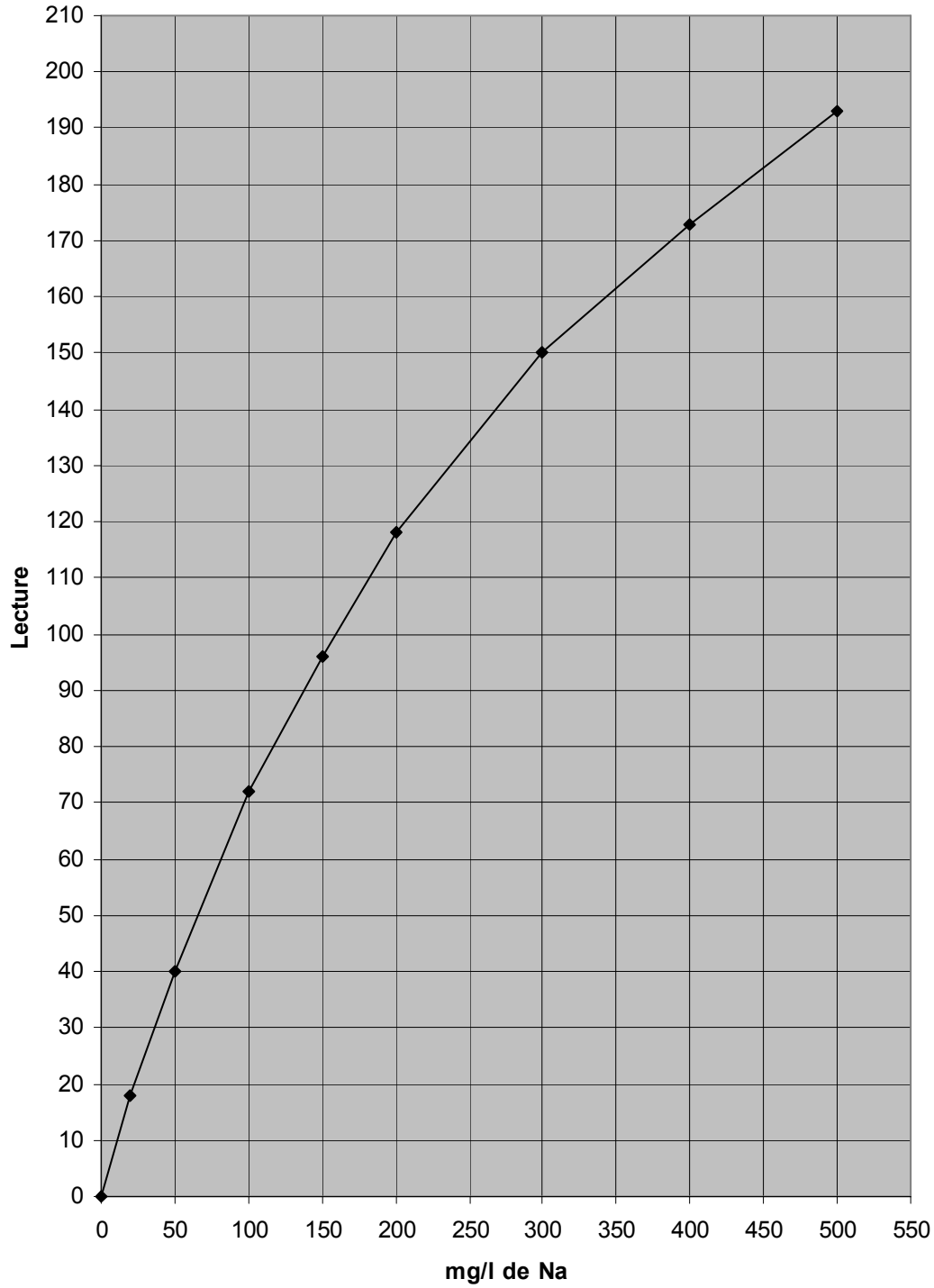
Le CHLORE. 92909-Paris-5^{ème} édition, 256p.

