

Conception et réalisation d'un laveur désinfecteur d'endoscope.

DJADI. A¹, BOUZID. M², GUECHTOULLI. S¹.

1. Département de Recherche et Développement, *Technologie de la Santé Algérie*. 02 Rue Titouaméne Cherchell, Cherchell, Algérie.
2. Unité de recherche: Matériels, Processus et Environnement, Université M'Hamed Bougara, Cite Frantz Fanon, Boumerdes, Algérie.

RESUME

En Algérie, les effluents hospitaliers sont collectés dans le réseau communal puis épurés dans des stations avant d'être rejetés dans le milieu naturel. Les stations d'épuration sont conçues pour assainir les eaux usées et limiter ainsi l'apport en excès de matière organique et de polluants minéraux dans le milieu naturel. De nombreux micropolluants sont toutefois peu assainis et se retrouvent dans les eaux de surfaces sans que leurs effets sur ces dernières ne soit véritablement connus (Bactéries résistantes, métabolites médicamenteux, hormones...). De même en amont des STEP, une quantité appréciable de micropolluant décante et sédimente le long du réseau d'assainissement puis submerge en temps d'orage. Par ailleurs, l'effluent hydrodynamique, permanent non uniforme, turbulent et évaporable remonte les canalisations après impact (effet entonnoir) et contamine les enceintes au revêtement poreux de l'hôpital. Ce phénomène génère une pollution directe et une pollution croisée chimique et biologique notée γ dans les enceintes hospitalières. Il se traduit par la pérennité des infections nosocomiales.

$$H = \sum_{k=1}^n E_k \quad (1)$$

$$E_k = \sum_{i=1}^m C_i + \sum_{j=1}^m B_j + \gamma_{ij} \quad (2)$$

$$H = \sum_{k=1}^n (\sum_{i=1}^m C_i + \sum_{j=1}^m B_j + \gamma_{ij}) \quad (3)$$

$$H = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m C_i + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m B_j + \sum_{k=1}^n (\gamma_{ij}) \quad (4)$$

L'approche ciblée consiste en un contrôle des effluents aux niveaux de chaque enceinte afin d'éviter le problème aléatoire de paramètre γ issu des mélanges. L'application de cette approche à l'enceinte endoscopique dans l'effluent s'avère riche en événement biologique et chimique donne des résultats satisfaisants. Si le contrôle de la pollution se base actuellement sur des prélèvements et analyses dans le milieu naturel, l'approche ciblée propose un contrôle de la pollution au niveau de l'enceinte E_k en instruisant des systèmes physiques et des procédés adaptés aux rejets spécifiques.

Mots clés: Rejets spéciaux, Système hydrogéologique complexe, Approche ciblée, Glutaraldéhyde.

I. Introduction

Les fluides contaminés émanant des hôpitaux est un problème multi factoriel [1-2]. Ils génèrent des pollutions chimiques et biologiques nocives [3-4-5- 6]. La diffusion des particules polluantes: croisée et directe [7] engendre des préjudices sociaux économiques notables dans les établissements de santé (contamination de la structure, matériel, personnel, infection nosocomiale...). Par ailleurs la gestion de ces rejets selon le procédé de l'approche globale [8] (système: Hôpital - Station d'épuration - Environnement) s'avère étroite. Les conséquences apparaissent d'ores et déjà pesantes pour l'environnement, les ressources en eau et la santé. Le danger est d'autant plus menaçant que notre source ponctuelle [9] se situe dans une zone hautement sensible: la Mitidja (Algérie).

Le Centre hospitalo-universitaire Frantz Fanon de Blida (C.H.U FF), construit en 1933, s'étale sur une superficie de 35 Hectares, d'une capacité globale de 1613 lits. L'ossature de l'hôpital repose sur une variété de disciplines importantes (Tableau N°1) [10]. Il produit des soins courants (Chirurgie...) et spécifiques (radiologie et chimiothérapie, biologie...). Il redonne par enchaînement des effluents nocifs et peu biodégradables en grande quantité [1-2].

Le mouvement des effluents à la vertical avec un effet entonnoir augmentant les énergies d'activations sous l'effet des impacts du fluide polluant, et le mouvement à l'horizontal dans le réseau d'assainissement de l'hôpital avantage la sédimentation des particules polluantes (effet engrenage) [11].

