



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi -Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Biologie Appliqué



MEMOIRE DE MASTER

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences biologiques

Option: Biochimie et Biologie moléculaire

Thème:

*Effet de la pollution industrielle
"cimenterie" sur les paramètres
hématologiques des habitants
d'Elma-Labioud*

Présenté par:

Malika Abdelmalek et Salwa Haouam

Devant le jury:

Rachid Rouabhi	Professeur	Université de Tébessa	Président
Tahar Goudjil	MCB	Université de Tébessa	Rapporteur
Mehdia Hamel	MAA	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance: 29/05/2016

دعاء

قال الله تعالى

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي أنعمت علي و على والدي
و أن أعمل صالحا ترضاه و أدخلني برحمتك في عبادك
الصالحين"

سورة النمل - 15 -

يقول صلى الله عليه و سلم

"من أراد الدنيا فعليه بالعلم، و من أراد الآخرة فعليه بالعلم، و من
أرادهما معا فعليه بالعلم"

"اللهم لا تجعلنا نصاب بالغرور إذا نجحنا و لا باليأس إذا أخفقتنا و
ذكرنا أن الإخفاق هو التجربة التي تسبق النجاح"

"اللهم إذا أعطيتنا نجاحا فلا تأخذ تواضعنا و إذا أعطيتنا تواضعا
فلا تأخذ اعتزازنا بكرامتنا و تقبل دعاءنا"



REMERCIEMENTS



Un travail scientifique n'est jamais le fruit d'une seule personne, il est l'émanation d'une communauté, d'un réseau d'enseignants et de chercheurs. C'est le moment de remercier toutes les personnes qui ont permis que ce mémoire se réalise.

*Tout d'abord, nous tenons à remercier **Dieu** le tout puissant qui nous a donné la patience, le courage et la volonté de mener à terme ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent particulièrement à notre promotrice **Dr. Goudjil. T** pour ses directives et conseils précieux.*

*Nous remercions aussi chaleureusement les membres du jury de ce mémoire, le **Professeur Rouabhi. R** et **M^{me}. Hamel. M** pour l'intérêt et le temps qu'ils ont consacré à juger ce mémoire.*

*À **Dr. Bouguessa. S** pour sa disponibilité permanente et ses conseils dans les traitements statistiques de nos résultats.*





Merci aussi à l'ensemble des personnes et les laborantins que nous avons rencontrées au niveau de l'établissement public de proximité de Tébessa Bachir mantourri qui malgré leur travail on su mes consacrer un peu de leur temps.

Les remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à nos formations au cours de nos années universitaires, sans oublier tous les personnels de département de biologie, et l'équipe de la bibliothèque. En fin nous exprimions toute mes reconnaissantes à toutes les personnes qui mes ont encouragées, matériellement ou moralement.



Merci
Malika et Salwa

Dédicace

Avant toute chose, je remercie ALLAH, le tout puissant, pour m'avoir donnée la force, la volonté, et la patience durant toutes mes années d'étude.

A mon père pour sa gentillesse, je suis très reconnaissante pour tout ce qu'il fait pour moi, sa confiance, ses précieux conseils et son amour. Merci mon père, que Dieu te bénisse.

Ma mère : qui je ne peux pas oublier les regards qui reflètent l'espoir et optimisme son sourire qui me couvre de jour en jour d'un amour dont les mots ne suffisent pas à exprimer.

A mes sœurs et frères : pour l'affection qui je lie, pour l'intérêt que vous portez à ma vie, pour votre soutien, votre compréhension et vos encouragements.

A toute ma famille.

A toutes mes amies surtout : Karima, Salwa, Amel.

A tous mes collègues de promotion 2016.

Malika

Dédicace

Tout d'abord je ne peux oublier de remercier le bon DIEU de m'avoir donné le courage pour accomplir ce travail.

je dédie les fruits des efforts aux personnes les plus chères dans le monde qui m'ont entouré d'amour d'affection et de tendresse à la belle rose et Le soleil de ma vie, ma chère mère.

Au secret de mon existence, le meilleur exemple de ma vie mon cher père.

A mes sœurs : Mansora, Besma , Saïda , Samira, Noura et sa famille.

A mes frères : Amar et son petite famille et Abdelkader et son petite famille.

A mes étoiles : Chahde, Malek, zainab et les bébés Mohammed Khalil et Achoik.

A toute ma famille et tous mes amies : Karima, Iman, Amal, Sabrina, et spécialement a mon binôme Malika.

A tout mes camarades de promotion 2016, spécialité Biochimie et biologie moléculaire.

Salwa

ملخص

يعد مصنع الإسمنت بالماء الأبيض الواقع على بعد 26 كيلومتر جنوب ولاية تبسة و 35 كيلومتر على الحدود الجزائرية التونسية، واحد من أهم وأثرى وحدات إنتاج الإسمنت في الوطن، لكن آثار عملية استخراج المواد الأولية و مختلف مراحل تصنيع الإسمنت تعود بالسلب على سكان المدينة، بسبب تسرب الغازات و الغبار التي لا تعد مصدرًا لتدهور البيئة فقط بل مسببة لآثار سلبية لصحة السكان خاصة القاطنين بالقرب من المصنع.

من أجل تقييم الحالة الصحية للسكان الذين يعيشون على مقربة من مصنع الإسمنت. قدمت دراسة أجريت على 160 شخصًا (80 شخصًا يقطنون بالقرب من مصنع الإسمنت و 80 شخصًا استعملوا كشهود يقطنون بعيدًا عن المصنع ; في دراستنا هذه أخذنا عينة من سكان مدينة تبسة). هذه الدراسة أسست على تحديد قيم 07 معلمات دموية (كريات الدم البيضاء، كريات الدم الحمراء، الهيموغلوبين، الإيماتوكريت يعني حجم الكريات الحمراء، الحجم المتوسطي للكريات الدموية، التركيز المتوسطي للهيموغلوبين، كمية الهيموغلوبين في كرية دموية حمراء)، و مؤشرين يعتبران معلمين للإلتهاب الأولي هما : (سرعة الترسيب و بروتين -سي- الفعّال). النتائج قوّرت مع الأشخاص الشهود البعيدين عن المصنع و التحليلات الإحصائية استندت على المقارنة بين المعدلات.

تحاليل الدم لبعض السكان القريبين من المصنع أثبتت أن المواد الناتجة و المتسربة من المصنع لها تأثير سلبي على صحة السكان و هذا التأثير يكون على شكل إلتهابات بصفة كبيرة، أثبتت من خلال زيادة عدد الكريات الدموية البيضاء و بروتين -سي- الفعّال وارتفاع سرعة ترسب الدم.

الكلمات المفتاحية : مصنع الإسمنت، غاز، غبار، الماء الأبيض، السكان، إلتهابات، التحاليل.

Abstract

The cement factory of Elma-Labioud is located at 26 km in the south of Tébessa and at 35 km of the borders Algérie-Tunisian. It is one of the most significant units in the production of cement in all the Algerian territory. But the effects of extraction of the raw materials and the various stages of manufacture of cement causes an expansion of gases and dust which invades almost all the districts of the city. These emissions are not only the source of an environmental pollution, but also a cause of the harmful effects on health of the inhabitants.

In order to assess the health status of people living to the cement factory of Elma-Labioud ; a study was made on 160 people (80 near the iron cement factory and 80 of the people témoin live far from the cement factory ; in our study one takes inhabitants of Tébessa). This study is based on the determination of the values of 07 parameters hematologic (white blood cells, red blood cells, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin concentration, and mean corpuscular content of hemoglobin) and two parameters considered as markers early of the inflammation (erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein) The results are compared with the control population and the statistical analyses are based on the comparison between the averages.

The results show that the rejections cimentières cause harmful effects on health of the inhabitants, to much more be inflammatory effects who are confirmed by the increase in rate of the white blood cells, the presence of -C- reactive protein and the acceleration of erythrocyte sedimentation rate.

Key words : Cement factory, gas, dust, Elma-Labioud, inhabitants, Inflammation, Analyses, hémogramme.

Résumé

La cimenterie d'Elma-Labioud est située à 26 km au sud de Tébessa et à 35 Km des frontières Algéro-tunisienne. Il est l'un des unités les plus importantes dans la production du ciment dans tout le territoire Algérien. Mais les effets d'extraction des matières premières et les différentes étapes de fabrication du ciment provoquent une expansion des gaz et des poussières qui envahissent presque tous les quartiers de la ville. Ces émissions sont non seulement la source d'une dégradation de l'environnement, mais aussi une cause des effets nuisibles sur la santé des habitants.

Dans le but d'évaluer l'état sanitaire des personnes habitant proche de la cimenterie d'Elma-Labioud ; une étude a été faite sur 160 personnes (80 habitants proches de la cimenterie et 80 des personnes "témoins" habitent loin de la cimenterie ; dans notre étude on prend des habitants de Tébessa). Cette étude est basée sur la détermination des valeurs de 07 paramètres hématologiques (globules blancs, globules rouges, hémoglobine, hématocrite, volume globulaire moyenne, concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine et le teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine) et deux paramètres considérées comme des marqueurs précoces de l'inflammation (vitesse de sédimentation et la protéine-C-réactive). Les résultats sont comparés avec la population témoins et les analyses statistiques sont basées sur la comparaison entre les moyennes.

Les résultats montrent que les rejets cimentiers causent des effets nocifs sur la santé des habitants, beaucoup plus être des effets inflammatoires qui sont confirmées par l'augmentation de taux des globules blancs, la présence de la protéine-C-réactive et l'accélération de la vitesse de sédimentation.

Mots-clés : Cimenterie, gaz, poussières, Elma-Labioud, habitants, Inflammation, Analyses, hémogramme.

Liste des tableaux

<i>Tableaux N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	Composition du plasma.	09
02	Composition de l'air sec.	23
03	Effets des polluants sur l'environnement.	26
05	Les valeurs normales des analyses de notre travail chez les témoins.	37
06	Variation entre les moyennes des globules blancs chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	39
07	Variation entre les moyennes des globules rouges chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	40
08	Variation entre les moyennes de l'hématocrite chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	41
09	Variation entre les moyennes de l'hémoglobine chez les exposés par rapport aux témoins.	42
10	Variation entre les moyennes de (VGM) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	43
11	Variation entre les moyennes de (CCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	44
12	Variation entre les moyennes de (TCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	45
13	Variation de la vitesse de sédimentation globulaire chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	46

14	Variation entre les pourcentages de la présence (+) et l'absence (-) de CRp chez les habitants exposés par rapport aux Témoins.	47
15	Résumé des résultats.	48

Liste des figures

<i>Figures N°</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
01	Principaux composants du sang total.	03
02	Structure des érythrocytes. Coupe transversale (en haut) et face supérieure d'un érythrocyte. Notez la forme biconcave caractéristique.	04
03	a) Structure de l'hémoglobine, b) Structure d'un groupement hème.	05
04	Types de leucocytes et pourcentage de chacun dans la population des globules blancs.	06
05	Représentation schématique de la structure d'une plaquette.	08
06	Les cellules souches hématopoïétiques.	12
07	Régulation de l'érythropoïèse par l'érythropoïétine.	14
08	Genèse des plaquettes.	16
09	Fabrication de ciment.	21
10	Carte géologique de la plaine d'Elma-Labioud et de la cimenterie.	33
11	Variation entre les moyennes des globules blancs chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	39
12	Variation entre les moyennes des globules rouges chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	40
13	Variation entre les moyennes de l'hématocrite chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	41

14	Variation entre les moyennes de l'hémoglobine chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	42
15	Variation entre les moyennes de (VGM) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	43
16	Variation entre les moyennes de (CCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	44
17	Variation entre les moyennes de (TCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	45
18	Variation de la vitesse de sédimentation globulaire chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	46
19	Variation entre les pourcentages de la présence (+) et l'absence (-) de CRp chez les habitants exposés par rapport aux témoins.	47

Liste des symboles

- **ADN** : Acide désoxyribonucléique
- **Ag** : Argon
- **Al₂O₃** : Alumine
- **ARN** : Acide ribonucléique
- **CaCO₃** : Calcaire
- **CaO** : Chaux
- **CCMH** : Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
- **CFU-E** : Colony forming-Unit-erythroid
- **CFU-MK** : Colony forming-Unit-Mégacariocytaire
- **cm** : Centimètre
- **CO** : Monoxyde de carbone
- **CO₂** : Dioxyde de carbonique
- **CRP** : Protéine-C-reactive
- **CSH** : Cellule Souche Hématopoiétique
- **EDTA** : Ethylène diamine tétra acide
- **Fe₂O₃** : Oxyde de fer
- **fl** : Femto litre ou μm^3
- **FNS** : Formule de Numération Sanguine
- **GB** : Globule blanc
- **g/dl** : Gramme par décilitre
- **g/l** : Gramme par litre
- **GR** : Globule rouge
- **H₂** : Hydrogène
- **H₂NO₂** : Acide nitrique
- **H₂SO₄** : Acide sulfurique
- **Hb** : Hémoglobine
- **HCT** : Hématocrite
- **He** : Hélium
- **Kg** : Kilogramme

- ***Km*** : Kilomètre
- ***l*** : Litre
- ***m*** : Mètre
- ***mg/l*** : Milligramme par litre
- ***mg/m³*** : Milligramme par mètre cubique
- ***ml*** : Millilitre
- ***mm*** : Millimètre
- ***mm³*** : Millimètre cube
- ***N₂*** : Azote
- ***Ne*** : Néon
- ***NO*** : Monoxyde d'azote
- ***NO₂*** : Dioxyde d'azote
- ***O₂*** : Oxygène
- ***O₃*** : Ozone
- ***OH*** : Radicaux hydroxyles
- ***pH*** : Potentiel hydrogène
- ***SiO₂*** : Silice
- ***SO₂*** : Dioxyde de soufre
- ***t/min*** : Tour par minute
- ***TCMH*** : Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine
- ***VS*** : Vitesse de sédimentation
- ***Xe*** : Xénon
- ***μl*** : Microlitre
- ***μm*** : Micromètre

Table des matières

ملخص

Abstract

Résumé

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des symboles

INTRODUCTION GENERALE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Le sang

<i>I- Sang</i>	03
<i>II- Composition du sang</i>	03
<i>I- Eléments figurés du sang</i>	03
<i>1- 1- Erythrocytes</i>	04
<i>1- 2- Leucocytes</i>	05
<i>1-2-1- Granulocytes</i>	06
<i>a- Neutrophiles</i>	06
<i>b- Eosinophiles</i>	07
<i>c- Basophiles</i>	07
<i>1-2-2- Agranulocytes</i>	07
<i>a- Lymphocytes</i>	07
<i>b- Monocytes</i>	07
<i>1-3- Thrombocytes</i>	07
<i>2- Plasma</i>	08
<i>2-1- Définition de plasma</i>	08

2-2- Composition du plasma.....	09
III- Caractéristiques physiques du sang.....	10
IV- Fonction du sang.....	10
1- Transport.....	10
2- Régulation.....	11
3- Protection.....	11
V- Moelle osseuse et formation des cellules sanguines ou l'hématopoïèse.....	11
1- Moelle osseuse.....	11
2- Formation des cellules sanguines ou l'hématopoïèse.....	12
2-1- Erythroïèse.....	13
2-1-1- Contrôle de l'érythroïèse.....	14
2-1-2- Destruction érythrocytaire.....	15
2-2- Leucopoïèse.....	15
2-3- Thrombocytopoïèse.....	16

