



MONITORING DES POLLUANTS DANS LES EAUX RESIDUELLES RESULTANT DU PROCESSUS DE TEINTURE DES FIBRES SYNTHETIQUES♦

**Cristiana Rădulescu*, Elena Irina Moater, Ana-Maria Hossu,
Ionica Ioniță**

Université “Valahia” Târgoviste, Faculté des Sciences, Département de
Chimie, Rue Unirii, no. 18-22, Târgoviște, Roumanie

*E-mail : radulescucristiana@yahoo.com

Abstract: In present days, an important problem is the presence of different pollutants in wastewaters resulted from textile fabrication, especially from the dyeing process. In Romania the textile industry does not solve yet the problem of pollutants in accordance with the norms of European Union. From this reason many research labs from chemical and environmental areas tried many modern methods for monitoring and degradation of pollutants resulted from textile fabrication. So, in this paper were used some physical–chemical analyses (pH, UV–VIS, RMN, HPLC, AAS, etc.) and microbiological tests for identification, control and, finally, degradation (if it is possible) of organic and inorganic pollutants resulted from dyeing synthetic fibers with blue cationic dyes obtained by original synthesis.

Keywords: *pollutants, wastewater, spectral analysis, cationic dye, synthetic fiber*

♦ Paper presented at **COFrRoCA 2006: Quatrième Colloque Franco-Roumain de Chimie Appliquée**, 28 June – 2 July, Clermont-Ferrand, France

INTRODUCTION

L'industrie textile représente l'un parmi plus grand et complique chaînes technologiques de l'industrie manufacturière. C'est un secteur fragmente et hétérogène dominé des fabriques petites et moyennes, qui présente une demande distribuée principalement vers trois domaines relevantes : vêtement, tissus pour l'usage ménager et tissus pour l'usage industrielle. En 2004 l'industrie européenne textile et de vêtement représente 3,4% du total d'industrie manufacturière d'Union Européenne, 3,8% de la valeur totalisée et 6,9% de l'occupation de force de travail par l'industrie [1].

La principale préoccupation, en ce qui concerne l'environnement, d'industrie textile est liée de quantité d'eau éliminée et de charge chimique de cette eau. Autres problèmes importants sont liées de consommation d'énergie, l'émission polluante dans l'atmosphère, les déchets solides et les substances odorantes qui sont très dangereuses dans un processus de traitement [2–4].

En présent un problème importante pour l'environnement est la présence des différents polluants dans les eaux résiduées résultées par les fabriques textiles, en spécial de le processus de teinture. En Roumanie les fabriques textile n'ont pas résolvés les problèmes des polluants en concordance avec les normes d'Union Européenne parce que, en notre pays, n'existe pas encore une législation environnementale très compétitive. Mais, la problème des polluants des eaux résiduelles est très important [4].

Ainsi, par ce motif plusieurs laboratoires de recherche des domaines chimique et environnemental essayent des plusieurs méthodes modernes et très performantes pour le monitoring et pour la dégradation des polluants résultés par fabriques textiles.

C'est très connu le fait que, dans les dernières années, les fibres polyacrylonitriliques, sont utilisées avec succès dans l'industrie textile, parce qu'elles imitent le toucher de laine. Le seul problème qui l'existe, était la synthèse des colorants non-toxiques (conforme ETAD – Association Ecologique et Toxicologique d'Industrie de Colorants) qu'ils présentent une affinité très forte pour le substrat synthétique, doublée par une rapide capacité de désorption depuis les centres actifs primaires. Mais, cet aspect a été résolu, parce qu'il a existé une préoccupation directe dans ce sens et plusieurs colorants ont été synthétisés [6-11].

À niveau européenne existe le Centre de Recherche Réunit qui par son Institut pour l'Etude Technologique par Sevilla a comme préoccupation principale la monitoring continue d'environnement en ce qui concerne l'industrie textile, et en mode spécial, la quantité d'eau résiduelle et les polluants chimiques présents dans cette eau [1].

En général, les eaux résiduelles résultées par le processus de teinture des fibres synthétiques contiennent une série des substances polluantes [2, 3]:

- *composants organiques*, dans suspension où dans solution, comme : *colorants, pigments, surfactants (agents de dispersion, de humectant, d'émulsifiant, détergents* qui sont toxiques pour le système aquatique ; est connu le fait que octylphénole et nonylphénole sont sur la liste « Substances Prioritaires avec Risques » conforme la Directive 2000/60/E.C.), les agents de collage (amidon polyacrylates, dérivés d'amidon, etc.), les agents d'usinage (les huiles minérales et les huiles estérifiées) les solvants organiques, les acides carboxyliques, urée, substances « carrier » (trichlorebenzène et *o*-phénole).