II. 1 Configuration hydrogéologique de la source

II. Matériels et méthodes

Notre attention est renforcée d'autant plus que la configuration hydrogéologique de la source est sensible. Le bassin de la Mitidja représente une unité hydrogéologique distincte [12]. Cette plaine s'étend sur une superficie de 1450 km² [13], la composition lithologique de l'aquifère (alluvions, très perméables sur la

majorité de la plaine alluviale), les structures en phases communicantes des eaux de surfaces et les nappes phréatiques [9]. L'aspect cuvette qui caractérise le sol et le sous sol sur lesquels est sise notre source de pollution [12], justifie notre étude.

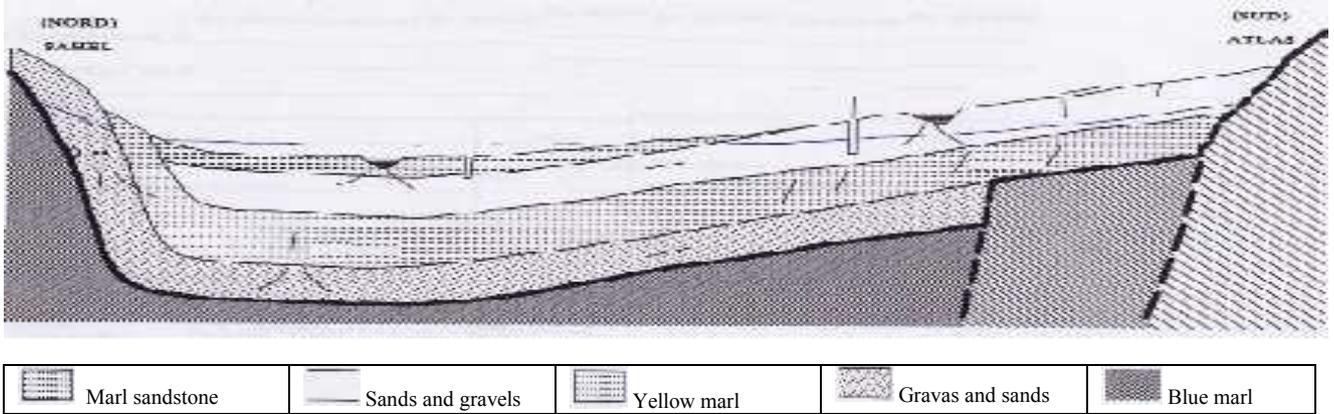


Fig. 1 Coupe du bassin versant du Mazafran [13].

La production de quantités importantes de solutions nuisibles (estimé à 100 litres par lit et par jour) par le C.H.U [10], peuvent contaminés les eaux de surfaces (Oued Sidi El Kebir, Oued Mazafran) et les eaux souterraines via l'infiltration et la nature inondable des sols [12]. Il est à craindre que les courants souterrains comme le montre la coupe du bassin versant du Mazafran (Figure N°1) contaminent à long terme une grande partie du sous-sol de la Mitidja [9]. Devant un tel scénario il

n'est pas autorisé le moindre rejet dangereux dans cette configuration. La relation "source - système" c'est-à-dire, rejets hospitaliers espace sociale et économique dans le quel évolue notre source ponctuelle, exige une prise en charge rigoureuse des effluents. Cette relation "source-système" impose une nouvelle approche dans la gestion de ces rejets.

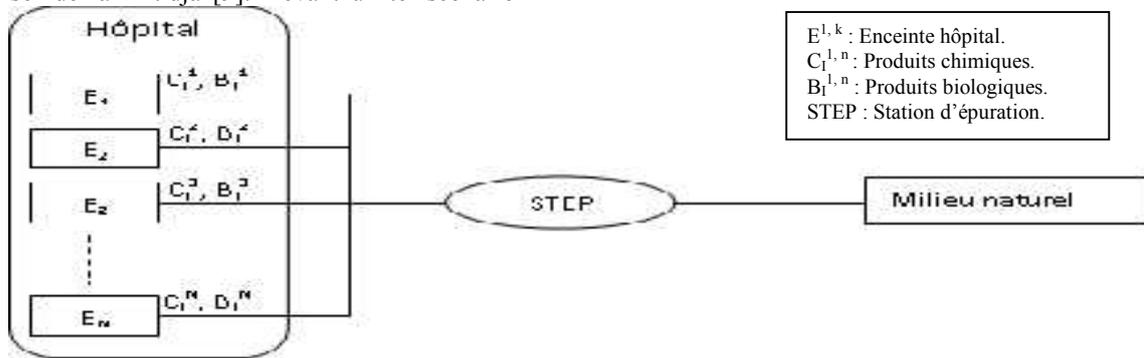


Schéma N°1: Esquisse hospital [11].