CHAPITRE II : Pollution Industriel "cimenterie"

1- Définition du ciment.....	17
II- Compositions chimiques du ciment.....	17
III- Voies de fabrication du ciment.....	17
1- Voie humide.....	18
2- Voie sèche.....	18
IV- Processus de fabrication du ciment.....	18
1- Extraction et préparation des matières premières.....	18
2- Séchage et broyage.....	18
3- Cuisson du "cru".....	19
4- Broyage du clinker.....	20
5- Expéditions.....	20
V- Pollution atmosphérique.....	22
1- Définition de la pollution atmosphérique.....	22
2- Définition de l'atmosphère.....	22
2-1- Composition de l'atmosphère.....	22
3- Rejets atmosphériques d'une cimenterie.....	23

3-1- Rejets de poussières	24
3-1-1- Principaux types des particules polluant l'atmosphère.....	24
3-2- Rejets gazeux.....	24
3-2-1- Dioxyde d'azote.....	24
3-2-2- Dioxyde de soufre.....	25
3-2-3- Monoxyde de carbone.....	25
3-2- 4- Dioxyde de carbone.....	25

CHAPITRE III : Effet de la pollution l'industriel "cimenterie" sur la santé

I- Effets des principaux polluants.....	26
1- Effets des principaux polluants sur l'environnement.....	26
2- Effets des principaux polluants sur la santé.....	27
2-1- Effets des particules.....	27
2-2- Effets des Polluants gazeux.....	27
2-2-1- Dioxyde d'azote.....	27
2-2-2- Dioxyde de soufre.....	28
2-2-3- Monoxyde de carbone.....	28
3- Principaux maladies induites par la pollution industriel "cimenterie".....	28
3-1- L'asthme.....	28
3-2- Emphysème pulmonaire.....	29
3-3- Œdème Pulmonaire.....	29
3-4- Pneumoconiose.....	30
4-5- Asphyxie.....	30
3-6- Pathologies cardio-vasculaires.....	30

METHODOLOGIE

I- Description du cite de travail.....	32
I-1- Plaine d'El Ma El Abiod.....	32
I-2- Cimenterie ERCE.....	32
II- Objectif.....	33

III- Population et lieu d'étude.....	33
IV- Prélèvement du sang.....	34
➤ Technique et matériels utilisés.....	34
IV-1- Numération des cellules sanguines.....	34
➤ Techniques et matériels utilisés.....	35
➤ Intérêt clinique.....	35
IV-2- La vitesse de sédimentation globulaire.....	35
➤ Technique et matériel utilisés.....	36
➤ Intérêt clinique.....	36
IV-3- La protéine-C-réactive.....	36
➤ Technique et matériel utilisés.....	36
➤ Intérêt clinique.....	37
V- Analyse statistique.....	38

RESULTATS

I- Variation du nombre des globules blancs chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	39
II- Variation du nombre des globules rouges chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins	40
III- Variation de l'hématocrite chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	41
IV- Variation de la valeur de l'hémoglobine chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins	42
V- Variations de (VGM) et (CCMH) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	43
VI- Variation de (TCMH) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	44
VII- Variation de la (VS) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	45
VIII- Etude qualitative de la (CRp) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.....	46

Discussion des résultats.....49

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

La pollution, est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou partie comme un sous-produit de l'action humaine [57].

Ces modifications agissent sur la santé, soit directement lorsque nous les respirons, soit indirectement par la modification de notre environnement [18].

L'augmentation de la production industrielle et la circulation des véhicules à moteur sont les sources les plus importantes de dégagement dans l'air des poussières, gaz toxiques et divers agents polluants [19].

Parmi les sources de la pollution industrielle en Tébessa, on trouve la cimenterie de la région d'Elma-Labioud.

Cette étude est basée sur l'évaluation des effets de la pollution industrielle due aux rejets de la cimenterie d'Elma-Labioud sur la santé humaine en précisant d'une part, l'étude des variations des quelques paramètres hématologiques telle que la numération formule sanguine (NFS) ou l'hémogramme (qui comprend la numération des éléments figurés du sang et le calcul des indices érythrocytaires).

D'autre part, l'étude de deux paramètres considérés comme des marqueurs précoces de l'inflammation (protéine-C-réactive et la vitesse de sédimentation).

Pour traité cet objectif, ce travail sera organisé en deux parties :

- La première partie est une recherche bibliographique divisée en trois chapitres :
 - Le premier chapitre étudié le sang : son caractéristique, composition et fonction.
 - Le deuxième chapitre nous allons étudier, l'industrie cimentière et les différentes rejets atmosphériques du cimenterie.
 - Le troisième chapitre nous allons étudier les effets de la pollution industrielle cimentière sur l'environnement et la santé humaine.

- La deuxième partie est une étude expérimentale basée sur la détermination des 07 paramètres hématologiques et deux marqueurs précoce de l'inflammation, des habitants de la région d'Elma-Labiod. Après les analyses statistiques en comparant ces résultats avec les résultats des sujets témoins.

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Le sang



Comme un fleuve impétueux, le sang transporte dans l'organisme presque tout ce qui doit y circuler, en effet, il était le principe vital, l'élixir qui, en s'écoulant du corps, emportait la vie avec lui. Plus que tout autre tissu, c'est le sang qu'on analyse pour tenter de déterminer la cause d'une maladie [25].

I- Sang

Par son origine embryologique, le sang est un tissu conjonctif [17], constitué de différents éléments figurés circulants, en suspension dans une matrice extracellulaire liquide appelé le plasma [67].

Le sang est contenu dans les vaisseaux sanguins. Les artères, artérioles et capillaires assurent la distribution du sang vers les différents tissus cellulaires, puis le sang est recueilli par des veinules et veines pour être réinjecté dans le cœur [37].

II- Composition du sang

Le sang est un tissu conjonctif spécialisé où des cellules vivantes, les éléments figurés sont en suspension dans une matrice extracellulaire liquide inerte appelée plasma (**figure 01**) [25].

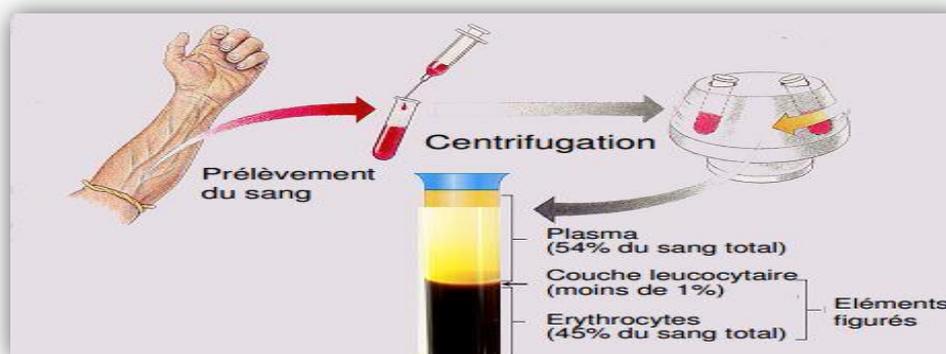


Figure 01. Principaux composants du sang total [25].

I- Eléments figurés du sang

Les éléments figurés du sang se divisent en trois principaux groupes : les érythrocytes, ou globules rouges, les leucocytes ou globules blancs et les thrombocytes ou plaquettes. Les



leucocytes et les érythrocytes sont des cellules entières, tandis que les plaquettes sont des fragments des cellules [35].

1-1- Erythrocytes

Les érythrocytes, aussi appelés globules rouges ou hématies, sont des petites cellules. Ils ont la forme de disques biconcaves (**figure 02**), dont le centre mince, paraît plus pâle que la périphérie, leur diamètre est d'environ 7,5 μm [36].

Les globules rouges sont responsables du transport de l'oxygène. La forme biconcave donne un rapport surface/volume maximal qui permet d'optimiser les échanges d'oxygène [10].

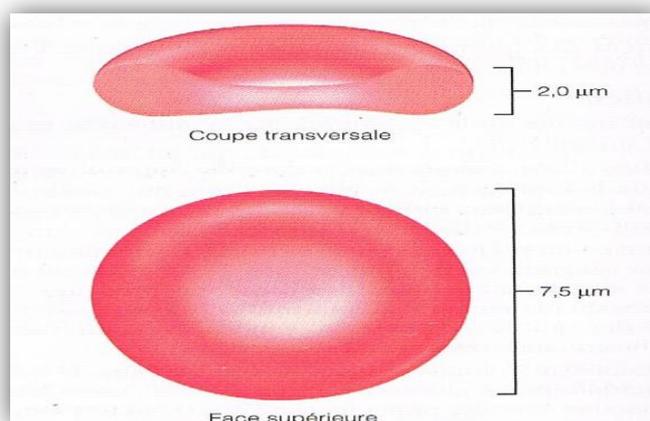


Figure 02. Structure des érythrocytes. Coupe transversale (en haut) et face supérieure d'un érythrocyte. Notez la forme biconcave caractéristique [8].

La couleur rose est liée à la présence d'hémoglobine transportant l'oxygène dans les hématies [10]. Qu'est une protéine constituée de [6] :

- ❖ L'hème : est une molécule cyclique, plane, comportant en son centre un atome de fer ; c'est sur cet atome de fer que se fixe l'oxygène [6].
- ❖ La globine : est la partie protéique, elle est constituée de quatre chaînes polypeptidiques. Chaque chaîne polypeptidique s'enroule autour d'un hème (**figure 03**) [6].



Une molécule d'hémoglobine peut donc transporter quatre molécules d'oxygène. C'est un tétramère qui est constitué de deux types de sous unité, l'une appelé alpha et l'autre bêta. La synthèse de chacune de ces deux sous unité est codée par des gènes différents [6].

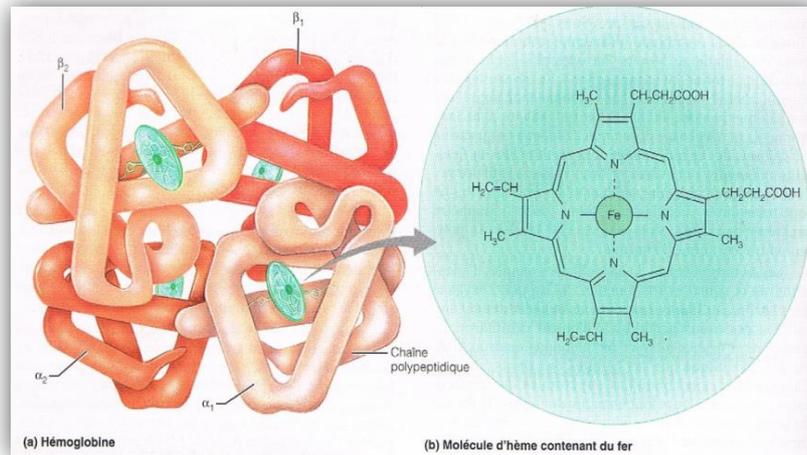


Figure 03. a) Structure de l'hémoglobine, b) Structure d'un groupement hème [25].

Il existe deux conformations de l'hémoglobine, l'une à forte affinité pour l'O₂, que l'on appelle l'état R (relâché), l'autre à faible affinité pour l'oxygène, que l'on appelle l'état T (tendu). La déoxyhémoglobine est une molécule plus « tendue » que l'oxyhémoglobine. Au cours de l'oxygénation, l'atome de fer se déplace dans le plan de l'hème alors que dans la déoxyhémoglobine le fer se situe en dehors de ce plan [29].

La durée de vie d'un globule rouge est de 120 jours ; il n'a pas la capacité de se reproduire par division cellulaire. Le globule rouge naît dans la moelle osseuse et est éliminé dans la rate [37].

1-2- Leucocytes

Les leucocytes ou globules blancs, sont les seuls éléments figurés du sang à posséder un noyau et les organites habituels [25].

Les leucocytes jouent un rôle importance vitale dans l'élimination des tissus endommagés ou âgés, ainsi que dans les réponses immunitaires qui protègent l'organisme contre les infections et les proliférations cancéreuses. Le nombre total des globules blancs est



normalement de 4.10^9 à $10.10^9/l$ mais peut augmenter considérablement au cours des infections ou des inflammations [36].

On fonction de la présence de granulations dans leur cytoplasme et de la forme de leur noyau, on les classe en deux groupes [61].

1-2-1- Granulocytes

Les polynucléaires, ou granulocytes, ont un noyau multilobé, irrégulier et de nombreux granules intra-cytoplasmiques. Ce groupe comporte les neutrophiles, les éosinophiles et les basophiles (figure 04) [25].

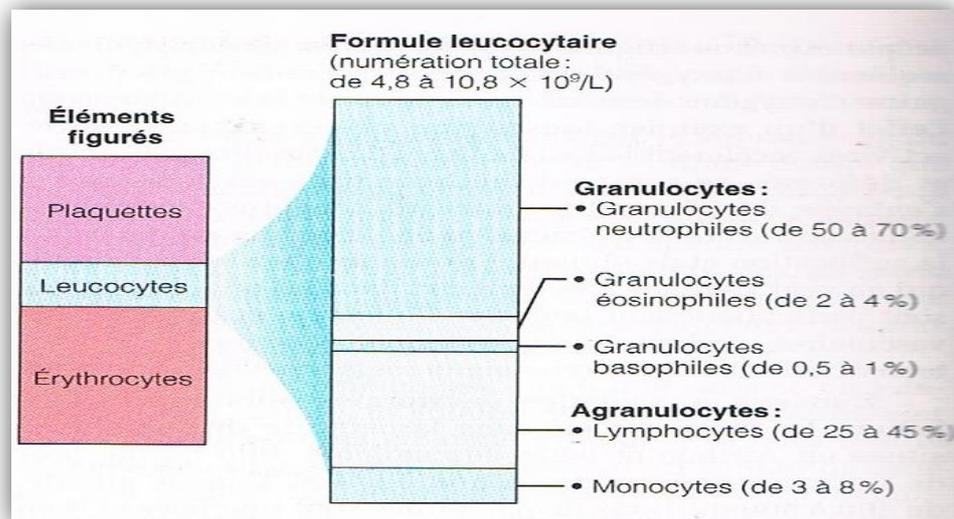


Figure 04. Types de leucocytes et pourcentage de chacun dans la population des globules blancs [25].

a- Neutrophiles

Les neutrophiles constituent 50-70 % des leucocytes circulants. Très mobiles, ils peuvent engloutir des débris des organismes étrangers par le processus de la phagocytose, dans lequel la cible est piégée dans une vésicule qui fusionne ensuite avec un lysosome. Les débris organiques sont digérés par les enzymes lysosomiales, alors que le matériel inorganique peut persister parfois indéfiniment au sein du cytoplasme [36].



b- Eosinophiles

Les éosinophiles constituent 2-4 % des leucocytes circulants. Ils sont phagocytaires et interviennent tout particulièrement dans la destruction des vers parasites. Ils participent également aux réactions allergiques [36].

c- Basophiles

Les basophiles constituent généralement moins de 0,5 % des leucocytes. Ces cellules phagocytaires libèrent de l'histamine et de l'héparine [36], deux molécules essentielles de la réaction inflammatoire [17].