- *polluants inorganiques* comme : *sels inorganiques, agents de complexion, chlore et composants* qui libèrent chlore, comme NaClO (l'agent de blanchir), qui sont capable qu'ils réagissent avec les composants organiques en formant les halogènes organiques absorbables (AOX), autres substances écotoxiques, comme K₂Cr₂O₇.

- *déchets solides* de type : charpies, sable, argile, poudre, matériels organiques et minérales etc.

La statistique effectuée à niveau européen a démontrée que 40% par les polluants existées dans les eaux résiduelles s'attribuent des substances qui préexistent dans les matériaux premières. Autres pourcents, approximatives 50%, par les polluants sont dues des sels, surfactants, acides organiques et colorants. 10% par les colorants éliminent par lavage des fibres synthétiques sont responsables de couleurs d'eau résiduelle et pour autres problèmes d'environnement (le case quand ces colorants ne sont pas stable structurale et ils se peut décomposent en résultant des composants organiques toxiques comme amines aliphatiques qui sont très cancérigènes) [1,6].

En présent, par l'effectuation des analyses physique-chimiques des eaux résiduelles se peut identifiant et quantifiant les polluants par eau, mais ne se peut pas fait une évaluation complète d'impact sur le faune et flore. Dans cette situation s'applique des biotests ecotoxicologiques effectuées par organismes aquatiques qui permet l'estimation de toxicités aigue, sous aigue et chronique des polluants [6].

Dans cette travail sont utilisées analyses physique-chimiques (UV-VIS, IR, AAS, TLC, HPLC, etc.) et tests microbiologiques pour l'identification, control et, final, dégradation (si est possible) des polluants organique et inorganique résultats de la teinture fibres synthétique avec colorants cationiques bleus obtenus par synthèses originales. Les tests de teinture sur les fibres synthétique, type polyacryliques où texture fibres polyacrylonitriliques et coton, sont effectués à niveau de laboratoire avec les colorants cationiques originaux, inconnus en littérature de spécialité. Aussi, est analysé l'impact sur l'environnement des ces colorants qui sont responsables de couleur des eaux résiduelles.

MATERIAUX ET METHODES D'ANALYSE

Réactifs et matériaux

Sont utilisées *colorants cationique bleus* [11] obtenus pour la première fois par une synthèse originale, qui est présentée schématique en figure 1. Ces colorants ont été obtenus par l'utilisation comme matériel première le système hétérocyclique compact condensée 2-aminothiazolo[4,5-f]indazole, avec structure **1**. Les couleurs des ces colorant varient entre bleu clair – bleu foncer **5**, respectif **6**, en fonction de composant de couplage, qui est soit une amine aromatique N-substitue, soit une amine aromatique N,N-substitue. S'ont préparées des solution aqueuses 1% et 2% par chacun colorant cationique. S'a préparée solution 1% acide acétique glaciale. Solution 10% Na₂SO₄ calcinée. Surfactant anionique type pentadecylsulfate de sodium (C₁₅H₃₁OSO₃Na) qui a une capacité maximale de lavage (relative 120) quand la groupe sulfoesterique est liée d'un carbone primaire. Le surfactant C₁₅H₃₁OSO₃Na est type solution avec 20-40% substance active [13].

Surfactant anionique type alkylsulfonates (exemple dodecilbenzenesulfonat de sodium) avec la chaîne linéaire qui sont très résistants à hydrolyse. L'agent d'uniformisation de couleur type sels cuaternaire d'ammonium avec les chaînes latérales à l'alkyle C₁₂-C₁₄. Les supports textiles utilisent dans le procès de teinture sont : fibres polyacrylonitriliques [12] et texture fibres polyacrylonitrilique et coton.