III. Résultats et discussions

III.1 Approche ciblée: concept

Dans notre démarche dite ciblée, on considère l'hôpital comme un ensemble d'enceintes, chaque enceinte représente un service ou un laboratoire spécialisé.

$$H = \sum_{k=1}^n E_k \quad (1)$$

$$E_k = \sum_{i=1}^m C_i + \sum_{j=1}^m B_j + \gamma_{ij} \quad (2)$$

$$H = \sum_{k=1}^n (\sum_{i=1}^m C_i + \sum_{j=1}^m B_j + \gamma_{ij}) \quad (3)$$

$$H = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m C_i + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m B_j + \sum_{k=1}^n (\gamma_{ij}) \quad (4)$$

$\sum_{k=1}^n E_k$: n désigne le nombre d'enceintes dans l'hôpital.

$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m C_i$: Produits chimiques comprenant les solvants, les médicaments et métabolites, dans la canalisation de l'hôpital dans leurs aspects intrinsèques.

$\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m B_j$: Produits biologiques constitués de substances physiologiques, de germes émanant de différents services de l'hôpital dans leurs aspects intrinsèques.

$\sum_{k=1}^n (\gamma_{ij})$: Produits dérivés des interactions entre produits chimiques et biologiques.

Dans l'approche globale, la production de soins se traduit par une matrice complexe (équation 4). Le terme

$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m C_i$ représente l'ensemble des produits chimiques utilisés (solvants, médicaments, détergent...), le terme $\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m B_j$ représente l'ensemble des produits biologiques manipulés (produits physiologiques, germes...). Les deux matrices se montrent fastidieuses dans leurs évolutions pratiques. Cette complexité est incontrôlable à l'égard de ce facteur $\sum_{k=1}^n (\gamma_{ij})$ qui représente les combinaisons aléatoires entre produits chimiques ($\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m C_i$) et produits biologiques ($\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m B_j$). γ_{ij} traduit de même, les réactions secondaires: métabolites médicamenteux- solvants, comme il peut traduire les interactions médicaments-germes (résistance aux antibiotiques) [10] où bactérie-bactérie (biofilm et transfert d'information génétique) [14]. Ces mécanismes induisent la pérennité des bactéries multi-résistantes dans l'hôpital [10]. Dans l'approche ciblée, la matrice directrice est représentée par l'équation (2), le problème revient à gérer les produits chimiques et biologiques utilisés et/ou développés dans l'enceinte Ek. La somme ($\sum_{i=1}^m C_i$) représente les produits chimiques manipulés dans l'enceinte Ek et la somme ($\sum_{j=1}^m B_j$) représente les produits biologiques de l'enceinte Ek. Le facteur γ_{ij} , est dans ce cas gérable. L'idéal reste l'obtention d'un γ_{ij} nul.

III.2 Application à l'enceinte endoscopique centre hospitalo-universitaire de Blida

Nous avons appliqué le concept de l'approche ciblée à l'enceinte endoscopique du centre hospitalo-universitaire de Blida. L'exploration fibroscopie oeso-gastro-duodénale et coloscopie est pratiquée par des endoscopes thermosensibles désinfectés à froid manuellement on utilisant le glutaraldéhyde comme désinfectant

III.2.1 Caractérisation de la Pollution chimique

Dans le cas de l'enceinte endoscopique la pollution chimique repose sur les propriétés du glutaraldéhyde (GA) utilisé pour la désinfection des endoscopes en Algérie.



Le GA est un aldéhyde dont les fonctions CHO se lient aux groupements aminés des lysines de l'enzyme [1].

Tableau N°3: Propriétés physico-chimiques du GA [1-15].