1-2-2- Agranulocytes

(Leucocytes hyalins mononucléaires) ne possèdent pas de granulations spécifiques mais contiennent une quantité variable de granulations azurophiles (lysosomes). Leur noyau est arrondi ou indenté. Ce groupe comporte les lymphocytes et les monocytes [31].

a- Lymphocytes

Les lymphocytes sont les seuls globules blancs non phagocytaires : ils constituent 25-45 % des leucocytes sanguins. Ils jouent un rôle majeur dans les défenses immunitaires spécifiques de l'organisme et on en distingue deux types, les lymphocytes B et T [36].

b- Monocytes

Les monocytes constituent 2-5 % des leucocytes. Leur potentiel phagocytaire est le plus élevé de toutes les cellules de l'organisme [36]. Ce sont des cellules volumineuses, migrent rapidement dans les tissus et deviennent des macrophages [17].

1-3- Thrombocytes

Les plaquettes ou thrombocytes sont des petites cellules anucléées en forme de disque [11], contenant une dizaine de granulations dans leur cytoplasme (**figure 05**) [67]. Il y en a environ $300.10^9/l$ dans le sang circulant et leur demi-vie est de 4 jours environ [64]. Elles jouent un rôle fondamental dans les processus de l'hémostase et la coagulation [40]. L'augmentation de nombre des PLT résulte d'un syndrome inflammatoire où les plaquettes



peut atteindre $10^6/mm^3$ c'est l'hyperplaquetose [16].

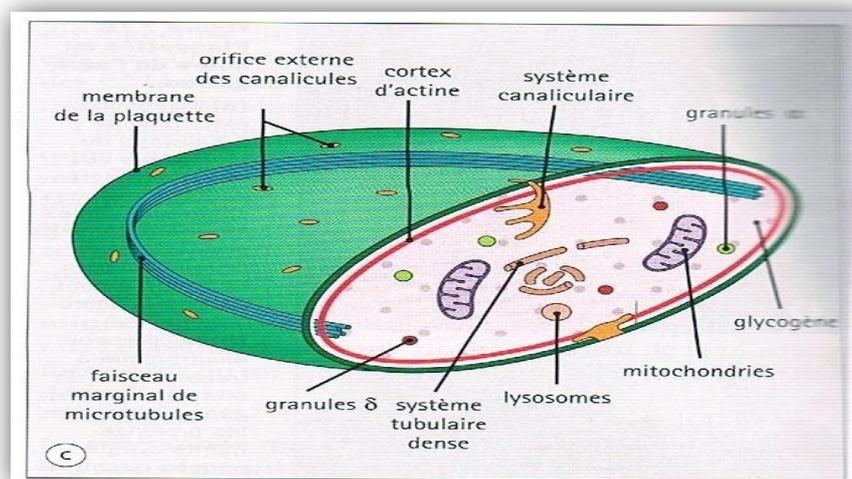


Figure 05. Représentation schématique de la structure d'une plaquette [11].

2- Plasma

2-1- Définition de plasma

Le plasma est le liquide de l'organisme le plus représentatif d'un milieu extracellulaire parfaitement adapté à la vie des cellules qui s'y trouvent en suspension. Il est entièrement contenu dans les vaisseaux sanguins. Son rôle de support des cellules sanguines est complété d'une fonction de transmission et de communication entre les différents organes de l'être vivant [37].

Le volume normal du plasma est d'environ 5% du poids corporel, soit à peu près 3500 ml chez homme de 70 Kg [64].



2-2- Composition du plasma

Tableau 01 : Composition du plasma [25].

Composants	Description et importance
<u>Eau</u>	Constitue 90 % du volume plasmatique ; milieu de dissolution et de suspension pour les solutés du sang ; absorbe la chaleur.
<u>Solutés</u>	Constituent 8 % (au poids) du volume plasmatique.
<i>Protéines</i>	
➤ Albumine	Constitue 60 % des protéines plasmatiques ; produite par le foie ; exerce une pression osmotique qui préserve l'équilibre hydrique entre le plasma et le liquide interstitiel.
➤ Globulines Alpha et bêta	Constituent 36 % des protéines plasmatiques. Produites par le foie ; protéines vectrices qui se lient aux lipides, aux ions des métaux et aux vitamines liposolubles.
Gamma	Anticorps libérés par les cellules plasmatiques pendant la réaction immunitaire.
➤ Facteurs de coagulation	Constituent 4 % des protéines plasmatiques ; comprennent le fibrinogène et la prothrombine produit par le foie ; interviennent dans la coagulation.
➤ Autres	Enzymes métaboliques, protéines antibactériennes (comme le complément), hormones.
<i>Substances azotées non</i>	<i>Protéiques</i> Sous-produits du métabolisme cellulaire comme l'urée, l'acide urique, la créatinine et les sels d'ammonium.
<i>Nutriments</i> <i>(organiques)</i>	<i>Electrolytes</i> Matières absorbées par le tube digestif et transportées dans l'organisme entier ; comprennent le glucose et d'autres glucides simples, les acides aminés, les acides gras, glycérol et les triglycérides (lipides), le cholestérol et les vitamines.
<i>Electrolytes</i>	Cations dont le sodium, le potassium, le calcium, le fer et le magnésium ; anions dont le chlorure, le phosphate, le sulfate et le bicarbonate ; concourant à maintenir la pression osmotique du plasma et le pH sanguin.
<i>Gaz respiratoires</i>	Oxygène et gaz carbonique ; un peu d'oxygène dissous (en



	majeure partie lié à l'hémoglobine dans les érythrocytes) ; le gaz carbonique est transporté par l'hémoglobine des érythrocytes et sous forme d'ions bicarbonate dissous dans le plasma.
--	--

III- Caractéristiques physiques du sang

Le sang est un liquide visqueux et opaque. Le sang riche en oxygène a une couleur écarlate, tandis que le sang pauvre en oxygène est d'un rouge sombre [25].

Le sang est plus dense que l'eau et environ cinq fois plus visqueux, surtout à cause de ses éléments figurés [63].

La température du sang est d'environ 38°C ce qui est à peine plus élevé que la température normale du corps [35].

Le PH de sang varie entre 7.35 et 7.45 : il est donc légèrement alcalin [63].

Le volume sanguin est de 5 à 6 l chez un homme adulte de taille moyenne et de 4 à 5 l chez une femme adulte de taille moyenne [35].

IV- Fonction du sang

Le sang assure de nombreuses fonctions qui sont toutes liées de près ou de loin au transport de substances, à la régulation de certaines caractéristiques physiques du milieu interne et à la protection de l'organisme [17].

I- Transport

Au point de vue du transport, les fonctions du sang sont les suivantes :

- ✓ Apport à toutes les cellules d'oxygène et nutriments provenant respectivement des poumons et du système digestif [17].
- ✓ Transport des déchets du métabolisme cellulaire vers les sites d'élimination (les principaux étant les poumons pour le gaz carbonique et les reins pour les déchets azotés) [17].
- ✓ Le sang transporte également des molécules signaux, molécules pourvue d'activité biologique capables de contrôler l'activité d'autres tissus et organes, comme les hormones et les médiateurs [17].



2- Régulation

Au point de vue de la régulation, les fonctions du sang sont les suivantes :

- ✓ Régulation de la température corporelle approprié au moyen de l'absorption de la chaleur et de sa répartition dans tout l'organisme, notamment à la surface de la peau pour favoriser la dissipation de l'excédent par l'intermédiaire du plasma, dont la portion aqueuse absorbe la chaleur et exerce un effet rafraichissant et en variant son débit à travers la peau, par laquelle il peut dégager l'excédent de chaleur [35].
- ✓ Maintien d'un pH normal dans les tissus : De nombreuses protéines sanguines et d'autres solutés du sang servent de tampons et préviennent ainsi les variations brusques ou excessives du pH sanguin qui peuvent perturber l'activité normale des cellules. De plus, le sang constitue un réservoir de bicarbonate (réserve alcaline) [25].
- ✓ Maintien d'un volume adéquat de liquide dans le système circulatoire. Le chlorure de sodium et d'autres sels en conjonction avec des protéines sanguines comme l'albumine [25].
- ✓ La pression osmotique du sang modifie également la teneur en eau des cellules en faisant interagir les ions et les protéines en solution [35].

3- Protection

Au point de vue de la protection de l'organisme, les fonctions du sang sont les suivants :

- ✓ Prévention de l'hémorragie : Lorsqu'un vaisseau sanguin se rompt, les plaquettes et les protéines plasmatiques forment un caillot et arrêtent l'écoulement du sang [25].
- ✓ Prévention de l'infection : Le sang est responsable de la mobilisation de l'ensemble de l'organisme lors d'une agression et permet le maintien d'une "mémoire" de certains types d'agression. Ces fonctions sont assurées par les leucocytes et leurs produits de sécrétion [17].

V- Moelle osseuse et formation des cellules sanguines ou l'hématopoïèse

I- Moelle osseuse

La moelle osseuse est un tissu hématopoïétique présent dans les os longs et le squelette axial [24]. Elle contient plusieurs types des cellules souches [60], qui sont à l'origine des éléments figurés du sang. Bien qu'elles soient étroitement mêlées dans la moelle et dans le sang, les cellules myéloïdes et les cellules lymphoïdes appartiennent à deux tissus physiologiquement distincts [6] :



❖ Le tissu myéloïde : donné naissance à des cellules aux fonctions très variées :

- ✓ Les globules rouges.
- ✓ Les polynucléaires, principalement des neutrophiles.
- ✓ Les monocytes [6].

❖ Le tissu lymphoïde : est constitué morphologiquement des lymphocytes et des plasmocytes [6].

2- Formation des cellules sanguines ou l'hématopoïèse

L'hématopoïèse est un processus de formation des cellules sanguines matures à partir de leurs précurseurs (**figure 06**) [49]. A lieu dans des sites qui changent durant la vie fœtal. Les premiers sites sont le sac vitelline, puis le foie, puis la rate. A 5 mois, la moelle osseuse fœtale débute la synthèse de leucocytes et de plaquettes celle des hématies commence plus tard, vers 7 mois [11].

Chez l'homme adulte elle se déroule dans la moelle osseuse. Principalement au niveau du crâne, des côtes, du sternum, des vertèbres, du pelvis et de l'extrémité supérieure des fémurs [6].

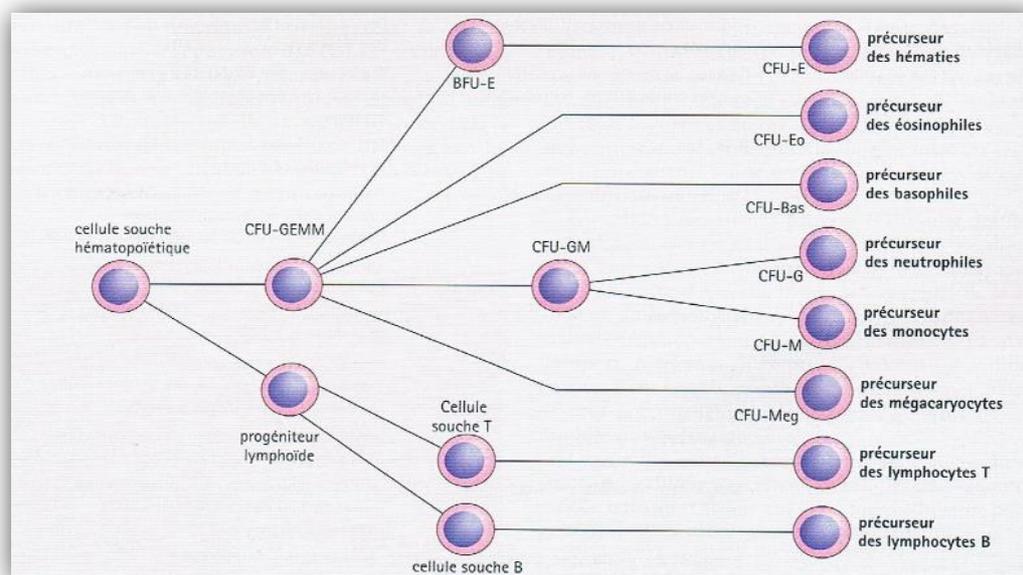


Figure 06. Hématopoïèse [11].

Les différentes cellules sanguines dérivent toutes d'un même progéniteur commun, la CSH (cellule souche hématopoïétique). Les CSH sont présentes dans les sites de formation



des cellules sanguines, en petit nombre, ainsi que dans le sang, en proportion infime. Les cellules issues de la division des CSH ont un potentiel de division et de différenciation plus restreint [11].

2-1- Erythropoïèse

L'érythropoïèse est un processus de formation ou production des globules rouges, début dans le sac vitellin et se poursuit dans le foie, la rate et les ganglions lymphatiques chez le fœtus plus mature. Vers la fin de la grossesse et la naissance, le processus se limite à la moelle osseuse [36].

La production des érythrocytes requiert des protéines, des liquides, des acides aminés, du fer, de la vitamine B₁₂, de l'acide folique, du cuivre et du cobalt [52].

Les cellules souches de la ligne érythrocytaire, les CFU-E subissent deux processus concomitants : une série de divisions et une maturation [17].

a- Divisions

Les divisions permettent d'une part de renouveler le stock de cellules souches, et d'autre part d'obtenir des cellules successives de plus en plus spécialisées : les proérythroblastes, les érythroblastes et les réticulocytes. Ces dernières sont la forme de passage vers le sang, où elles finissent leur maturation pour se transformer en hématies [17].

Les divisions cellulaires supposent la production d'une quantité importante d'acides nucléiques. Une partie des réactions de synthèse d'ADN sont dépendantes de la présence de vitamine B₁₂ et d'acide folique, si bien que la carence en ces vitamines entraîne une diminution du nombre de divisions (avec pour conséquence une anémie) et des anomalies de structure (macrocytose, c'est-à-dire grande taille) [17].

b- Maturation

Au fur et à mesure des divisions, les cellules subissent des modifications de structure et de métabolisme. Les proérythroblastes se caractérisent par un noyau important et la grande richesse du cytoplasme en ARN, signe d'une activité intense de synthèse de protéines. Cette activité est essentiellement représentée par la synthèse d'hémoglobine. Cette molécule



s'accumule progressivement dans le cytoplasme, et la synthèse diminue progressivement ; les érythroblastes présentent un noyau de plus en plus condensé et un cytoplasme moins abondant. La taille de la cellule diminue [17]. Le matériel nucléaire est alors extrudé de la cellule et le réticulum endoplasmique est résorbé, pour aboutir d'abord à un réticulocyte, contenant des remnants de réticulum endoplasmique, puis à un érythrocyte [36].

2-1-1- Contrôle de l'érythropoïèse

L'érythropoïèse est contrôlée par voie hormonal [17]. Où le rein sécrète une hormone appelée érythropoïétine quand l'apport d'oxygène aux cellules rénales devient inférieur à la normale. Ce mécanisme entre en jeu quand la concentration d'hémoglobine circulante diminue, c'est-à-dire au cours d'une anémie. La moelle osseuse répond en augmente sa production de globules rouge, ce qui fait revenir l'hémoglobinémie à la normale (**figure 07**) [36].