Courbe d'étalonnage des Chlorures

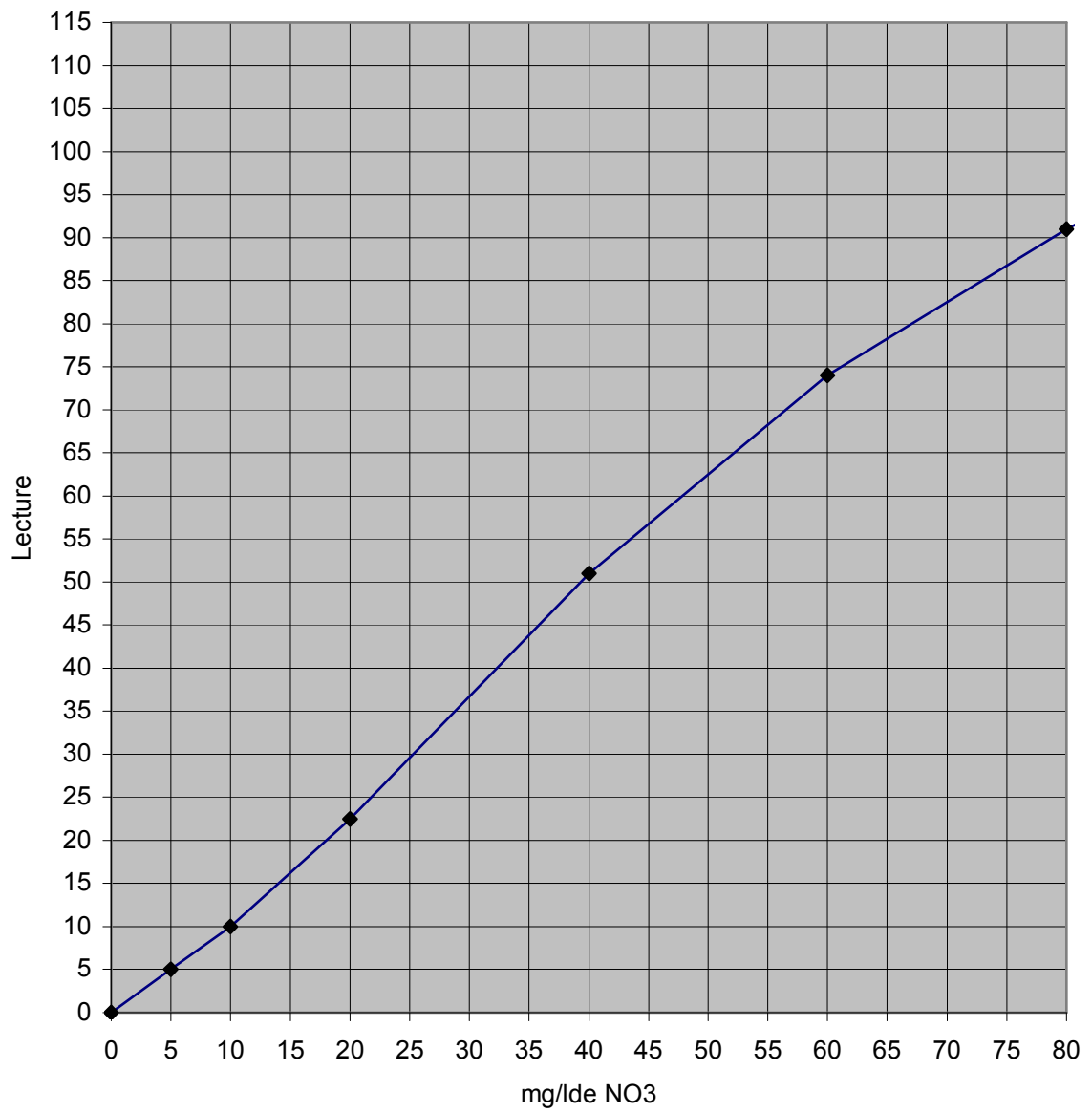
Courbe d'étalonnage du Calcium

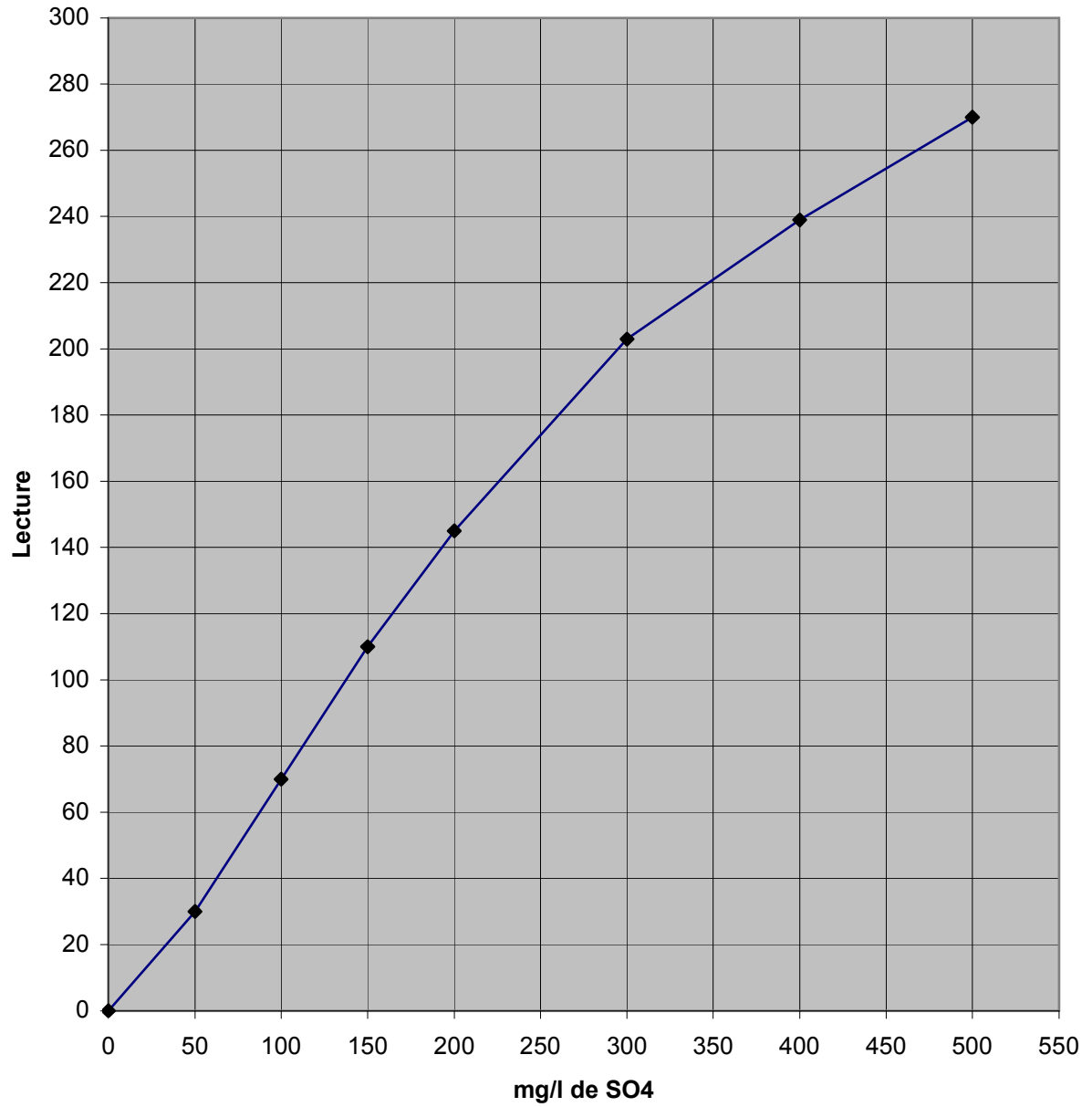
Courbe d'étalonnage du Potassium

Courbe d'étalonnage du Sodium



Courbe d'étalonnage des Nitrates



Courbe d'étalonnage des Sulfates

La réglementation des carrières

La loi n° 93-3 du 4 janvier 1993 (loi Saumade) relative aux carrières, inclut

Celles-ci dans le champ de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement et prévoit, notamment, qu'un Schéma Départemental des Carrières devra être élaboré et mis en oeuvre dans chaque département. Les autorisations d'exploitation de carrières délivrées au titre de cette loi devront être compatibles avec le Schéma qui est donc opposable à l'autorité de police des Installations Classées et concerne donc, au premier chef, les exploitants de carrières.

Le décret n° 94-485 du 9 juin 1994 inscrit à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement :

- les exploitations de carrières au sens de l'article 4 du code minier,
- les opérations de dragage des cours d'eau et des plans d'eau (à l'exception des opérations présentant un caractère d'urgence destinées à assurer le libre écoulement des eaux) lorsque les matériaux sont utilisés et lorsqu'elles portent sur une quantité à extraire supérieure à 2000 tonnes,