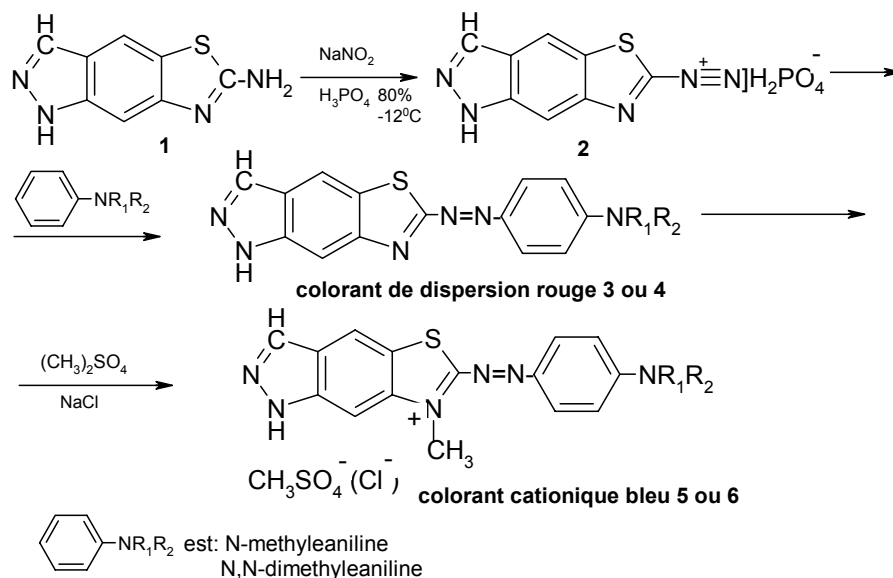


Figure 1. La préparation des colorants cationiques bleus dérivates de système hétérocyclique 2-aminothiazolo[4,5-f]indazole. R₁ : H, -CH₃ et R₂ : -CH₃

Méthodes

Devant d'être utilisées dans le procès de teinture des fibres synthétiques pour les colorants cationiques ont été effectuées les principales tests toxicologiques pour a démontrée le fait que ces colorants ne sont pas toxiques (conforme ETAD).

Toxicité aigue

Les tests toxicologiques s'effectuent par souris blancs, la rase *Swiss*, en poids de 20±2 g et par rats blancs, la rase *Wistar*, en poids de 140±20 g, repartissent par 20 animaux (10 mâle et 10 femelle) par lot et dose maxime administre p.o. (orale) et i.p. (intraperitoneal).

Les solutions des colorants cationiques avec les structures présentées en figure 1 ont été administrées par injection, sous forme de solutions aqueuse, en dose unique, conforme les dates présentées en Tableau 1.

Les animaux ont été soumis sous les observations 14 jours consignant les modifications en leur comportement et aussi notant la mortalité. Aussi, a été déterminée la dose létale DL₅₀ par la méthode graphique.

A fin de période d'observation ont été effectuées les déterminations biochimiques et les examens anatomopathologiques sur les rats pour l'évidence des lésions des principaux organes internes.

Tableau 1. Les dates des tests toxicologiques pour les solutions des colorants cationiques

| Animal | Dose [mL/100 g p.o.] | Concentration des colorants |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Rats blancs la rase <i>Wistar</i> | 2 | 0,01 |
| | 1 | 0,01 |
| | 2 | 0,1 |
| | 1 | 0,1 |
| | 2 | 1,0 |
| | 1 | 1,0 |
| Souris blancs la rase <i>Swiss</i> | 1 | 0,01 |
| | 1 | 0,01 |
| | 2 | 0,1 |
| | 1 | 0,1 |
| | 2 | 1,0 |
| | 1 | 1,0 |

Toxicité sous aigue

La détermination de la *toxicité sous aigue* a été fait sur les souris blancs et en temps de 3 semaines ont été administrées quotidien orale les solutions préparées, mais le témoin a reçu solution de NaCl 0,9%, aussi orale. D'après 21 jours les animaux ont été sacrifié et en sang récolté eurent été déterminées les suivantes constantes biochimique : la glycémie, cholestérolémie, l'urée sérique, créatinine et les transaminases sériques

Activité microbiologique

L'activité microbiologique [14-16] a été analysée par tiges de *Penicillium* (un mois supérieur très répandu en extérieur et très résisté à l'action aux facteurs de medium) et s'est observée mais les colorants cationiques présentent activité antimicrobienne et antifongique face l'espèce de *Penicillium* testée.