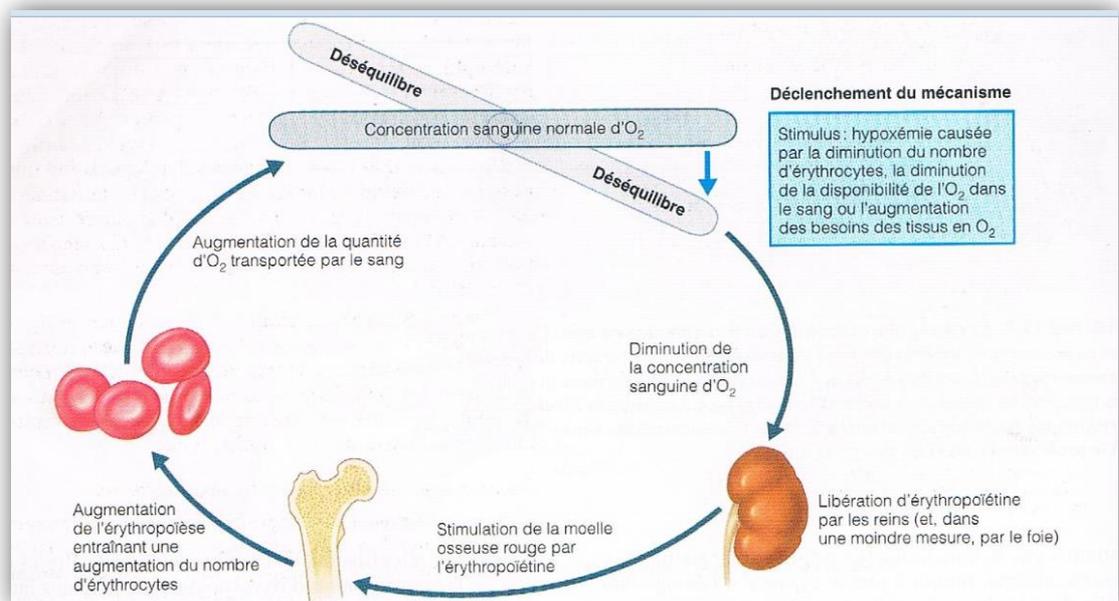


Figure 07. Régulation de l'érythropoïèse par l'érythropoïétine [25].



2-1-2- Destruction érythrocytaire

Les hématies matures vivent en moyenne 120 jours et lorsqu'ils ne sont plus fonctionnels sont captées et détruites, essentiellement dans la rate [52]. Les phagocytes du système réticulo-endothélial dégradent l'hémoglobine libérée, le fer, l'hème et les acides aminés constitutifs de la globine étant recyclés. Le noyau porphyrique est converti en bilirubine qui est ensuite métabolisée par le foie puis excrétée dans la bile [36].

Le remplacement des globules rouges morts de vieillesse exige la fabrication quotidienne d'environ 210 milliards de nouveaux érythrocytes, soit environ 2,41 millions par second [2].

2-2- Leucopoïèse

La formation des globules blancs s'appelle la leucopoïèse [9]. Deux des cellules pluripotentes de la moelle hématogène sont à l'origine des leucocytes : les CFU-E pour les granulocytes et les LSC pour les lymphocytes [17].

Les CFU-E sont des cellules à gros noyau, capables de divisions rapides. La cellule souche différenciée dans la lignée granulocytaire est le myéloblaste, suivi des promyélocytes, cellules dont les divisions sont moins actives. Suivent les myélocytes, cellules plus petites et plus spécialisées, dans le cytoplasme desquels apparaissent des granulations, petites vésicules emplies de produits de synthèse cellulaire et surtout d'enzymes. C'est la présence de ces granulations qui donne le nom de granulocytes à ces cellules : (les neutrophiles, les basophiles, et les éosinophiles) [17].

Ce processus est contrôlé par des cytokines [26]. A partir des myéloblastes, il existe une deuxième direction de différenciation qui aboutit à la formation des monocytes, caractérisés par l'absence des granulations dans leur cytoplasme [17].

La formation des lymphocytes se fait dans les organes dits lymphoïdes : rate, ganglions lymphatiques, thymus, amygdale, tissu lymphatique du tube digestif et de la moelle osseuse [17]. Les lymphoblastes se transforment en différentes classes de lymphocytes. Pour cela, ils doivent ensuite subir une étape de marquage [9].



2-3- Thrombocytopoïèse

Les cellules souches de cette lignée sont les CFU-M. Elles se différencient en mégacaryoblastes, cellules de grande taille, riches en cytoplasme, avec un noyau de très grande taille. Le mégacaryoblaste se remplit progressivement de granulation et devient mégacaryocyte [17], également appelés cellules géantes de la moelle osseuse. Avec un diamètre entre 30 et 100 μm , ce sont les plus grandes cellules de la moelle osseuse [9]. A partir de ces cellules se détachent les fragments de cytoplasme, qui passent dans le sang pour constituer les plaquettes (**figure 08**) [47].

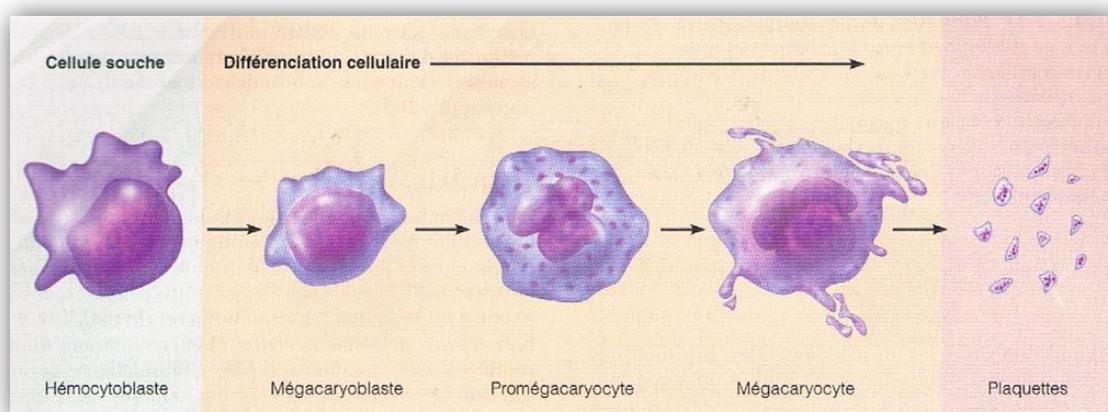


Figure 08. Genèse des plaquettes [25].

CHAPITRE II

Pollution industriel

"cimenterie"



L'industrie cimentière est une industrie lourde et intensive en énergie. Les premières cimenteries furent leurs apparitions vers 1850, c'est-à-dire que le ciment est un produit nouveau qui s'améliore au fil des années avec l'avancée de la technologie et les progrès de la recherche scientifique. Les principales caractéristiques des cimenteries modernes sont les suivantes [50] :

- Régularité de la qualité grâce à l'échantillonnage continue.
- L'analyse par fluorescence X, le pré homogénéisation et la multiplication de contrôle.
- Recherche des économies d'énergie (utilisation de la voie sèche).
- Chasse aux nuisances (installation d'électrofiltre) [50].

I- Définition du ciment

Le ciment est une poudre minérale produite à partir de deux matières premières naturelles extraites de carrières proches : le calcaire environ 80% et l'argile environ 20%. Ces matières premières sont ensuite mélangées et cuites à très haute température à fin d'obtenir le constituant de base de presque tous les ciments qui est le clinker de Portland (mélange cuit des différentes matières premières) [55].

Au contact de l'eau, cette poudre forme une pâte qui se fige, elle "prend", puis durit. Après durcissement, elle conserve sa résistance et sa stabilité, même sous l'eau [55].

II- Compositions chimiques du ciment

Le composé de base des ciments actuels est un mélange de silicates et d'aluminate de calcium résultant de la combinaison de la chaux (CaO) avec la silice (SiO₂), l'alumine (Al₂O₃) et l'oxyde de fer (Fe₂O₃). La chaux nécessaire est apportée par des roches calcaires ; l'alumine, la silice et l'oxyde de fer par des argiles [55].

III- Voies de fabrication du ciment

Pour la fabrication du ciment, quatre voies sont possibles, sachant que chaque voie présente des différences par rapport à l'autre au niveau de la préparation du cru et de la cuisson. Deux parmi lesquelles sont les plus courantes [1] :



1- Voie humide

Les composantes du cru sont mélangées et broyées en présence d'eau formant ainsi une pâte fluide homogène et facile à broyer. Cette voie présente l'avantage de faciliter le broyage et améliorer l'homogénéisation de la pâte mais son inconvénient majeur réside dans la consommation d'énergie lors de la cuisson [1].

2- Voie sèche

La matière première (cru) est séchée par les gaz issus de four puis broyées finement, homogénéisée et envoyée dans le four de cuisson. Ce procédé est le plus utilisé car il est le plus économique en énergie mais nécessite la mise en œuvre d'importants moyens de captation des poussières (installation d'électrofiltre) [48].

IV- Processus de fabrication du ciment

La fabrication des ciments se déroule en cinq étapes principales :

1- Extraction et préparation des matières premières

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert généralement proches de l'usine [54].

Les opérations nécessaires comportent : le forage dans la roche, l'abattage à l'explosif, l'excavation, le transport et le concassage. Après un concassage primaire, les matières premières sont transportées vers l'usine où elles sont stockées et préparées [62].

Des correctifs, tels que de la bauxite, des oxydes de fer ou des laitiers, sont incorporés en faible proportion à ce stade de la préparation pour obtenir un ensemble de composition chimique constante [15].

2- Séchage et broyage

Pour favoriser les réactions chimiques ultérieures, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns) dans des broyeurs à boulets ou dans des



broyeurs à meules verticaux. Ces derniers, plus récents, sont plus économes en énergie et permettent un séchage plus efficace [54].

Homogénéisation : En sortant du broyeur, le cru ou la pâte doivent être malaxés et homogénéisés une nouvelle fois pour que le mélange acquière sa rhéologie optimale avant introduction dans les différents types de four. Le cru est homogénéisé et stocké dans des silos, la pâte dans des cuves ou dans des silos [62].

3- Cuisson du "cru"

Le "cru" est ensuite introduit dans un échangeur de chaleur pour être progressivement porté à une température comprise entre 800 et 1000°C (début de la décarbonatation) [15], puis il se passe à la cuisson qui se fait à une température voisine de 1450 °C dans un four rotatif, long cylindre tournant de 1,5 à 3 tours/minute et légèrement incliné. La matière chemine lentement et se combine en venant à la rencontre de la source de chaleur, une longue flamme alimentée au charbon pulvérisé, au fuel lourd, au gaz, ou encore partiellement avec des combustibles de substitution (valorisation de résidus d'autres industries). Deux types d'échangeurs sont utilisés [54] :

- l'échangeur à cyclone si le cru est introduit dans le four sous forme pulvérulente (voie sèche) [54].
- l'échangeur à grille s'il est introduit sous forme de granules humidifiées (voie semi-sèche) [54].

A la sortie du four, un refroidisseur à grille permet d'assurer la trempe des nodules incandescents et de les ramener à une température d'environ 100 degrés [54].

Tout au long de la cuisson, un ensemble de réactions physico-chimiques conduit à l'obtention du clinker [54] :

- la décarbonatation du carbonate de calcium (calcaire) donne de la chaux vive [54].



• l'argile se scinde en ses constituants : silice et alumine qui se combinent à la chaux pour former des silicates et aluminates de chaux. Ce phénomène progressif constitue la clinkérisation [54].

Tous les composants organiques des matières premières peuvent libérer du monoxyde de carbone mais celui-ci peut aussi apparaître en cas de combustion incomplète du combustible. Les matières premières rejettent du monoxyde de carbone pendant le préchauffage ; ce gaz est rejeté avec les gaz résiduels du four [62].

4- Broyage du clinker

En sortie de four, la matière est brusquement refroidie. Elle se présente alors sous forme de blocs, le clinker, qui est finement broyé ($<100 \mu\text{m}$) avec le gypse (3 à 5%) pour donner le ciment Portland [15]. Ce broyage s'effectue dans des broyeurs à boulets. Les corps broyants sont constitués de boulets d'acier qui par choc, font éclater les grains de clinker et amènent progressivement le ciment à l'état de fine farine, ne comportant que très peu de grains supérieurs à 40 microns. A la sortie du broyeur, un cyclone sépare les éléments suffisamment fins des autres qui sont renvoyés à l'entrée du broyeur [54].

5- Expéditions

Acheminés vers les silos de stockage par transport pneumatique ou mécanique, les ciments quittent l'usine en sacs. Les sacs contiennent généralement 25 ou 50 kg de ciment et l'ensachage atteint fréquemment 100 tonnes par heure. Les sacs sont acheminés vers des palettiseurs qui constituent des palettes de 1500 kg transportées par camion. Le ciment livré en vrac constitue 70% de la production. Il est transporté par camion-citerne, par train ou par bateau (**figure 09**) [54].

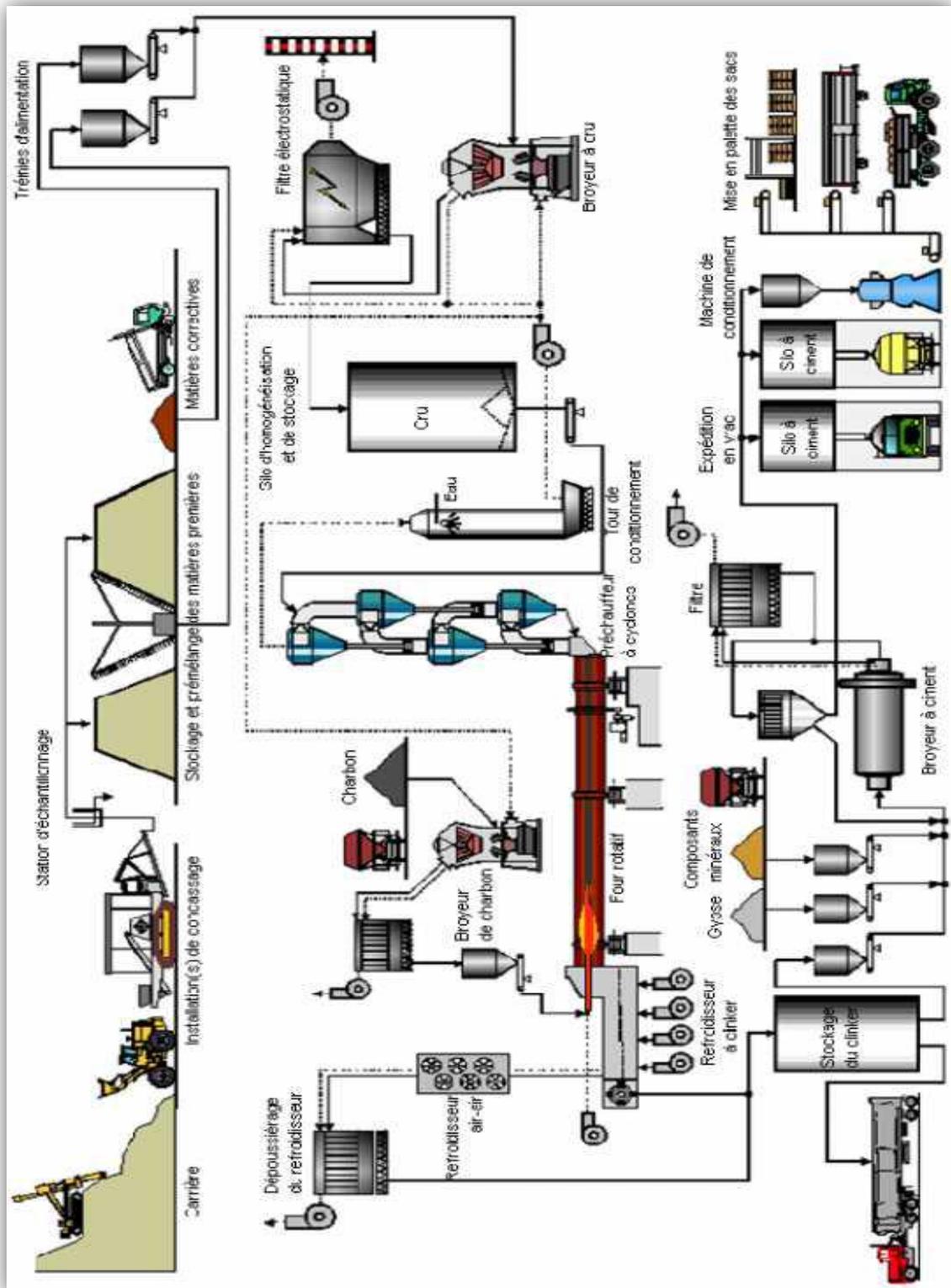


Figure 09. Fabrication de ciment [62]. .