- les affouillements de sols (à l'exception des affouillements rendus nécessaires pour l'implantation des constructions bénéficiant d'un permis de construire et des affouillements réalisés sur l'emprise des voies de communication), lorsque les matériaux prélevés sont utilisés à des fins autres que la réalisation de l'ouvrage sur l'emprise duquel ils ont été extraits et lorsque la superficie d'affouillement est supérieure à 1000 m² ou lorsque la quantité de matériaux à extraire est supérieure à 2000 tonnes,
- les exploitations, en vue de leur utilisation, des masses constituées par des haldes et terrils de mines et par des déchets d'exploitation de carrières (à l'exception des cas visés à l'article 1er du décret n° 79-1109 du 20 décembre 1979 pris pour l'application de l'article 130 du code minier), lorsque la superficie d'exploitation est supérieure à 1000 m² ou lorsque la quantité de matériaux à extraire est supérieure à 2000 tonnes par an.

Le décret n° 94-603 du 11 juillet 1994 relatif au Schéma Départemental des Carrières, pris en application de la loi susvisée, précise le contenu et la procédure d'élaboration du Schéma Départemental des Carrières.

L'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières prévoit que :

- les **extractions en lit mineur de cours d'eau** et dans les plans d'eau traversés par des cours d'eau sont interdites, sauf nécessité d'entretien ou d'aménagement. Elles sont alors considérées comme un dragage.