Caractéristique	Valeur
Formule	C ₅ H ₈ O ₂ (CHO-(CH ₂) ₃ -CHO)
n° CAS	111-30-8
Masse molaire	100,12 g/mol
Densité	0,72 kg/m ³
Point de fusion	- 14°C
Point d'ébullition	188°C à 1 002 hPa
Tension de vapeur	22 à 23 hPa à 20°C
Solubilité dans l'eau	100g/100g H ₂ O à 25 °C
Solubilité	soluble dans l'eau, l'alcool et le benzène
Constante de Henry	1,1 .10 ⁻⁷ atm/m ³ mol
Limite de détection olfactive	0,04 ppm

Le GA s'avère être globalement toxique ou très toxique pour les organismes aquatiques. Seul l'amphipode *Hyalella azteca* se révèle peu sensible au GA [1-15].

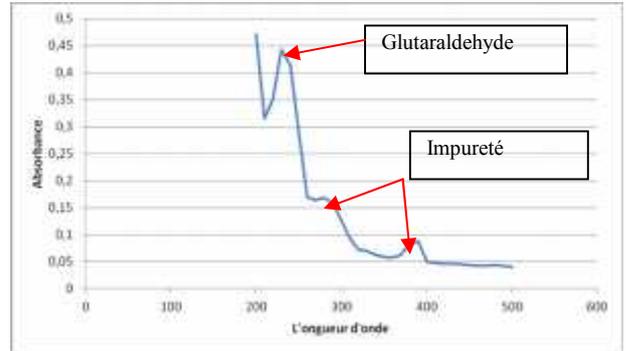


Fig. 2 Spectre UV-Visible du glutaraldéhyde.

III.2.2 Caractérisation de la pollution biologique

Dans cette enceinte où le risque pathogène est élevé en permanence, nous avons étudiés la nature de la pollution biologique dans la solution désinfectante, siège où les enjeux chimiques, biologiques et biochimiques se déploient.

Caractérisation de la pollution biologique avant installation du laveur désinfecteur d'endoscope de Technologie de la Santé Algérie

Les prélèvements périodiques d'échantillons de la solution désinfectante au sein de l'enceinte endoscopique au cours des exercices d'explorations endoscopiques avant l'installation du laveur désinfecteur d'endoscope sont présentés dans le tableau N°4.

Tableau N°4: Moyenne des analyses microbiologiques de la solution de désinfection avant installation du Laveur désinfecteur d'endoscope.

Germes	Prélèvements			Norme AFNOR
	10 J	20 J	30 J	
Coliformes totaux (UFC/ml)	> 100	> 100	> 100	25-100
<i>E. coli</i> (UFC/ml)	Présence	Présence	Présence	absence
FMAT (UFC/ml)	> 100	> 100	> 100	25-100
<i>S.aureus</i> (UFC/ml)	Présence	Présence	Présence	Absence
<i>Salmonelle</i> (UFC/ml)	Présence	Présence	Présence	Absence
<i>P.auruginosa</i> (UFC/ml)	Présence	Présence	Présence	Absence
Levures (UFC/ml)	> 100	> 100	> 100	25-100
Moisissures (UFC/ml)	> 100	> 100	> 100	25-100
Germes totaux (UFC/ml)	> 100	> 100	> 100	25-100

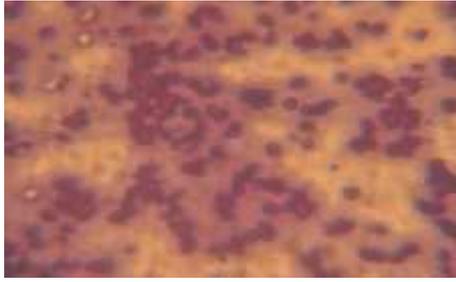


Fig. 3 Observation microscopique au G×40 *Salmonelle*.

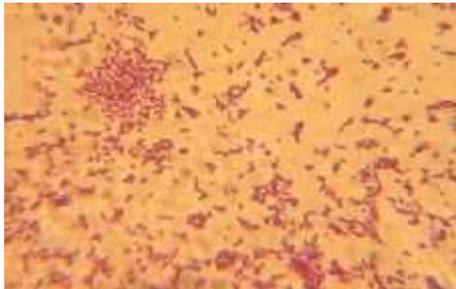


Fig. 4 Observation microscopique au G×40 *e. Coli*.



Fig. 5 Observation microscopique au G×40 *Coliforme*.