V- Pollution atmosphérique

1- Définition de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique résulte de la présence dans l'aire des gaz et d'aérosols liquides ou solides (poussières). Pouvant déterminer de graves nuisances pour la santé. Ces polluants ont une double origine naturelle et anthropique. Par exemple, les oxydes de soufre, de carbone et d'azote sont produits respectivement par les volcans, par les respirations et combustion, par les éclairs... mais ils résultent aussi d'activité humaine : des combustions fossiles pour l'énergie, l'industrie, les transports et les diverses activité agricoles [65]. Les cimenteries sont la cause d'une source considérable de pollution atmosphérique à la fois par des produits de combustion car elles consomment des quantités considérables de fuels lourds ou de charbon et par des particules minérales qu'elles rejettent dans l'atmosphère. Elles constituant après l'usage de combustions fossiles, la principale source de libération de CO₂ dans l'atmosphère [58].

L'apport croissant de ceux d'origine anthropique fait globalement croître la masse de ces polluants dans l'atmosphère, dont certains détruisent la couche d'ozone [45].

2- Définition de l'atmosphère

Le mot atmosphère vient du grec "atmós", qui signifie "souffle", "vapeur" : elle est, en effet, composée de nombreuses vapeurs. Plus précisément, c'est un mélange de nombreux gaz dans des proportions différentes. Retenue par la force gravitationnelle, elle entoure la terre comme une enveloppe qui, d'une part, la protège de tout ce qui vient de l'espace et d'autre part, détermine des conditions favorables à la vie [5]. Les vents sont principalement donne aux différences de température dans l'atmosphère et visent à les compenser ; ils se produisent le plus souvent en basse atmosphère [46].

2-1- Composition de l'atmosphère

L'atmosphère est principalement composée d'azote (78%) d'oxygène (21%) et de CO₂ (0,03%) [26]. Les autres composants gazeux (argon, néon, hélium, krypton, hydrogène...) sont



très minoritaires: environ 1%. Elle contient également de la vapeur d'eau, dans une proportion allant de 0.1% à 4% du volume d'air sec selon les régions (**tableau 02**) [46].

L'homme y a ajouté des molécules artificielles issus des produits chimiques, il a également argumenté considérablement les proportions d'oxydes de carbone ou d'ozone dans la basse atmosphère [45].

Tableau 02 : Composition de l'air sec [27].

Gaz	Volume en %
*gaz principaux	
• Azote (N ₂)	78.0
• Oxygène (O ₂)	20.9
• Argon (Ag)	0.93
• Anhydride carbonique (CO ₂)	0.03
*gaz trace	
• Néon (Ne)	1.8.10 ⁻³
• Hélium (He)	5.2.10 ⁻⁴
• Krypton (Kr)	1.0.10 ⁻⁴
• Hydrogène (H ₂)	5.0.10 ⁻⁴
• Xénon (Xe)	8.0.10 ⁻⁴
• Ozone (O ₃)	1.0.10 ⁻⁴

3- Rejets atmosphériques d'une cimenterie

Dans l'industrie du ciment, les principaux rejets vers l'atmosphère sont constitués essentiellement par les gaz de combustion au niveau des fours de cuisson mais surtout par les



émissions de poussières à tous les niveaux de production du ciment. Les polluants contenus dans les gaz de combustion dépendront de la nature du combustible utilisé (charbon, fuel ou gaz naturel). Les poussières représentent la forme de pollution la plus importante au niveau des cimenteries [59].

3-1- Rejets de poussières

Les particules ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique. Elles ont pour origine les différentes combustions, les industries. On peut citer également les poussières issues des carrières et des cimenteries [18].

3-1-1- Principaux types des particules polluant l'atmosphère

Les divers "aérosols" polluants l'atmosphère comportent des particules solides (poussières) ou liquide dispersées dans l'air par les diverses activités humaines. Elles peuvent se classer le plus simplement par ordre de taille décroissante en quatre catégories distinctes [57] :

- 1- Les particules de grand diamètre, supérieur à $10\mu\text{m}$, sédimentables.
- 2- Les particules semi-fines eu ou as sédimentables, de taille $<10\mu\text{m}$.
- 3- Les particules fines insédimentables de taille $< 2,5\mu\text{m}$ (PM 2,5).
- 4- Les particules inframicroscoiques insédimentables de taille $<1\mu\text{m}$ (PM 1) [57].

3-2- Rejets gazeux

Lors de leur émission les polluants sont dits "primaires". Une partie des fines particules peuvent les transformer en polluants secondaires par exemple [22] :

3-2-1- Dioxyde d'azote

C'est une gaze stable, fortement coloré en jaune, qui réduit beaucoup la visibilité atmosphérique [58]. Il est produit par les combustions à haute température (les installations industrielles). Les NO proviennent presque exclusivement de la combustion de produits azotés. L'azote réagir avec l' O_2 pour former du dioxyde d'azote. A partir de NO_2 et des radicaux OH ou autres peut se former de l'acide nitrique (H_2NO_2) qui est un composant des "pluies acides" [26].



3-2-2- Dioxyde de soufre

Il existe sous forme de traces en zone non polluée. La majorité de gaz proviennent de la combustion de soufre contenu dans les combustibles fossiles qui forme du dioxyde de soufre (SO_2) [19]. Il forme en présence d'eau avec le NO ou des radicaux hydroxyles (OH) et de l' O_2 de l'acide sulfurique (H_2SO_4), un composant des "pluies acides" [26].

3-2-3- Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone CO est un gaz incolore, inodore, non irritant. [21]. Il produit au niveau du four lorsque la combustion est incomplète, ou lorsque le four set mal réglé. C'est le plus abondant et le plus répandu des polluants atmosphériques. Son taux normal est de 0,1-0,2 ppm, il présentant une toxicité pour l'Homme [19,56].

3-2-4- Dioxyde de carbone CO_2

C'est un gaz stable, fortement coloré en jaune, qui réduit beaucoup la visibilité atmosphérique [19]. Il rencontre aujourd'hui de 375,6 ppm. En effet son taux n'est pas stable. Le CO_2 produit par la production de ciment a deux origines [39] :

- les combustibles utilisés pour cuire les matières premières [39].
- un phénomène de transformation du calcaire (CaCO_3). Sous l'effet de la chaleur, celui-ci se décompose en chaux (CaO) et en gaz carbonique (CO_2). Plus de 60% des émissions de CO_2 lors de la fabrication de ciment proviennent de cette "décarbonatation" [39].

CHAPITRE III

Effet de la pollution

Industrielle

"cimenterie" sur la

santé



I- Effets des principaux polluants

I- Effets des principaux polluants sur l'environnement

Tableau 03. Effets des polluants sur l'environnement [68].

Polluants	Effets sur l'environnement
Poussières ou particules en suspension dont PM 10 et PM 2.5	<p>Les poussières absorbent et diffusent la lumière, limitant ainsi la visibilité.</p> <p>Elles suscitent la formation de salissure par dépôt et peuvent avoir une odeur désagréable. Effets de salissure des monuments et bâtiments.</p>
Oxydes d'azote NO et NO ₂	<p>Les NO_x interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments.</p> <p>Participation à l'augmentation de l'effet de serre.</p>
Dioxyde de soufre SO ₂	<p>En présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique (H₂SO₄) qui contribue, comme l'ozone, à l'acidification de l'environnement.</p> <p>Participation au phénomène des pluies acides par transformation en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air.</p> <p>Dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux bâtiments.</p>
Monoxyde de carbone CO	<p>Participation à la formation de l'ozone troposphérique.</p> <p>Dans l'atmosphère, il contribue à l'augmentation de l'effet de serre par transformation en dioxyde de carbone CO₂.</p>
Dioxyde de carbone (CO ₂)	<p>L'augmentation de la concentration en CO₂ accroît sensiblement l'effet de serre et contribue à une modification du climat planétaire.</p>



2- Effets des principaux polluants sur la santé

Les polluants peuvent agir à différents niveaux du corps humaine :

- Au niveau de la peau.
- Au niveau des muqueuses.
- Au niveau des organes: Certains polluants véhiculés par le sang peuvent s'accumuler dans des organes [62]. La toxicité des polluants se trouve principalement au niveau pulmonaire. Ceux-ci jouent un rôle important dans la survenue de bronchites chroniques, de crises d'asthme, d'infections pulmonaires (notamment chez l'enfant avec le NO₂), d'emphysème, de fibrose pouvant aller jusqu'à la survenue de cancers pulmonaires [44].

2-1- Effets des particules

La taille des particules est un paramètre important. Plus elles sont fines, plus elles restent long temps en suspension dans l'air et plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire. D'un diamètre supérieur à 10 µm, elles sont expulsées des voies respiratoires ; de 3 à 10 µm, elles se déposent au niveau de la trachée et des branches ; à moins de 3 µm, elles atteignent les alvéoles pulmonaires et peuvent pénétrer dans le sang [18].

2-2- Effets des polluants gazeux

2-2-1- Dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote se dépose plus facilement dans la partie supérieure de l'appareil respiratoire. Chez les sujets sains il faut des concentrations élevées, de plusieurs ppm, pour voir apparaître des effets chimiques reproductibles sur la fonction respiratoire. Chez les sujets asthmatiques par contre, l'exposition à des concentrations faibles augmente la sensibilité et peut entraîner le déclenchement de crises [34].



2-2-2- Dioxyde de soufre

Il est plus soluble dans l'eau que les précédents, ce qui restreint sa pénétration dans les voies ariennes profondes. L'exposition de sujets sains à des concentrations fortes de l'ordre de 1 mg/m³, conduit à des résultats contradictoires. Une diminution de la fonction respiratoire et des symptômes comme la toux et des sifflements ont été observés. L'asthmatique est plus sensible. Comme nous avons vu, le dioxyde de soufre (SO₂) se transforme en acide sulfurique dans l'atmosphère, et la toxicité des produits secondaires est supérieure à celle du SO₂ lui-même [34].

2-2-3- Monoxyde de carbone

Il se fixe au niveau de l'hémoglobine et diminue la capacité du sang à transporter l'oxygène et les effets sur la santé sont liés à la diminution de la disponibilité d'oxygène pour les tissus et les organes vitaux, ce qui provoque des arythmies et une ischémie cardiaque, des lésions cérébrales et le décès. Une exposition à 1000 ppm de monoxyde de carbone durant quelques heures peut entraîner le décès car cela correspond à une HbCO d'environ 60 % [21].

3- Principaux maladies induites par la pollution industriel "cimenterie"

Les populations humaines, à tout le moins celle qui vivent dans des zones industrielles sont également victimes de l'exposition permanente aux polluants de l'air. Parmi les affections induisent par ces polluants, on citera les pathologies cardio-vasculaires la branchite chronique, l'emphysème, les cancers des vois respiratoires et du poumon, et divers manifestations allergiques dont l'asthme est la plus spectaculaire [57].

3-1- L'asthme

L'asthme est une maladie inflammatoire chronique des voies aériennes dans laquelle de nombreuses cellules et éléments cellulaires jouent un rôle [43], il favorisée entre autres par les poussières [57].



Les relations entre la pollution atmosphériques et l'asthme ont été étudiées. Plusieurs études épidémiologiques ont montré que chez les asthmatiques l'augmentation de concentration des principaux polluants atmosphériques (SO₂, NO₂ et particules fines) était liée à l'appariations de symptômes de crises de l'asthme [50].

Les signes cliniques caractéristiques de l'asthme sont les conséquences d'une réaction inflammatoire chronique des bronches, s'accompagnant d'une accumulation des cellules éosinophiles, visible dans le liquide de lavage alvéolaire sur les biopsies et à l'autopsie. On pense que les granules de l'éosinophiles libèrent des médiateurs cytotoxiques qui endommagent l'épithélium cilié respiratoire [32].

Les lésions tissulaires contribuent à l'augmentation de l'irritabilité bronchique (hyperréactivité bronchique) expliquant que les stimuli, normalement inactifs, puissent entraîner de la toux et une respiration sifflante [32].

3-2- Emphysème pulmonaire

Affection diffuse des poumons caractérisés par une distension des alvéoles et des lobules pulmonaires, dus à une destruction progressive des parois alvéolaires. Du point de vue fonctionnel, il existe des modifications des relations entre le flux aérien destiné aux alvéoles et le flux sanguin ; ceci entraîne une altération du passage des gaz ; O₂ et CO₂, dans le sens d'une diminution de l'oxygène transporté par le sang et d'une augmentation du gaz carbonique [38].

L'emphysème pulmonaire apparaît notamment par exposition répétée aux oxydes d'azotes, aux poussières industrielles [12].

3-3- Œdème Pulmonaire

L'œdème pulmonaire est une accumulation anormale de liquide interstitiel dans l'espace intercellulaire et les alvéoles des poumons. L'inhalation de gaz toxique (SO₂, NO₂ et CO) peut induire un œdème pulmonaire. La sévérité de cet œdème dépend de deux facteurs : d'une part de la concentration des gaz inhalés toxiques et d'autre part de la durée d'exposition. L'œdème



pulmonaire qui suit l'inhalation est associé à des lésions des voies aériennes habituellement plus importantes que celles de la membrane alvéolocapillaire [35].

3-4- Pneumoconiose

La plupart des particules inhalées ne lésent pas les poumons car elles sont captées dans le nez, enlevées par le système de clairance muco-ciliaire par des macrophages. Les petites molécules inorganiques de poussière qui atteignent l'acinus et lèsent les macrophages entraînent une réaction inflammatoire avec fibrose secondaire ; On appelle pneumoconiose la maladie qui alors développe [7].

3-5- Asphyxie

Est un terme médical signifiant l'arrêt plus ou moins long de la circulation d'oxygène dans le corps [7]. L'asphyxie peut entraîner une anoxie (interruption de l'apport d'oxygène aux organes et tissus vivants) avec risque de coma ou d'arrêt cardiaque. En cas d'inhalation des gaz toxiques, les manifestations varient selon la nature du gaz, assoupissement progressif avec l'oxyde de carbone [35,65].