- les **extractions en nappe alluviale dans le lit majeur** ne doivent pas faire obstacle à l'écoulement des eaux superficielles. L'arrêté d'autorisation fixe la distance minimale séparant les limites de l'extraction des limites du lit mineur des cours d'eau ou des plans d'eau traversés par les cours d'eau. Cette distance ne peut être inférieure à 35 m vis-à-vis des cours d'eau ayant un lit mineur d'au moins 7,50 mètres de largeur,
- pour les **exploitations en nappe phréatique**, des mesures tendant au maintien de l'hydraulique et des caractéristiques écologiques du milieu sont prescrites. Le pompage de la nappe phréatique pour le décapage, l'exploitation et la remise en état des gisements de matériaux alluvionnaires est interdit, sauf autorisation expresse.

Le circulaire interministérielle du 11 janvier 1995 a pour objet "en premier lieu de souligner les caractéristiques du schéma départemental des carrières à ses effets et son articulation avec d'autres documents de même nature, en second lieu de proposer une méthode d'élaboration, enfin de définir des orientations et objectifs quant à son contenu". Elle prévoit notamment que "les autorisations de carrières qui peuvent avoir un impact notable sur l'eau, en fait celles autorisant les extractions en nappe alluviale, doivent être compatibles avec les objectifs des SDAGE et des SAGE" et qu'il "convient donc que les orientations et objectifs des SDAGE et SAGE d'une part, et ceux des Schémas Départementaux des Carrières d'autre part, soient compatibles entre eux et cohérents".