Le moisie a été isolé et préparé en culture pure et puis se préparé une suspension de spores en l'eau stérile avec $4 \cdot 10^6$ spores/mL, avec l'aide de la chambre de compté Thorna. D'après la effectuation des dilutions en système décimal, ont fait ensemencements avec le même inocule en les boîtes Petri avec medium Czapek, fluidifié et refroidi à 45 °C, en variante de probe témoin sans supplément de système hétérocyclique, utilisé en rapport avec le medium de culture, en dose de 0,01 et 0,02%. D'après une thermostatisation optimale pour la développement du moisie, à 25 °C 5 jours, ont été comptée les colonies développées et a été apprécié l'effet antifongique des colorants cationiques.

D'après ces tests qui confirment nos suppositions on effectue l'opération de teinture des fibres. Les paramètres utilisés dans le processus de teinture sont centralisés dans le tableau 2.

En réacteur de teinture s'introduit la solution de colorant cationique, l'acide acétique 1%, et la solution Na₂SO₄ 10% ; s'ajoute eau chaude, 60°C, jusqu'à complété de flotte, puis s'introduisent les fibres textiles qui sont préparées ainsi : par lavage avec surfactant anionique à 60°C, temps de ½ heure, puis sont rincées avec eau chaude et puis eau froide, en final se presse et se sèche à 60°C. La température de bain de teinture se soulevée dans 30 minutes à 70°C et puis dans autres 30 minutes à 100°C, en soulevant la température avec 1 grade/minute. Après la teinture, la flotte est refroidi à 60°C, puis les fibres sont rincées avec eau chaude (50-60°C) et eau froide (20°C). La condition est

comme la dernière eau de lavage qu'il soit incolore ; en fin les fibres textiles sont pressées et séchées à température de chambre.

Tableau 2. Techniques de teinture et les paramètres afférents.

| Colorant cationique | Fibre synthétique | Auxiliaires utilisés et conditions d'application de colorant | Technique de teinture |
|----------------------------|-----------------------|---|-----------------------|
| Bleus <u>5</u> ou <u>6</u> | Polyacrylique | - pH = 3,6 – 4,5 dans l'acide acétique - Na ₂ SO ₄ solution 10% - agent de dispersion non ionique - surfactant anionique solution diluée pour lavage des fibres avant et après de teinture. | Discontinue |
| | Polyacrylique + coton | - le temps nécessaire de teinture est 60 minutes. - la température de teinture 98 – 100 °C - rapport de flotte 1 : 40. - l'agent d'uniformisation de couleur type sels quaternaire d'ammonium qui sont utilisés comme substance de retard. | |

Analyses physique-chimiques

Le pH des eaux de lavage a été déterminé avec un pH-mètre Orbeco S.

Le spectre d'absorption en VIS a été réalisé pour les solutions aqueuses (10⁻⁵ M) des colorants cationiques, en cuve rectangulaire de quartz (le grossier est 1 cm) avec le spectrophotomètre Secoman S 750.

Le spectre de résonance magnétique nucléaire de proton (¹H-RMN) a été enregistré avec un spectrophotomètre Varian Gemini 2000-300 MHz et à température ambiante, les déplacements chimiques étant exprimés en valeurs (δ) ppm comparatif avec le dissolvant utilisé (DMSO-d₆ avec δ_H = 2,49 ppm et δ_C = 39,50 ppm), mais les constantes de couplages sont exprimées en Hz. Les déplacements chimiques ont été rapportés à standard interne tétraméthylsilane (TMS). En utilisant le même spectrophotomètre a été déterminé le spectre de résonance magnétique nucléaire de carbone (¹³C-RMN) à fréquence égale avec 75 Hz.

La présence des surfactants anioniques a été détectée par la méthode CLHP avec un appareil Jasco 800 prévu avec un détecteur en UV.

La présence de Ca, Mg et Fe dans les eaux résiduelles a été détectée par spectrophotométrie d'absorption atomique, avec un spectromètre Zenit 700 avec le fourneau de graphite chauffé transversale.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les études de *toxicité aiguë* effectuées par deux espèces et deux voies d'administration avec les solutions 1,0%, 0,1% et 0,01% des colorants cationiques ont prouvé une toxicité diminuée, ainsi ne peut pas être établie la dose létale DL₅₀ par la méthode graphique, mais s'est calculé la dose maximale administrable.

Aux doses maximales tolérées administrées p.o. (orale) et i.p. (intrapéritonéal) à rats et à souris n'apparaissent pas de phénomènes cliniques différents et pas même mortalité.