3-6- Pathologies cardio-vasculaires

Les phénomènes inflammatoires qui se produisent dans les poumons ont aussi des répercussions indirectes sur le système cardio-vasculaire. Les réactions à certains polluants réduisent la capacité de l'hémoglobine à transporter l'oxygène à livrer l'oxygène aux tissus périphériques, notamment pour le CO qui forme avec l'hémoglobine un complexe – la carboxyhémoglobine – inapte à transporter l'oxygène [41].

Des travaux toxicologiques récents montrent, chez l'Homme comme chez l'animal, que les phénomènes inflammatoires induits par certains polluants atmosphériques (particules) pourraient aussi augmenter la viscosité du sang, et entraîner une modification de la fréquence cardiaque [41].

Par ailleurs, la toxicité des polluants sur la fonction cardio-vasculaire peut être due soit à un effet direct sur le cœur et le compartiment sanguin ou bien être la conséquence d'une diminution

CHAPITRE III : Effet de la pollution Industrielle "cimenterie" sur la santé



de la capacité pulmonaire. En effet, la défaillance de la fonction ventilatoire (diminution du volume respiratoire, inflammation...) induit une diminution du taux d'oxygène dans le sang. Ainsi, la teneur en oxygène qui arrive au coeur via les veines pulmonaires est moindre. Le coeur va alors réagir automatiquement afin de retrouver des conditions physiologiques optimales. Le rythme cardiaque sera accéléré, conduisant à une fatigue du coeur et générant des pathologies de la sphère cardio-vasculaire .Tous les polluants ayant un effet sur la fonction respiratoire sont susceptible d'entraîner, à plus ou moins long terme, des troubles cardio-vasculaires [44].

PARTIE

PRATIQUE

METHODOLOGIE

I- Description du cite de travail

I-1- Plaine d'Elma-Labioud

Elma-Labioud est une plaine à vocation agricole, de 420 Km² située au Sud-Est de la ville de Tébessa, au Nord-Est de l'Algérie à la limite de la frontière Algéro-tunisienne. La limite Nord de la plaine est formée par Djebel Doukkane, Djebel Anoual et Djebel Bouroumane. La limite Est de la plaine s'approche du territoire tunisien dans la région de Kodiat sidi Salah. A l'Ouest se trouve la plaine de Cheria. La limite Sud est constituée par le synclinal de Bir Sbeikia [50].

L'économie de la région est basée sur l'agriculture et l'industrie minière. Elle est en effet à forte vocation pastorale et d'ailleurs constituée une zone de parcours des troupeaux ovins, jusqu'au début des années 1990. Depuis cette époque, la région connaît une activité industrielle très importante et grande consommatrice d'eau, représentée principalement par l'industrie du ciment portland (ERCE), celle du verre (SOVEST) et celles des tubes roulés (ANABIB) [50].

La plaine d'Elma-Labioud est traversée par la grande voie de communication Nord-Sud : Tébessa-El Oued et Nord-Sud est : Tébessa-Bouchebka vers la Tunisie [50].

I-2- Cimenterie d'Elma-Labioud (ERCE)

La société a été créée au mois de Novembre 1993. Le siège social se trouve à Tébessa à 680 Km au Sud-Est d'Alger et à 250 Km de la ville d'Annaba au Nord [50].

La cimenterie se trouve à 26 Km au Sud de Tébessa et à 35 Km des frontières Algéro-tunisienne. Elle est la dernière réalisation publique dans le secteur du ciment [50].

La cimenterie à une capacité de 1600 tonnes/jour de clinker correspond à 500 000 tonnes/an. Elle est dotée d'une ligne de la cuisson par voie sèche. Elle puise ses principales matières premières à partir des gisements proches du site (calcaire : 500 m et argile : 10 Km). Les réserves de matières premières permettent une exploitation de plus de 100 ans [50].

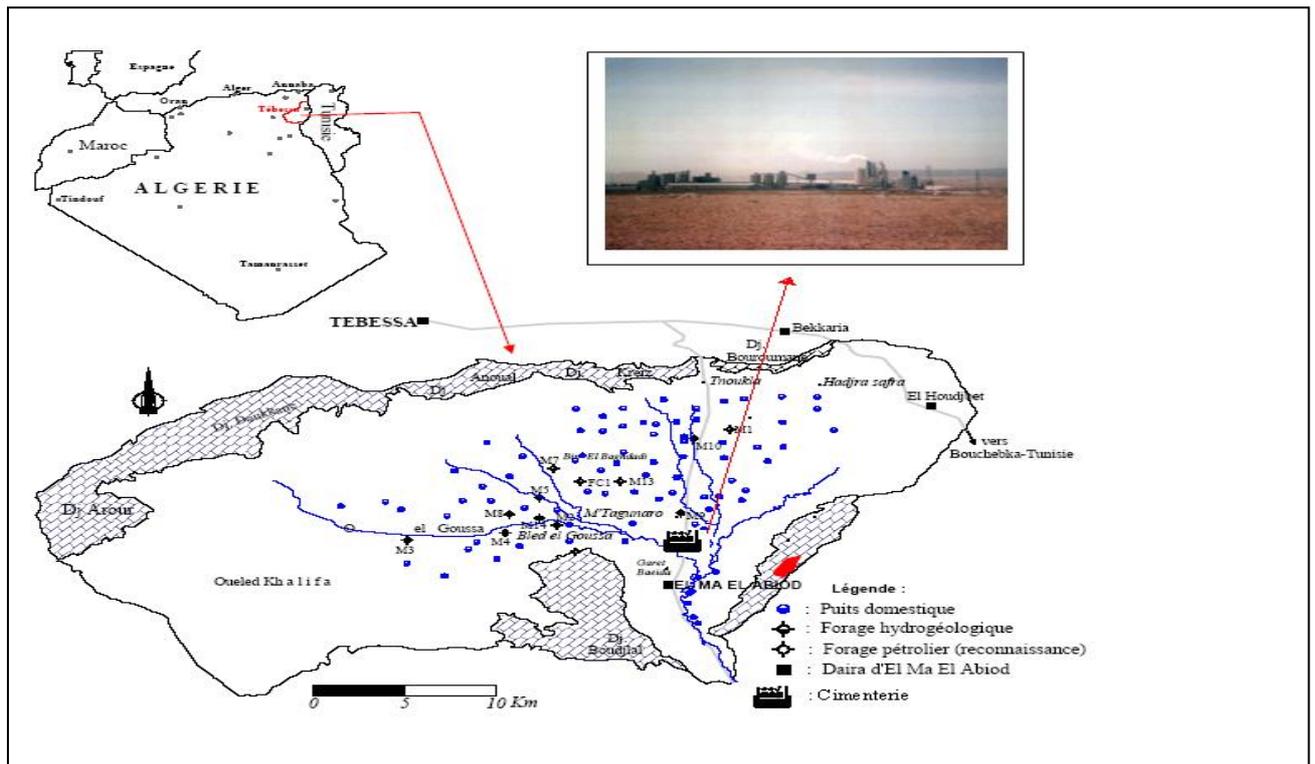


Figure 10. Carte géologique de la plaine d'Elma-Labioud et de la cimenterie [50].

II- Objectif

Notre travail a pour objectif, de préciser les valeurs de 07 paramètres hématologiques ; [globules blancs (GB), globules rouges (GR), hémoglobine (Hb), hémocrite (HCT), volume globulaire moyenne (VGM), concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) et le teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH)] et deux paramètres considérées comme des marqueurs précoce de l'inflammation [vitesse de sédimentation (VS) et la protéine-C-réactive (CRp)] des habitants de la région d'Elma-Labioud et de déterminer finalement l'effet de la pollution industriel par les rejets atmosphérique de la cimenterie sur ses paramètres mesurés.

III- Population et lieu d'étude

Nous avons réalisé une étude transversale qui s'est déroulée du 02/02/2016 au 01/04/2016, Cette étude a porté sur 160 sujets des deux sexes adultes, dont 80 témoins et 80 exposés.

III-1- Sujets exposés : Sont inclus tous les populations adultes des deux sexes qui habitent proche de la cimenterie d'Elma-Labioud.

III-2- Sujets témoins : sont retenus tous les sujets adultes des deux sexes qui habitent dans une région situé loin de la cimenterie.

Nous avons réalisées notre étude au niveau de l'établissement public de proximité de Tébessa Bachir mantourri.

IV- Prélèvement du sang

Le prélèvement du sang se diffère selon le type d'analyse.

- Le prélèvement pour FNS : sur tube EDTA.
- Le prélèvement pour la vitesse de sédimentation (VS) : sur tube à citrate.
- Le prélèvement pour CRp : sur tube sec.

➤ **Technique et matériel utilisés**

- Placer le bras en position légèrement déclive et tendue.
- Mettre les gants.
- Poser le garrot au-dessus du coude de façon à ce que la pression soit suffisante pour que la veine soit bien visible puis désinfecté la peau par l'alcool à 70° et laisser sécher.
- Positionner l'aiguille parallèlement à la veine, en l'inclinant légèrement vers le bras et en plaçant le biseau vers le haut.
- Enfoncer l'aiguille de 1 à 1,5 cm le long de la veine, puis tirer de la main gauche légèrement le piston de la seringue, dans laquelle le sang doit apparaître.
- Mettre le sang dans les tubes qui sont insérés immédiatement dans le porte-tube.

IV-1- Numération des cellules sanguines (FNS)

La NFS consiste à déterminer la concentration des 3 types cellulaires du sang : les leucocytes, (globules blancs), les hématies (globules rouges) et les plaquettes [4], ainsi que plusieurs paramètres liés aux globules rouges [23].

➤ **Techniques de prélèvement du sang pour l'FNS :** sang veineux : prélèvement sur EDTA.

➤ Techniques et matériels utilisés

- On prend le tube EDTA qui contient le sang prélevé, puis on le met verticalement dans l'appareil jusqu'à la petite verge métal touche le sang, au moment là on clique sur le bouton du l'appareil jusqu'à sonné.
- Les résultats sont affichés sur le micro-ordinateur.
- L'impression des résultats.

➤ Intérêt clinique

La formule sanguine est l'examen le plus fréquemment prescrit en clinique particulièrement dans les circonstances suivantes :

- Asthénie (Pâleur, fatigue).
- Anémie (baisse de l'hémoglobine).
- Tachycardie (pouls élevé).
- Dyspnée (Essoufflement au repos ou à l'effort).
- Hyperthermie, infection (température corporelle élevée).
- Saignement, hémorragie, hématome [14].

Le volume globulaire moyen (VGM) et de la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH), permet une classification de première importance pour l'investigation d'une anémie. Le VGM est une constante érythrocytaire fondamentale dans l'investigation d'une anémie [14].

L'hématocrite est néanmoins un excellent élément de dépistage et de surveillance d'une polyglobulie, et Le CCMH définit les concepts fondamentaux de normochromie et d'hypochromie [14].

IV-2- La vitesse de la sédimentation globulaire (VS)

La VS il s'agit de mesure la distance parcourue par les hématies en 1^{ère} heure, par sédimentation dans un tube capillaire. Exprimée en mm à la 1^{ère} heure, parfois aussi à la 2^{ème} (la valeur de la 2^{ème} heure est approximativement le double de celle de la 1^{ère} heure, et peut ainsi servir de contrôle) [4].

➤ **Technique et matériels utilisés**

- Après le prélèvement de sang, on le met dans un tube citrate.
Le sang prélevé sur anticoagulant est aspiré dans un tube calibré (tube Westergreen) et placé en position verticale à l'aide d'un support spécifique.
- Les hématies tombent au fond du tube, laissant surnager une couche de plasma, et après une heure de sédimentation, la hauteur de la colonne de plasma est mesurée et exprimée en mm, et après deux heures, on fait la 2^{ème} lecture.

➤ **Intérêt clinique**

La VS est élevée :

Syndromes inflammatoires [3].

IV-3- La protéine -C- réactive (CRp)

La CRP est une glycoprotéine de synthèse hépatique [3]. Elle existe à l'état de traces chez l'individu sain. Elle possède un temps de demi-vie court (8 - 12 heures) [30].

La CRP joue le rôle d'activateur de la voie classique du complément et favorise la phagocytose bactérienne [30].

➤ **Principe**

Les particules de réactif latex, sensibilisées avec des anticorps spécifiques de la CRp humaine, sont agglutinées en présence de sérum de patient contenant la CRp.

➤ **Technique et matériels utilisés**

- Après le prélèvement du sang sur un tube sec, on le centrifuge avec la centrifugeuse (5000 t/min), pendant 5 minutes.
- À l'aide d'une micropipette on dépose sur la carte à CRP une goutte du sérum.
- On met sur la goutte du sérum une goutte de réactif latex anti CRp.
- On mélange les deux gouttes avec un embout et on utilise à chaque goutte un nouvel embout.

- On fait la lecture après 3 min, s'il n'ya pas une agglutination donc la réaction est négative. S'il y a une agglutination donc la réaction est positive c'est-à-dire présence de la protéine C réactive à une concentration supérieure à 6 mg /l.

➤ **Intérêt clinique**

La CRP augmente très rapidement après le début du processus inflammatoire (2-4 heures) et diminue très rapidement lorsque l'inflammation est terminée (24-48 heures) [3].

Le tableau suivant représente les valeurs normales des paramètres utilisés dans notre travail

Tableau (05) : Les valeurs normales de l’FNS et la VS (**voir l’annexe**) [31].

<i>Analyses</i>	<i>Valeurs normales</i>
GB	4,00 – 10,00 (x 10 ³ /µL)
GR	3,50 – 5,50 (x 10 ⁶ /µL)
HCT	37,0 – 54,0 (%)
Hb	11,0 – 16,0 (g/dL)
VGM	80,0 – 100,0 (fL)
CCMH	32,0 – 36,0 (g/dL)
TCMH	27 – 32 (pg)
VS	h1 : ≤ 10 (mm) h2 : ≤ 24 (mm)

V- Analyse statistique

La saisie des données a été réalisée à l'aide du logiciel Excel 2007. Les tests statistiques ont été réalisés par le logiciel de Minitab.

Pour les comparaisons entre deux moyennes, nous avons utilisées le test de Student.

Pour tous les tests, nous avons choisis un seuil de significativité statistique $\alpha = 0.05$.

* significatif ($P < 0,05$) ** très significatif ($p < 0,01$) *** hautement significatif ($P < 0,001$).

RESULTATS

I- Variation du nombre des globules blancs chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Selon notre étude statistique, on remarque une différence significative ($p = 0,028$) au nombre des leucocytes des habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins, d'où le nombre de ses derniers est de $(6.45 \pm 1.35) \times 10^3/\mu\text{L}$, contre $(6.00 \pm 1.21) \times 10^3/\mu\text{L}$ pour les témoins (tableau 06) et (figure 11).

Tableau (06) : Variation entre les moyennes des globules blancs chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>Globules blancs</i> <i>(x 10³/μL)</i>	<i>6.00 ± 1.21</i>	<i>6.45 ± 1.35</i>	<i>0.028*</i>

* : Différence significative.