La circulaire du 4 mai 1995 concerne plus particulièrement l'articulation entre les SDAGE, SAGE et Schémas Départementaux des Carrières et détaille les orientations à privilégier dans les SDAGE et à préciser dans les SAGE. Les SDAGE "pourront définir différents secteurs géographiques, en fonction des enjeux des extractions de granulats sur le milieu aquatique et des enjeux économiques que cette activité comporte, par exemple selon la typologie suivante :

- secteurs à enjeux très faibles sur le milieu aquatique, où aucune disposition particulière ne sera nécessaire,
- secteurs à enjeux très importants, où de très grandes précautions pouvant aller jusqu'à l'interdiction devront être prises (...),
- secteurs à analyser plus finement dans le cadre des SAGE et des Schémas Départementaux des Carrières, pour aboutir à un zonage détaillé et à des prescriptions de nature à assurer la compatibilité des différents intérêts, y compris à long terme."

Préconisation du S D A G E

D'une façon générale, le SDAGE préconise que l'autorisation d'une carrière devra prévoir "toutes mesures pour éviter ou limiter les rejets de matières en suspension en période critique pour le milieu aquatique (reproduction des poissons, étiage sévère)".

En ce qui concerne le **lit mineur**, le SDAGE précise : "sur tous les cours d'eau nécessitant des opérations d'entretien régulières ou significatives par dragages et curages, des études générales de transport solide par bassin versant ou sous-bassin versant seront réalisées dans un délai de :

- 5 ans après approbation du SDAGE pour les rivières alpines ou méditerranéennes,
- 10 ans après approbation du SDAGE pour l'ensemble du fleuve Rhône et pour les autres rivières du Bassin.

Ces études analyseront l'opportunité de réutiliser les produits de curage pour la rivière elle-même (recharge de zones déficitaires)".

En ce qui concerne le **lit majeur**, le SDAGE préconise "une politique très restrictive d'installation des extractions de granulats" dans l'espace de liberté des cours d'eau et les annexes fluviales. Il prévoit donc que les carrières en lit majeur ne seront autorisées que si l'étude d'impact prouve que :

- l'espace de liberté et les annexes fluviales sont préservés ou restaurés dans leurs caractéristiques physiques, biologiques et dans leurs fonctionnements,
- la carrière ne nuit pas à la préservation de la qualité des eaux,
- l'exploitation ne nécessite pas des mesures hydrauliques particulières (protection des berges, enrochements).

Il précise, en outre, que le renouvellement d'exploitations existantes, ne satisfaisant pas à ces conditions, ne pourra se faire qu'avec des prescriptions propres à assurer le respect de celles-ci.

En ce qui concerne les **nappes alluviales**, le SDAGE précise que "dans les secteurs à fort intérêt pour l'usage alimentation en eau potable (captages existants, nappes à valeur patrimoniale identifiées par la carte n°10 etc..), l'autorisation d'exploiter les matériaux ne pourra être accordée que si elle garantit la préservation des gisements d'eau souterraine en qualité et en quantité. L'arrêté d'autorisation doit prévoir, durant la durée de l'exploitation, la mise en place et l'exploitation d'un réseau de surveillance

de la qualité et des niveaux des eaux de la nappe influencée par la carrière, et après abandon de l'exploitation, le maintien de ce réseau en bon état de fonctionnement pour permettre les contrôles ultérieurs. Les données recueillies devront être transmises aux services chargés de la Police des Eaux".