Les tests biochimiques effectuées ne mis pas en évidence pas même les modifications comparative avec les témoin.

Toutefois, l'expérience a été continué par la croissance des concentrations pour les solutions colorants cationiques jusqu'à 5% (la dose d'administration intraperitoneal, i.p.) quand ont été observées les états de fatigue, de vertige et d'instabilité à souris et ont été établi la dose létale d'après 2 jours de l'administration i.p. et qui a été approximative 785-830 mg/kgc. L'examen anatomopathologiques effectué à rat, à la fin de période d'observation ne mis pas en évidence modifications des principaux organes internes, pour pas même une dose de colorant cationique utilisé.

Les déterminations de *toxicité sous aigue* ont mis en évidence le fait que pas même une constante biochimique n'a présenté pas les modifications significatives par le point de vue statistique comparative avec des animaux témoins.

Les colorant cationiques ont manifestées un forte effet inhibiteur (> 90%) sur le tige de *Penicillium* en toutes les deux variantes de concentration (0,01% et 0,02%). C'est observé que par le double la concentration des solutions des colorants cationiques, l'effet d'inhibition en le développement de moisi augmenté avec approximative 5%.

La dimension des colonies des *Penicillium Glaucum* sont petites, diamètre 1-2 mm, les couleurs sont blanches comparative avec les témoins, donc l'effet antimicrobienne pour ces substances obtenues par synthèse chimique est très forte.

Après le procès de teinture des fibres polyacrylonitriliques, respectif de texture formée par fibres polyacrylonitriliques et coton, en bassine de collecte des eaux résiduelle sont accumulées plus de composants organiques et inorganiques qui constituent les polluants dans ces eaux.

En accordance avec la figure 2, dans les eaux résiduelle provenant par le procès de teinture des fibres synthétiques se trouvera, en principalement, colorants, surfactants anioniques utilisés dans le procès de lavage répété, les agents d'uniformisation, les auxiliaires chimiques utilisés pour teinture de fibres et aussi, autres substances chimiques qui sont utilisées dans le procès de préparation de fibres où de texture etc.

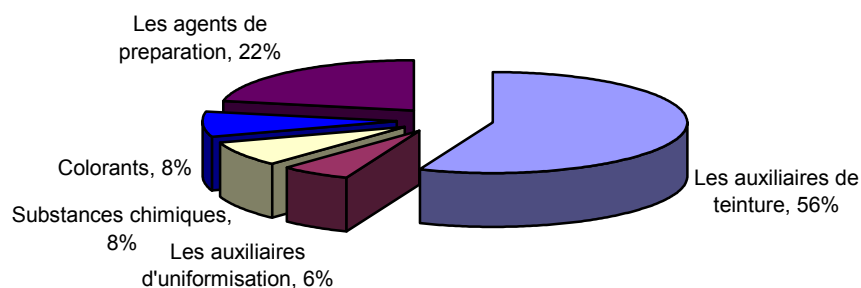


Figure 2. Les composants chimiques qui se participent dans le procès de teinture

Après la teinture, les fibres polyacrylonitriliques, respectif la texture fibres polyacrylonitriliques/coton ont été lavées dans cinq étapes, en principal, jusqu'à la couleur d'eau de lavage est disparu. Dans la figure 3 est présentée le pourcentage des

composants chimiques qui participent dans le procès de teinture qui sont présents dans les eaux de lavage après l'opération de lavage des fibres colorées.

Dans cette figure s'observe très clair le fait que les concentrations des composants chimiques qui sont présentes dans les eaux de lavage sont diminuées par mesure que s'effectuent un nombre plus grand de lavage des fibres colorées. Le seul composant qui persiste dans la dernière eau de lavage est un sel inorganique, Na_2SO_4 , ou probablement NaCl qui a apparue dès le colorant cationique, parce que les colorants utilisés dans la teinture des fibres ont été conditionnés avec NaCl .