Fig. 6 Observation microscopique au G×40 *S. aureus*.



Fig. 7 Observation microscopique au G×40 *P. aeruginosa*.



Fig. 8 Observation microscopique au G×40 *Moisissures*

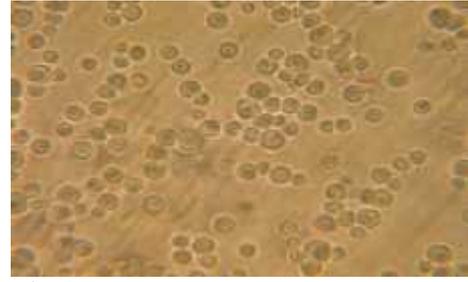


Fig. 9 Observation microscopique au G×40 levure.

$$\sum_{j=1}^n B_j = \text{Coliformes totaux} + E. coli + \text{FMAT} + S.aureus + \text{Salmonelle} + P.aeruginosa + \text{Levures} + \text{Moisissures} + \text{Germe totaux}.$$

Dans le cas de l'enceinte endoscopique les résultats des prélèvements et analyses révèlent l'équation:

$$E_k = GA + \text{Coliformes totaux} + E. coli + \text{FMAT} + S.aureus + \text{Salmonelle} + P.aeruginosa + \text{Levures} + \text{Moisissures} + \text{Germe totaux} + \gamma_{ij}$$

Ces résultats montrent l'existence de deux groupes de germes : germes permanents (*Coliformes totaux*, FMAT, Levures, Moisissures, Germes totaux) conséquence de la nature des matériaux de constructions et les germes pathogènes (*E. coli*, *S.aureus*, *Salmonelle*, *P.aeruginosa*) résultats d'une fréquence élevée des consultations [11].

La technologie complexe des endoscopes (canalisation capillaire et optique jumelé) [16] d'un côté et le phénomène de capsulation des germes [17] laissent la solution désinfectante hautement contaminée et contaminante. L'élimination du facteur γ_{ij} dans le concept de l'approche ciblée ne peut être atteinte que si la désinfection se déroule en circuit fermé [18]. Cette condition permet d'éviter les vapeurs du GA et la contamination biologique via les phénomènes de capsulation microbienne [19].

La technologie du laveur désinfecteur d'endoscope répondant à cet impératif fera l'objet d'une autre publication.

Caractérisation de la pollution biologique après installation du laveur désinfecteur d'endoscope de Technologie de la Santé Algérie

Tableau N°5: Moyenne des analyses microbiologiques de la solution de désinfection après installation du laveur désinfecteur d'endoscope.

Germes	Prélèvements			Norme AFNOR
	10J	20 J	30 J	
<i>Coliformes totaux</i>	<30	<30	<30	25-100
<i>E. coli</i>	absenc e	absenc e	absence	absence
FMAT	<30	<30	<30	25-100
<i>S.aureus</i>	absenc e	absenc e	absence	absence
<i>Salmonelle</i>	absenc e	absenc e	absence	absence
<i>P.aeruginosa</i>	absence	absence	absence	absence
Levures	4.10^3	32.10^2	15.10^2	25-100
Moisissures	<30	<30	<30	25-100

Germes totaux	<30	<30	<30	25-100
---------------	-----	-----	-----	--------



Fig. 10 Observation microscopique au G×40 Moisissures.

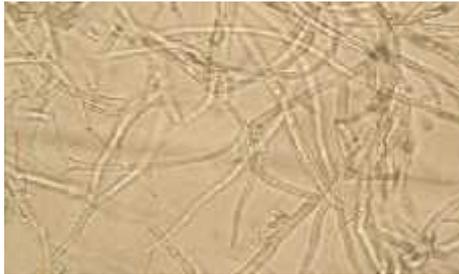


Fig. 11 Observation microscopique au G×40 Levures.

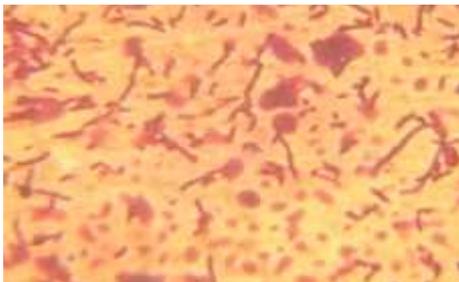


Fig. 12 Observation microscopique au G×40 FMAT.