En ce qui concerne le **réaménagement des sites**, le SDAGE recommande que "les Schémas Départementaux des Carrières dressent une liste des sites sur lesquels d'anciennes gravières présentent des risques réels ou potentiels pour :

- la salubrité publique,
- la qualité des eaux souterraines,
- le fonctionnement (sous tous ses aspects : physiques, chimiques, biologiques) du cours d'eau avoisinant,
- le comportement de la nappe phréatique,
- l'écoulement des eaux en période de crue," et que cette liste soit "présentée aux Commissions Départementales des Carrières en vue d'établir un programme de réhabilitation et de gestion".

Le SDAGE recommande, en outre, "de promouvoir :

- le retour d'expérience en matière de réhabilitation de gravières en s'attachant au caractère durable des réalisations,
- l'élaboration de guides techniques pour la réalisation de certains types d'aménagement (plans d'eau à usage des sports nautiques, plans d'eau de pêche, réhabilitation écologique, etc...)"

Outre ces aspects, le SDAGE préconise que les **Schémas Départementaux des Carrières** prennent en compte les orientations suivantes :

- "Limiter strictement les autorisations d'extraction dans :
 - les vallées ayant subi une très forte exploitation dans le passé et reconnues comme Milieu Particulièrement Dégradé tout en favorisant les opérations d'extractions participant à la restauration de tels sites,
 - l'espace de liberté des cours d'eau et leurs annexes fluviales (...),
 - les sites où la protection qualitative et quantitative de la ressource en eau souterraine est d'intérêt patrimonial au regard de l'approvisionnement en eau potable notamment
 - les secteurs reconnus comme milieux aquatiques remarquables.
- transférer progressivement, dans les conditions techniques et économiques qu'ils définiront, les extractions situées dans les espaces définis ci-avant, vers les hautes terrasses et les roches massives en prenant en compte l'impact économique d'une telle mesure en fonction des sites, des contraintes du marché...
- responsabiliser les donneurs d'ordre pour que ceux-ci, dans leurs

spécifications, réservent les alluvions aux usages nobles pour lesquelles elles apparaissent techniquement nécessaires,

- Privilégier, dans les secteurs où la nappe alluviale présente un fort intérêt pour usage AEP, des modes de réaménagement garantissant la satisfaction de cet usage".

Enfin, le SDAGE indique que la procédure de mise à jour prévue pour les Schémas Départementaux des Carrières pourra être utilisée pour intégrer les orientations du SDAGE aux schémas parus antérieurement à lui.

Dragages dans le lit mineur des cours d'eau

Les extractions en lit mineur étant interdites, les prélèvements de matériaux ne peuvent y avoir pour objet que l'entretien ou l'aménagement, il s'agit alors de dragages (cf. arrêté du 22/9/1994).

C'est au Service chargé de la police des eaux qu'il appartient de valider la localisation, la nature et les objectifs des travaux (nécessité de l'entretien le volume des extractions concernées, la destination des matériaux (utilisation immédiate ou différée) et les critères d'urgence de l'intervention.

On pourra donc conseiller de :

- conduire ces études sur des entités cohérentes de cours d'eau (tronçons définis par les schémas de vocation piscicole par exemple),
- dans l'attente de la réalisation de ces études, n'accorder, sur les cours d'eau concernés, que des autorisations de courte durée et demander aux études d'impact de fournir notamment les informations suivantes qui permettront d'apprécier la situation :
 - profils de référence,
 - définition du gabarit (zone comprise entre un profil extrême bas et un profil extrême haut), dans lequel les opérations de dragage seront considérées comme des opérations normales d'entretien (gabarit validé par le Service chargé de la police des eaux),
 - historique des curages menés depuis au moins dix ans et arguments justifiant que ces curages n'ont pas provoqué de dégâts sur le milieu physique ni sur l'hydrobiologie du cours d'eau.
- Pour les autorisations éventuellement accordées, interdire le surcreusement et prévoir le suivi des impacts de l'extraction (relevés topographiques transversaux et longitudinaux, surveillance après le passage des crues, etc...).