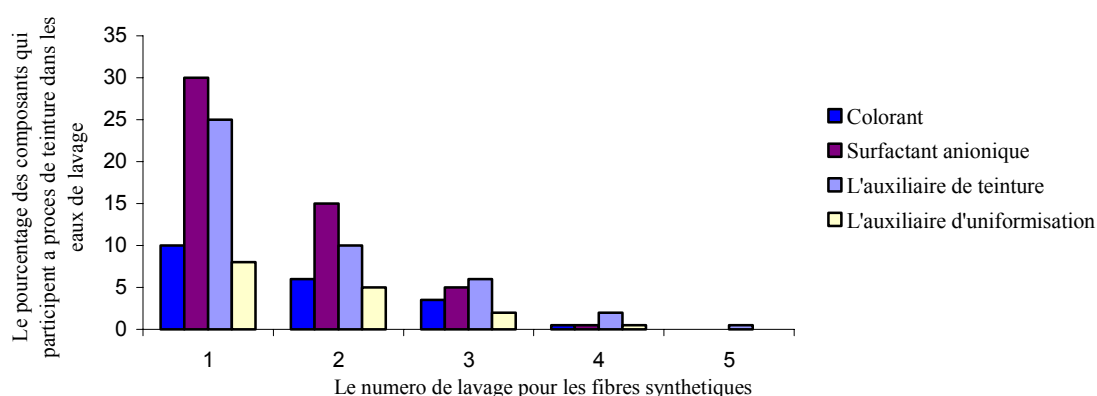


Figure 3. La présence de composants chimiques dans les eaux de lavage des fibres synthétiques colorées

Aussi, le pH du première eau de lavage est 4, puis le pH touche la valeur 6,4, faible acide. Les résultats sont centralisés dans le tableau 3 et la figure 4.

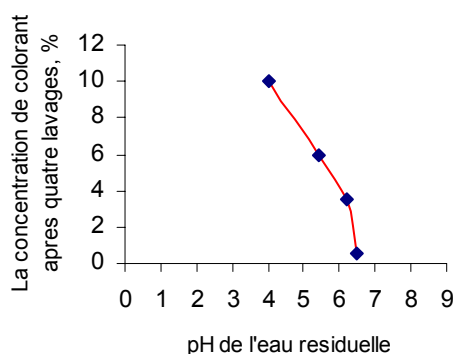


Figure 4. La concentration de colorant par les eaux de lavage des fibres colorées en fonction de pH des eaux

Tableau 3. Les résultats du pH de l'eau de lavage du procès de teinture

| Numéro de lavage | Concentration du colorant [%] | pH d'eau résiduelle |
|------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1 | 10 | 4 |
| 2 | 6 | 5,4 |
| 3 | 3,5 | 6,2 |
| 4 | 0,5 | 6,4 |
| 5 | 0 | 6,45 |

Aussi, dans la figure 5 est présenté illustratif la présence d'un colorant cationique bleu, **6** dans les eaux de lavage des fibres, en accordance avec l'absorbance maximale et de longueur d'onde maximale.