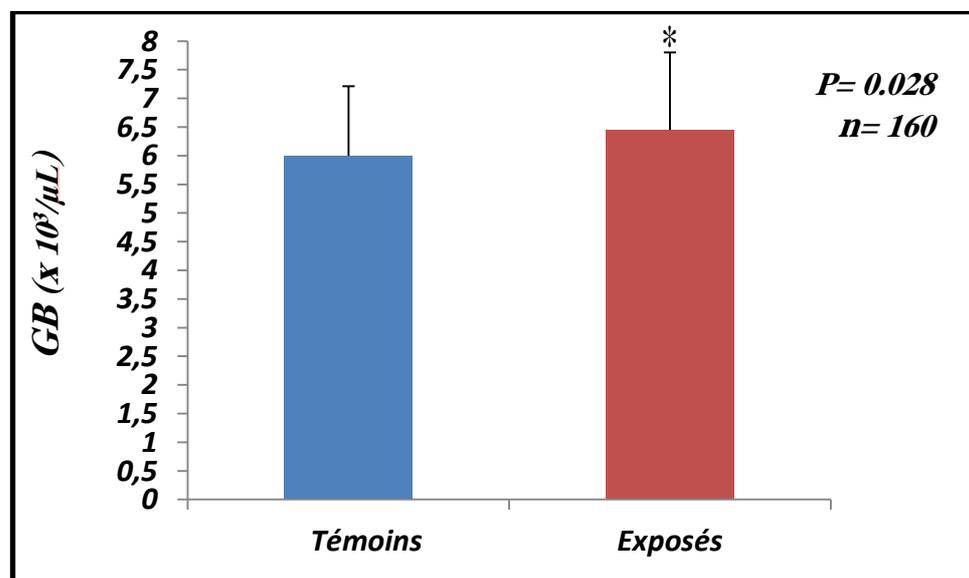


Figure (11) : Variation entre les moyennes des globules blancs chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

II- Variation du nombre des globules rouges chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Les résultats obtenus montrent aussi qu'il y a une différence significative ($p = 0,048$), entre le nombre des hématies des personnes exposés ($4.81 \pm 0,37$) $10^6/\mu\text{L}$ par rapport aux témoins ($4,68 \pm 0,48$) $10^6/\mu\text{L}$ (**tableau 07**) et (**figure 12**).

Tableau (07) : Variation entre les moyennes des globules rouges chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>Globules rouges</i> <i>(x 10⁶/μL)</i>	4.68 ± 0.48	4.81 ± 0.37	0.048*

* : Différence significative.

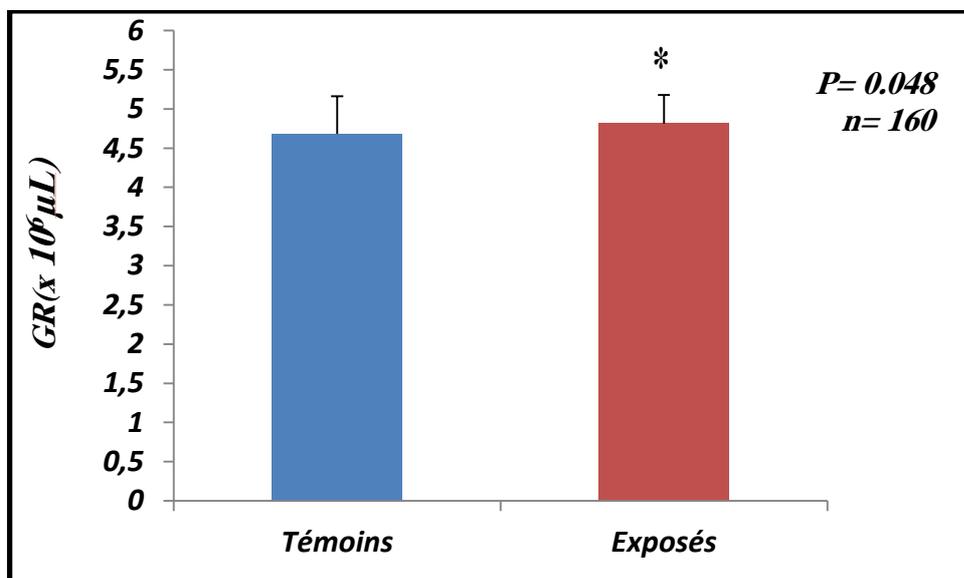


Figure (12) : Variation entre les moyennes des globules rouges chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

III- Variation de l'hématocrite chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Selon le (tableau 08) et la (figure 13), il y a une différence significative ($p = 0,011$) entre le pourcentage de l'hématocrite chez les habitants exposés à la cimenterie (44.01 ± 4.57 %), par rapport aux témoins (41.99 ± 5.31 %).

Tableau (08) : Variation entre les moyennes de l'hématocrite chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>HCT (%)</i>	41.99 ± 5.31	44.01 ± 4.57	0.011*

* : Différence significative.

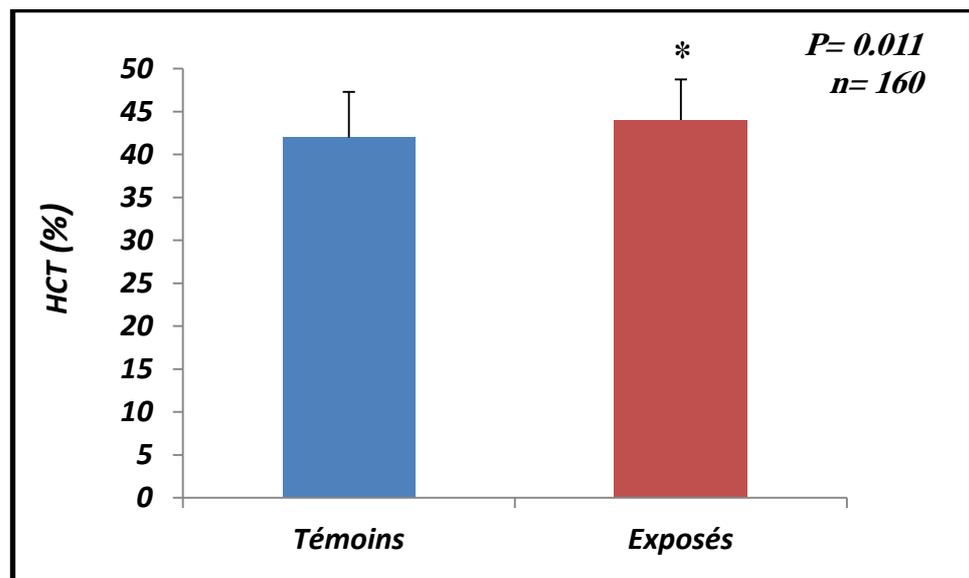


Figure (13) : Variation de l'hématocrite chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

IV- Variation de la valeur de l'hémoglobine chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

On observe qu'il y a une différence très significative ($p = 0,004$) de la valeur de l'hémoglobine des habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins ; d'où $(15,22 \pm 1,87)$ g/dl chez les exposés et $(14,30 \pm 2,07)$ g/dl chez les témoins (**tableau 09**) et (**figure 14**).

Tableau (09) : Variation entre les moyennes de l'hémoglobine chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>Hb (g/dL)</i>	<i>14.30 ± 2.07</i>	<i>15.22 ± 1.87</i>	<i>0.004**</i>

** : Différence très significative.

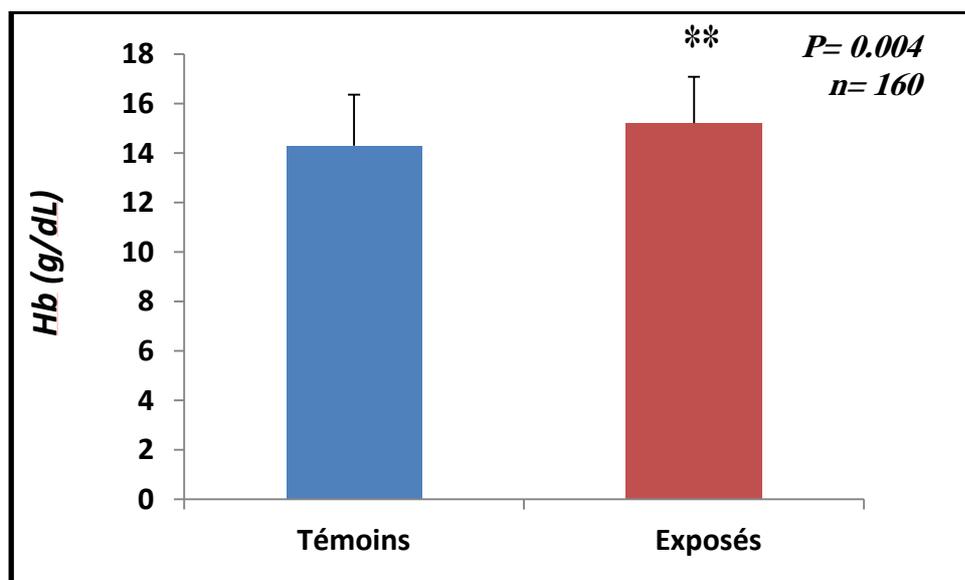


Figure (14) : Variation de la moyenne de l'hémoglobine chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

V- Variations de volume globulaire moyenne (VGM) et concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine (CCMH) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Notre étude statistique montre qu'il y a une différence non significative ($p = 0,329$) entre la valeur de (VGM) chez les exposés ($91,30 \pm 7,66$) fL, contre ($90,05 \pm 8,55$) fL chez les témoins (**tableau 10**) et (**figure 15**). Et pour les valeurs de (CCMH), selon les résultats on remarque une différence très significative ($p = 0,004$) de ses dernier entre les exposés et les témoins, d'où ($34,50 \pm 1,24$) g/dl chez les exposés et ($33,95 \pm 1,17$) g/dl chez les témoins (**tableau 11**) et (**figure 16**).

Tableau (10) : Variation entre les moyennes de (VGM) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>VGM (fL)</i>	90.05 ± 8.55	91.30 ± 7.66	0.329 (NS)

NS : Différence non significative.

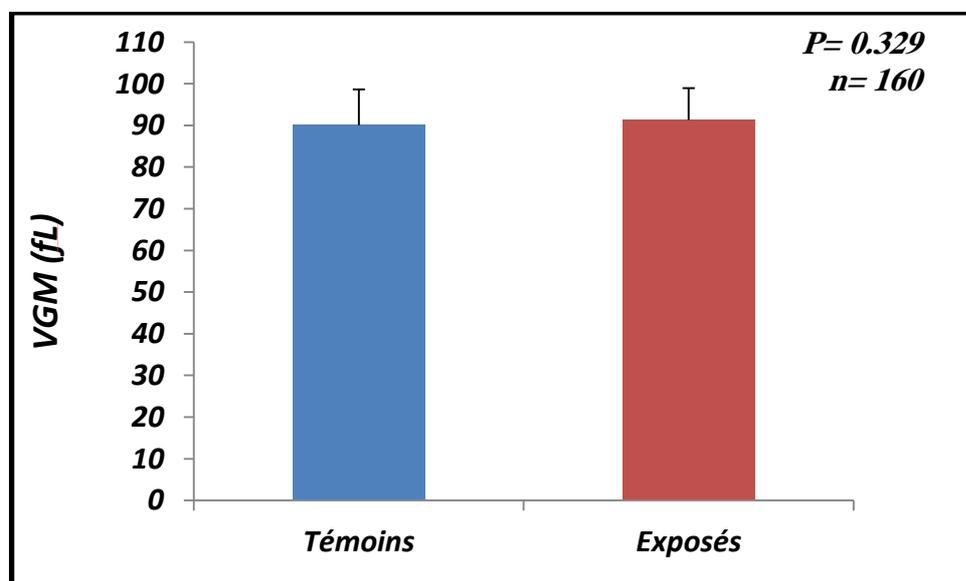


Figure (15) : Variation entre les moyennes (VGM) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

Tableau (11) : Variation entre les moyennes de (CCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>CCMH (g/dL)</i>	<i>33.95 ± 1.17</i>	<i>34.50 ± 1.24</i>	<i>0.005**</i>

** : Différence très significative.

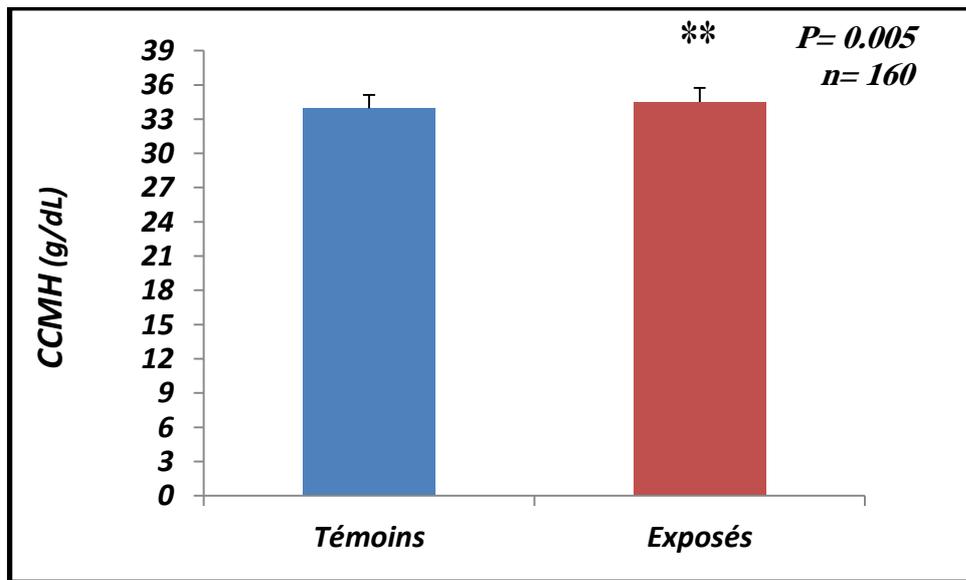


Figure (16) : Variation entre les moyennes de (CCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

VI- Variation de teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine (TCMH) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Selon notre étude et notre résultats, on remarque une différence non significative ($p = 0,069$) au (TCMH) des habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins, d'où le nombre de ses derniers est de $(31.64 \pm 3.18) \times 10^3/\mu\text{L}$, contre $(30.68 \pm 3.49) \times 10^3/\mu\text{L}$ pour les témoins (tableau 12) et (figure 17).

Tableau (12) : Variation entre les moyennes de (TCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
TCMH (pg)	30.68 ± 3.49	31.64 ± 3.18	0.069 (NS)

NS : Différence non significative.