En ce qui concerne les **opérations ayant un caractère d'urgence**, il pourra être conseillé de :

- ne retenir le critère d'urgence que dans des conditions exceptionnelles : opération destinée au rétablissement du bon écoulement des eaux, rendue nécessaire par un danger grave et imminent et représentant des travaux limités,
- ne pas retenir le caractère d'urgence pour la réalisation d'opérations programmables ou répétitives sur un même tronçon de cours d'eau.

Résumé

L'extraction des granulats dans un oued pose souvent des problèmes de contamination des eaux de la nappe alluviale par des produits nuisibles. La présente étude se localise dans la région de Mitidja amont sur l'oued El-Harrach dont on constate l'existence de la carrière SOUMBA sur une distance de 600m environ au côté Nord-Est du chef lieu de la commune de Hammam Melouane sur la rive droite d'oued El-Harrach. Vu le rejet non contrôlé des eaux de lavage des granulats, on a remarqué que les eaux de surface sont très turbides et peuvent être polluées et contaminent la nappe alluviale. En effet les analyses physico-chimiques sont très nécessaires à effectuer sur les prélèvements des échantillons des eaux de surface et souterraine dans la zone amont (**zone de référence**) et la zone avale de la carrière (**zone d'étude**) et faire une étude comparative entre les paramètres physico-chimiques des eaux de surface de la zone amont et les paramètres physico-chimiques des eaux de surface et les eaux souterraines (puits) de la zone avale pour enlever tout doute de la pollution probable des eaux de surface et/ou les eaux souterraines de la nappe alluviale (puits).

Mots clés : Mitidja_ Oued El-Harrach_ Pollution_ Nappe_ Extraction des granulats.

ملخص

استخراج الحصى من الأودية غالبا ما يسبب تلوث المياه الغرينية بسبب رمي محاليل مضرّة في الأودية. هذه الدراسة تقع في الجهة الأمامية لسهل متيجة على طول واد الحراش أين توجد محجرة الصوميا على مسافة 600 م تقريبا من الجهة الشمالية-الشرقية لمقر بلدية حمام ملوان حيث لاحظنا تغير اللون الطبيعي للمياه السطحية مما جعلنا نتخوف من تلوث هذه الأخيرة و كذا المياه الغرينية المجاورة لها وذلك بسبب الرمي العشوائي لمياه غسل الحصى. إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية هو جد ضروري على العينات المأخوذة من المياه السطحية و الجوفية في الجهة الأمامية و الخلفية للمحجرة مع إجراء مقارنة بين الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه السطحية للجهة الأمامية و الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمياه السطحية و الجوفية للجهة الخلفية للمحجرة و هذا باعتبار الجهة الأمامية المنطقة الخالية من كل التلوثات و الجهة الخلفية هي المنطقة المعرضة للتلوث عن طريق مياه غسل الحصى للمحجرة .

مفتاح الكلمات : متيجة- واد الحراش-تلوث- مكن مائي- استخراج الحصى.

ABSTRACT

The extraction of granulates in an hued often poses problems of contamination of the waters of the alluvial tablecloth by the harmful products. The present survey localizes himself in the region of Mitidja uphill on the El-Harrach hued of which one notes the existence of the SOUMBA career on a distance of 600m about to the side Northeast of the chief place of the township of Hammam Melouane on the right strand of El-Harrach hued. Seen the no controlled dismissal of the waters of granulates washing, one noticed that the waters of surface are very turbid and can be polluted and contaminate the alluvial tablecloth. Indeed the physical-chemical analyses are very necessary to do on withdrawals of samples of the surface waters and underground in the zone uphill (**zone of reference**) and the zone swallows the career (**zone of survey**) and to make a comparative survey between the physical - chemical parameters of the waters of surface of the zone uphill and the physical - chemical parameters of the surface waters and the underground waters (well) some zone swallows to remove all doubt of the pollution likely of the surface and/or waters the underground waters of the alluvial tablecloth (well).

Key words: Mitidja_ El-Harrach hued_ Pollution_ Aquifer_ Extraction of granulates.