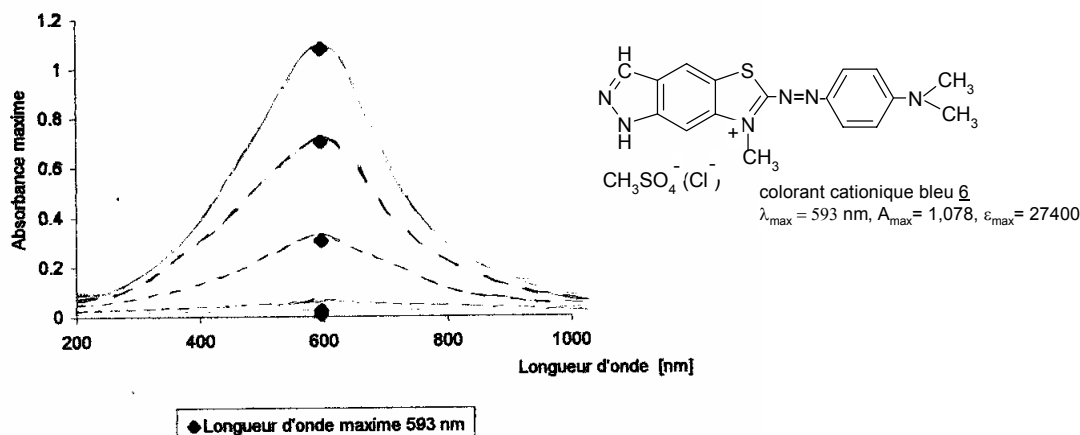


Figure 5. La présence de colorants dans les eaux de lavage

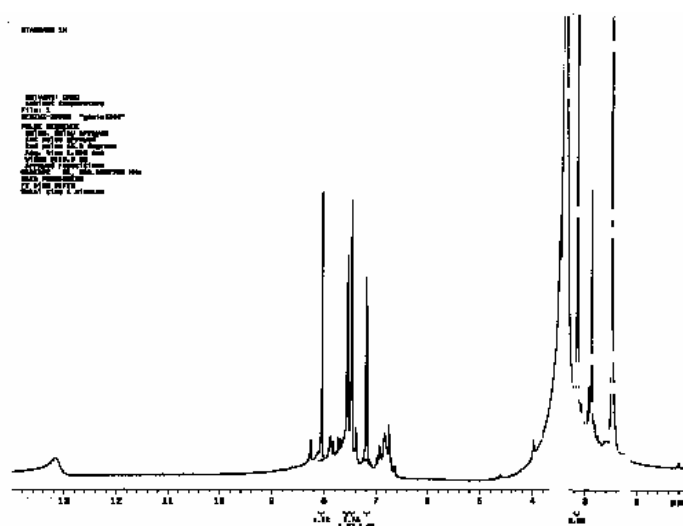


Figure 6. Le spectre de proton ^1H -RMN pour la première probe d'eau qui a été préparée dans le condition spéciale parce que CLHP est couple avec RMN

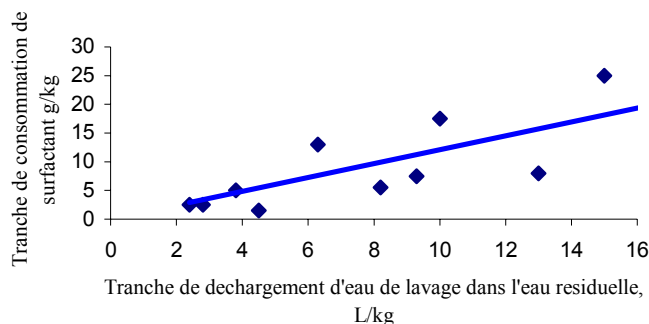


Figure 7. Tranche de consommation de surfactant en fonction de tranche de déchargement d'eau de lavage dans l'eau résiduelle

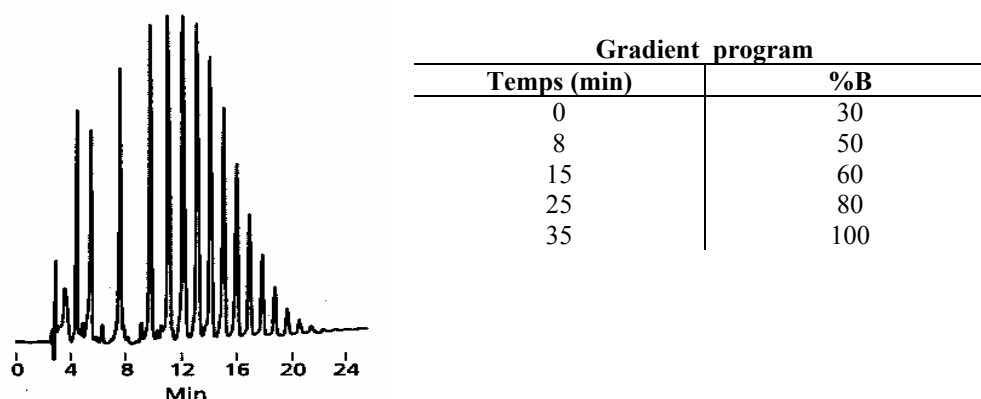


Figure 8. La chromatogramme de surfactant anionique pentadecylsulfate de sodium

La présence des composants organiques par la première l'eau de lavage de fibres colorées a été reconnue par la méthode plus sensible chromatographie de liquide d'haute performance couple avec la résonance magnétique nucléaire. Donc, par cette méthode se peut observe que la présence des autres composants chimique utilisées dans le procès de teinture, comme surfactants (figure 8), auxiliaire d'uniformisation, acide acétique (la présence de groupe $-\text{COOH}$ par l'acide monocarboxilique est très évidente dans le spectre de proton par le signal avec coalescence de la 13,2 ppm) influencent le spectre de proton caractéristique de colorant cationique. Ainsi, existe les signales supplémentaires qui sont attribuées de présence des autres composants chimique. S'observent le plus de coalescences qui sont dues des autres protons spécifiques de chacun composant par l'eau de lavage.