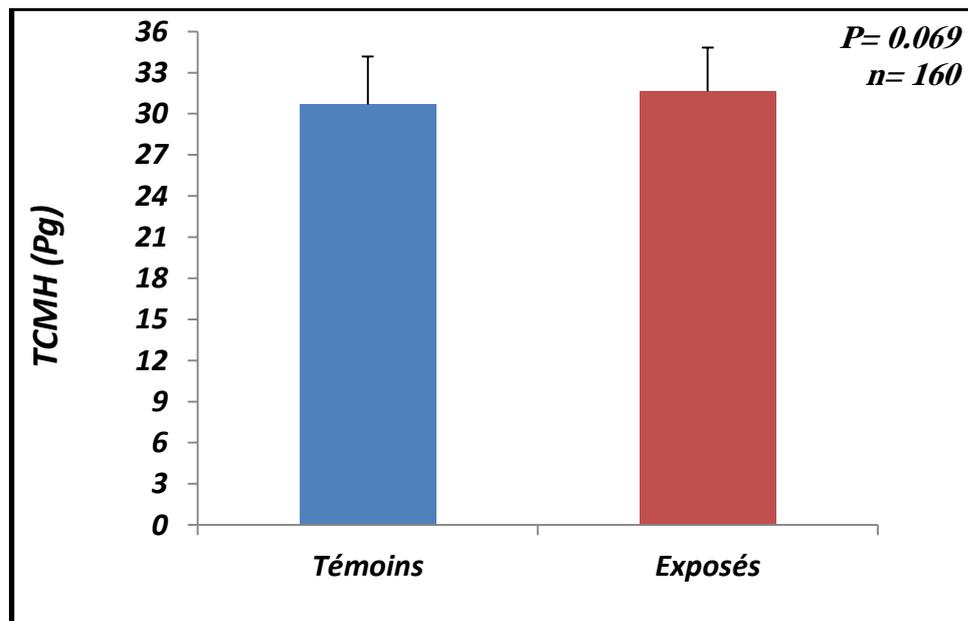


Figure (17) : Variation entre les moyennes de (TCMH) chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

VII- Variation de la vitesse de sédimentation globulaire (VS) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

On remarque qu'il y a une augmentation de la vitesse de sédimentation globulaire chez les habitants exposés à la cimenterie (20,33 ± 18,77) mm ; pour le 1^{er} heure de la sédimentation et (42,46 ± 34,27) mm pour le 2^{ème} heure, contre les témoins la (VS) pour le 1^{er} heure est (9.58 ± 5.66) mm, et (19,04 ± 10,52) mm et pour le 2^{ème} heure ; donc il y a une différences très hautement significative (p = 0,000) ; soit pour le 1^{re} ou le 2^{ème} heure de la sédimentation chez les exposés et les témoins (**tableau 13**) et (**figure 18**).

Tableau (13) : Variation entre les moyennes de la vitesse de sédimentation globulaire chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

<i>VS (mm)</i>	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>h 1</i>	<i>9.58 ± 5.66</i>	<i>20.33 ± 18.77</i>	<i>0.000***</i>
<i>h 2</i>	<i>19.04 ± 10.52</i>	<i>42.46 ± 34.27</i>	<i>0.000***</i>

*** : Différence très hautement significative.

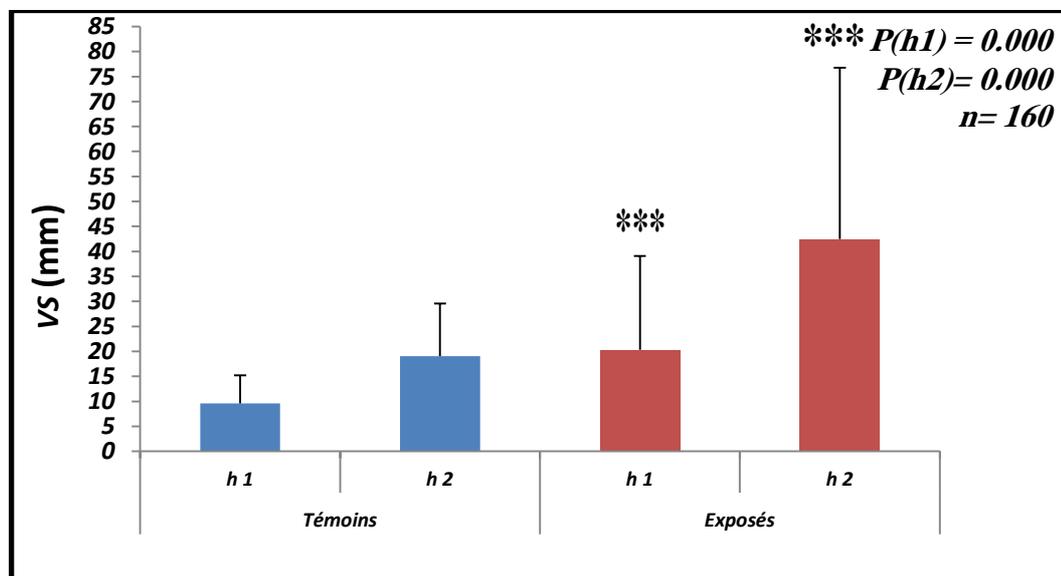


Figure (18) : Variation entre les moyennes de la vitesse de sédimentation globulaire chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

VIII- Etude qualitative de la protéine C réactive (CRp) chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins

Notre résultat indique que le pourcentage de la présence (+) de la protéine C réactive chez les exposés est 37% contre 15% chez les témoins, et pour l'absence (-) de ce protéine on a 63% chez les exposés et 75 % chez les témoins ; donc la différence entre le pourcentage de la présence et l'absence de la protéine C réactive chez les exposés et les témoins est remarquables (**tableau 14**) et (**figure 19**).

Tableau (14) : Variation entre les pourcentages de la présence (+) et l'absence (-) de CRp chez les habitants exposés par rapport aux témoins.

<i>CRp Témoins</i>		<i>CRp Exposés</i>	
+	-	+	-
15%	75%	37%	63%

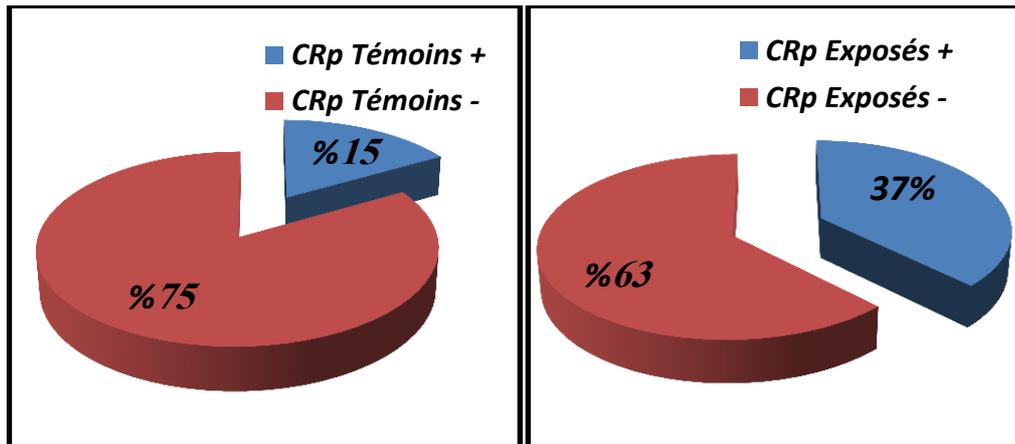


Figure (19) : Variation entre les pourcentages de la présence (+) et l'absence (-) de CRp chez les habitants exposé par rapport aux témoins.

Le tableau suivant représente le résumé des paramètres étudiés chez les habitants exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.

Tableau (15) : Résumé des resultants.

	<i>Témoins</i>	<i>Exposés</i>	<i>P</i>
<i>GB (x103/μL)</i>	<i>6.004 ± 1.206</i>	<i>6.453 ± 1.349</i>	<i>0.028*</i>
<i>GR (x106/μL)</i>	<i>4.675 ± 0.477</i>	<i>4.810 ± 0.372</i>	<i>0.048*</i>
<i>HCT (%)</i>	<i>41.986 ± 5.314</i>	<i>44.010 ± 4.567</i>	<i>0.011*</i>
<i>Hb (g/dL)</i>	<i>14.304 ± 2.072</i>	<i>15.218 ± 1.871</i>	<i>0.004**</i>
<i>VGM (fL)</i>	<i>90.046 ± 8.552</i>	<i>91.304 ± 7.663</i>	<i>0.329 (NS)</i>
<i>CCMH (g/dL)</i>	<i>33.951 ± 1.167</i>	<i>34.497 ± 1.235</i>	<i>0.005**</i>
<i>TCMH (pg)</i>	<i>30.678 ± 3.486</i>	<i>31.644 ± 3.183</i>	<i>0.069 (NS)</i>
<i>VS (h1) (mm)</i>	<i>9.575 ± 5.661</i>	<i>20.325 ± 18.773</i>	<i>0.000***</i>
<i>VS (h2) (mm)</i>	<i>19.038 ± 10.518</i>	<i>42.463 ± 34.272</i>	<i>0.000***</i>

Figure (20) : Résumé des résultats

DISCUSSION

Notre étude a permis de préciser les valeurs de 07 paramètres ; hématologiques (globules blancs, globules rouges, hémocrite, hémoglobine, volume globulaire moyen, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine et le teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine) et deux paramètres considérées comme des marqueurs précoces de l'inflammation (vitesse de sédimentation et la protéine-C-réactive) chez deux populations différentes ; une constituée de 80 individus exposés à la pollution cimentière (les habitants d'Elma-Labiod) et l'autre population constituée de 80 individus considéré comme témoins (les habitants de Tébessa).

Les études statistiques concernant les résultats obtenus nous permis de ressortir quelques observations.

La comparaison entre la moyenne des paramètres hématologiques chez les sujets exposés et les sujets témoins, montrent des différences significatives pour quelques paramètres :

La différence significative est observée pour la numération des globules blancs montre une élévation du nombre des GB chez les individus exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.

L'augmentation de nombre des GB est due à l'exposition aux rejets atmosphériques de la cimenterie pendant les différentes étapes de fabrication du ciment, ces rejets constitués essentiellement de poussières fines qui sont inhalées par voie respiratoire et pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire. Elles irritent le système respiratoire humains et peuvent contribuer au déclenchement des maladies respiratoires aiguës. Donc les GB sont intervenir pour éliminer les poussières. Le même résultat est observé chez les personnes exposées à des poussières fines rejetées par la cimenterie dans le travail de [51].

Le nombre total des globules blancs est normalement de 4.10^9 à $10.10^9/l$ mais peut augmenter considérablement au cours des infections ou des inflammations [36].

Notre étude montre aussi une différence significative pour le nombre des globules rouges, de l'hémocrite et une différence très significative pour l'hémoglobine et du CCMH chez les individus exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.

L'augmentation de nombre des GR, de l'hémocrite et du taux de l'hémoglobine et du CCMH. Résulte probablement de la stimulation de l'érythropoïèse par l'érythropoïétine. En effet les rejets cimentière contient une fraction non négligeable de monoxyde de carbone qui par inhalation, passe des alvéoles pulmonaires au sang. Il se fixe sur l'hémoglobine pour donner la carboxyhémoglobine (HbCO) impropre à la respiration. La place réservée à l'oxygène sur les

globules rouges se trouve donc réduite par le monoxyde de carbone, donc des signes de l'érythropoïèse pour la production des globules rouges et la synthèse des molécules d'hémoglobine pour faciliter l'adhésion des molécules d'O₂ ce qui facilite les phénomènes respiratoires [53].

La numération globulaire des hématies montre que le VGM et TCMH ne sont touchés pas par l'exposition à des rejets cimentière à cause de leur ressemblance avec la résultat des témoins (pas des différences significatives), donc la morphologie (la taille) des globules rouges sont normales [42] et le même résultat est observé chez les personnes exposées à la mine de fer dans le travaille de [31].

Les marqueurs précoces de l'inflammation montrent des résultats importants :

➤ Les VS en 1^{ère} et 2^{ème} heures sont élevés largement chez les sujets exposés à la cimenterie par rapport aux témoins.

L'augmentation de la VS est due à l'augmentation de la concentration de certaines protéines dans le sang (molécules de l'inflammation, immunoglobulines) accéléré la chute des globules rouges et donc augmente la VS [23]. Aussi l'augmentation de la VS est due à l'augmentation de la viscosité du sang (augmentation des éléments figurés). Qui résulte de la présence des polluants rejetent par la cimenterie dans l'air ambiant. Donc l'augmentation de la VS est l'un des signes importants de l'inflammation des voies respiratoires causés par ces polluants [31, 50].

➤ L'étude qualitatif de la protein-C-réactive, montre que le pourcentage de la présence (+) de CRp chez les sujets exposés à la cimenterie (37%) est plus augmenté par rapport aux témoins (15%). Cette résultat aussi confirmée par le travaille de [13], où il est trouvé qu'il ya une relation entre le nombre des particules et la presence de CRp.

L'accélération de la VS est un excellent témoin de l'existence d'un syndrome inflammatoire, ainsi que le taux de CRp confirme alors ou infirme l'existence d'une inflammation [16].

Conclusion

L'étude qui a été réalisée durant le mois de Février au mois d'Avril 2016 a montré que l'industrie cimentière est l'un des sources majeures de la pollution atmosphérique, due à ces rejets des gaz et des poussières qui influent directement et indirectement sur l'environnement ; atmosphère, sol, eau et la santé des êtres humains.

Pour évaluer l'impact de la pollution industriel "cimentière" sur les êtres humains nous avons réalisé une étude basée sur la comparaison entre la moyenne des 07 paramètres hématologiques chez les habitants d'Elm-Labiod et des témoins, montre que le nombre des globules blancs, sont augmentés chez les sujet exposés par rapport aux témoins.

La numération globulaire des hématies (GR, HCT, Hb, CCMH), montre que ces paramètres sont aussi touchés par l'exposition à des rejets cimentière par augmentation de leur taux chez les sujets exposés par rapport aux témoins.

Les résultats des analyses du sang des habitants d'Elm-Labiod et des témoins donnent des informations sur l'apparition des signes d'inflammation par l'augmentation de taux des globules blancs, la présence de la protéine-C-réactive et l'accélération de la vitesse de sédimentation.

En fin on peu conclu que la commune d'Elma-Labiod est une région infectée par les rejets de l'industrie cimenterie qui causent des effets nocifs de façon directe ou indirecte sur la santé des habitants.

Recommandations

Quelques recommandations peuvent être proposés Pour diminuer les risques de l'industrie cimentière :

✓ *A l'échelle de la cimenterie*

➤ Insister à l'utilisation des filtres à manche pour récupérer les poussières dégagées à la place d'électrofiltre qui est installé au niveau de cheminée.

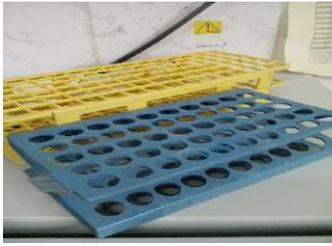
✓ *Au niveau de la plaine*

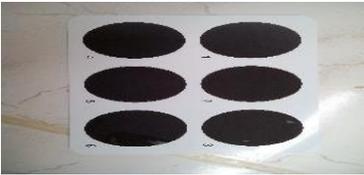
Les ressources de la plaine sont en risque continuer de se dégrader essentiellement les eaux souterraines et l'agriculture ainsi que l'état sanitaire des habitants de la région, en particulier les enfants, les personnes âgées et les gens malades. Pour éviter cela, il faut :

➤ Implanter des plantes arborescentes au tour de la cimenterie pour minimiser la distribution des poussières est très importants surtout les arbres d'olives.

➤ Assurer un suivi médical périodique au profit des habitants de la région.

Matériels utilisés

	<p>Appareil de l'FNS</p>
	<p>Etuve</p>
	<p>Centrifugeuse</p>
	<p>Tube Westergreen</p>
	<p>portoire</p>
	<p>Tube EDTA</p>

	<p><i>Tube citrate</i></p>
	<p><i>Tube sec</i></p>
	<p><i>Les plaques de latex</i></p>
	<p><i>Réactif de CRP</i></p>
	<p><i>Emboux</i></p>