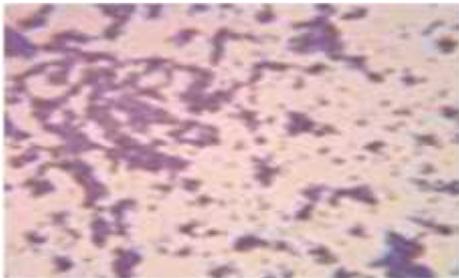


Fig. 13 Observation microscopique au G×40 Coliforme totaux.

$$\sum_{j=1}^n B_j = \text{Coliformes totaux} + \text{FMAT} + \text{Levures} + \text{Moisissures} + \text{Germes totaux}$$

Après installation du système antipollution chimique et biologique adapté à l'enceinte endoscopique du C.H.U F.F [18], Nous avons effectués des analyses périodiques de la solution désinfectante prise dans le système hermétique [18]. Les résultats présentés dans le tableau N° 5 et la figure N°3 montrent que l'équation (2) se traduit par :

$$E_k = \text{Coliformes totaux} + \text{FMAT} + \text{Levures} + \text{Moisissures} + \text{Germes totaux}$$

III.3 Discussion

L'analyse microbiologique montre une contamination notable par les levures, moisissures, flore aérobie

mésophile total, coliformes totaux et germes totaux. Ceci est vraie semblablement du à une contamination permanente des murs, sols et plafonds. Les études du génie biologiques montrent que les matériaux poreux et cassants sont autant de foyers infectieux intenable pour la désinfection de ce type de germes [11]. La pollution biologique pathogène redoutée (*E. coli*, *S. aureus*, *salmonelle* et *P. auruginosa*) demeure le principale souci. Sa mise en évidence dans la solution désinfectante est conséquence du phénomène de capsulation des germes. Ceci se traduit souvent par une contamination croisée endoscope-patient. Les résultats des prélèvements des échantillons de la solution désinfectante après installation du laveur désinfecteur d'endoscope révèlent l'absence de groupe de germes pathogènes dans le système hermétique [18]. L'absence de la pathogénicité s'explique par la présence de filtres adaptés (filtre anti-glaire, filtre anti-capsule) [18]. La pollution chimique est due au glutaraldéhyde produit hautement toxique et volatile, le seuil de perception olfactive se situe à 0,04 ppm [15]. Sa détection dans l'air est mesurable par absorption sur gel de silice imprégné d'un réactif. Le dérivé obtenu est dosé par chromatographie liquide à haute performance (HPLC), avec une limite de détection de 0,005 ppm. Le glutaraldéhyde est utilisé comme désinfectant à froid en grande quantité notamment dans l'enceinte endoscopique. Il est à noter que la détermination dans l'air dans l'enceinte endoscopique reste un paramètre repérable vue les ouvertures fréquentes des issue au cours des séances d'explorations endoscopiques.

4. Conclusion

Les effluents hospitaliers représentent une charge en matière nocive chimiquement hautement réactive et biologiquement pathogène. La nature ponctuelle de la source (C.H.U F.F) sur un terrain hydro-géologiquement sensible (Mitidja) représente une situation à haut risque. La gestion des effluents dans le concept de l'approche ciblée évite les mélanges de la matière réactive et permet la maitrise des germes pathogènes. L'approche ciblée nécessite l'adaptation des technologies relative à chaque enceinte. Dans le cadre de notre étude, le système du laveur désinfecteur d'endoscope bi-blocs permet la maitrise du glutaraldéhyde comme produit toxique et évaporable et aussi la neutralisation des germes pathogènes par le piégeage des capsules bactériennes en circuit fermé. Il est à noter que cette approche évite les rejets polluants dans le réseau d'assainissement de l'hôpital.

Références

- [1] E. Emmanuel, "Evaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers", Thèse, 2003, École Doctorale de Chimie de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- [2] C. Boillot, C. Bazin, F. Tissot-Guerraz, J. Droguet, M. Perraud, J. Cêtre, D. Trepo, Y. Prrodin, "Evaluation des risques écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers, application à un hôpital d'une grande ville française", Techniques Hospitalières, TH 714, Mars-Avril 2009, pp 42-46.

- [3] J. Haguenoer, A. Rouban, M. Aourousseau, C. Bohuon, F. Bourillet, P. Bourrinet, A. Carpentier, M. Delage, D. Dûchene, B. Festy, M. Galliot-Guilley, J. Guignard, J. Jamet, C. Jouanin, Y. Lévi, J. Parier, G. Raynaud, J. Ribet, C. Santini, G. Velo, "Médicament et environnement. Rapport : Académie nationale de pharmacie", Septembre 2008, France.
- [4] J. Garric, B. Ferrari, "Les substances pharmaceutiques dans les milieux aquatiques. Niveaux d'exposition et effet biologique : que savons-nous", *Revue des Sciences de l'eau/ Journal of Water Science*, Vol. 18, N° 3, 2005, pp 307-330.
- [5] E. Milgrom, E. Baulieu, "Hormones, santé publique et environnement", *Rapport sur la science et la technologie* N° 28, Académie des sciences, 2008, France.
- [6] C. Catastini, "Recherche de molécules anticancéreuses dans des effluents hospitaliers", *Etude pilote, Techniques Hospitalières*, TH 714, Mars-Avril 2009, pp 56-60.
- [7] B. Chareyron, "Les effluents radioactifs directs et diffus générés par les activités de médecine nucléaire et de curiethérapie", *Techniques Hospitalières*, TH 714, Mars-Avril 2009, pp 61-66.
- [8] C. Sigwalt, "Traitement des effluents liquides", *Techniques Hospitalières*, TH 715, Mai -Juin 2009, pp53-56.
- [9] A. N. Rousseau, A. Mailhot, S. Gariepy, E. Salvano, J.-P. Villeneuve, "Calcul de probabilités de dépassement d'objectifs environnementaux de rejets de sources ponctuelle et diffuse à l'aide du système de modélisation intégrée GIBSI", *Revue des Sciences de l'Eau, Rev. Sci. Eau* n°15 spécial, 2002, pp 121-148.
- [10] K. Rahal, R. Belouni, H.Tali-Maamar, M.Boudouane, M.F.K. Missoum, A. Benslimani, A. Aboun, "Surveillance de la résistance des bactéries aux antibiotiques", 10^{ème} Rapport d'évaluation, *Projet de l'Organisation Mondiale de la Santé, République Algérienne Démocratique et Populaire*. 2009, Algérie.
- [11] M. Bouzid, A. Djadi, S. Guechtoulli, F. Zibouche, F. Halouane, "Approche globale et approche ciblée dans la gestion des effluents hospitaliers", N° II-2-131, *Office des publications universitaires*, ISBN: 978-9931-0-2, Dépot legal 1841-2012, pp 151-156.
- [12] R. Rivoirard, "Données sur l'hydrologie Algérienne, Aperçu sur l'hydrogéologie de la Mitidja", *La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie*, Tome II, 1952, Alger.
- [13] M. Benziada, "Hydrogéologie de la plaine de la Mitidja (Algérie)", *CDER*, Avril 2003, *Bulletin des Sciences Géographiques* N° 11.
- [14] D. Haras, "Bio films et altérations des matériaux : de l'analyse du phénomène aux stratégies de prévention", *Matériaux & Techniques* 93, 2005, pp 27-41.
- [15] N. Bonnard, M.-T Brondeau, D. fargot, S. Malard, O. Schneider, R Serre, "Fiche toxicologique glutaraldéhyde", FT 171, *INRS*, 2010, France.
- [16] J.-M. Canard, "Le plateau technique de l'endoscopie digestive", *Acta Endoscopica*, Volume 32 - Supplément 2 - N° 3, 2002, pp 579-581.
- [17] A. Filloux, I. Vallet, "Biofilm : Mise en place et organisation d'une communauté bactérienne", *Médecine/ Science, M/S* N°1, Vol 19, 2003, pp 77-83.
- [18] DJADIA, M. BOUZID, S. GUECHTOULLI, "Conception et réalisation d'un laveur désinfecteur d'endoscope", N°. II-1-466, *Office des publications universitaires*, ISBN: 978-9931-0-2, Dépot legal 1841-2012, pp 195.
- [19] E. Lahaye, "Rôle structurant des exopolysaccharides dans un biofilm bactérien", *Thèse*, 2006, *Doctorat de l'université de Bretagne sud*.