Par les plusieurs lavages, maxime cinq ou six, après la méthode présentée, tous les auxiliaires utilisées dans le procès de teinture de fibres synthétiques sont épuisées.

Un aspect très important est la présence dans les eaux résiduelles des métaux lourdes. Par spectrophotométrie d'absorption atomique sont déterminées les suivantes métaux lourdes : fer (la figure 9), calcium, magnésium, plomb (petites quantités), zinc (aussi petites quantités).

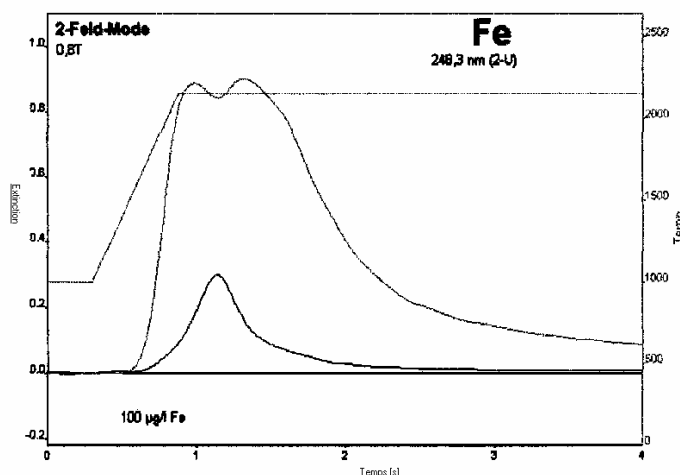


Figure 9. La présence de fer déterminée par SAA

Par monitoring des ces polluants organiques et inorganiques par les eaux résiduelles résultées par le procès de teinture des fibres synthétiques se peut adopte une série des méthodes spécifiques chacun polluant pour leur éloignement, pour la dégradation par méthodes physico-chimiques ou biologiques. Mais, cet un autre aspect qu'il sera étudié et présenté en futur d'auteur.

CONCLUSIONS

Dans ce travail sont présentées quelques polluants organiques et inorganiques existent dans les eaux résiduelles résultées par le procès de teinture des fibres synthétiques et le mode d'identification pour chacun polluants pour réalise un monitoring efficiente et real des ces, pour estime correctement qui est l'impact sur l'environnement.

Ont été effectuées les tests toxicologiques et microbiologiques sur les colorants bleus, obtenus par synthèse, qui sont utilisées dans le procès de teinture. Ces tests ont démontrés que ces colorants, qui sont responsables de couleur des eaux résiduelles, sont non-toxiques, conforme ETAD, et sont utilisés avec le succès dans le procès de teinture. Aussi, s'identifient une série des auxiliaires organiques qui sont utilisés dans le procès de préparation des fibres synthétiques (surfactants anioniques), dans le procès de teinture (agents d'uniformisation de couleur, acide acétique, substances « carier » ou retard) et dans le procès de lavage des fibres synthétiques colorées en bleu.

Les métaux lourdes fer, calcium, magnésium (par eau utilisée dans le procès de lavage de fibres ou l'eau de procès de teinture), plomb et zinc (petites quantités résultées par diverses additives ou auxiliaires utilisés dans le procès de teinture), ont été identifiés et contrôlés par SAA, conforme standards ISO (EPA).

Toutes des polluants dès les eaux résiduelles résultes par procès de teintures des fibres synthétiques ont été monitorisé par analyses physico-chimiques modernes, avec appareils performantes, pour a appliquée les plus bonnes méthodes d'éloignement des ces par les eaux résiduelles, dans le stations de traitement, devant de débordement dans le canal ou dans le rivière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. * * * *Techniques disponibles pour l'industrie textile (BAT) – Le contrôle est la prévention intégrée de pollution*, le Centre des Recherches Réunîtes – Sevilla, Project Européenne **2002-2004**
2. Boumphrez, R., Tinslez, D., Forrow, D., Moxon, R. : L'évaluation d'entier effluent en UK. *Workshop OSPAR* (Convention d'Oslo et Paris pour la protection d'environnement marine, Lelystand, Holland, **2003**
3. * * * *USEPA : Document technique pour la qualité d'eau résiduelle basé par le contrôle de toxicité*. Washington DC : le Bureau des Eaux EPA/505/5-90-001, **1999**
4. * * * *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on the General Principles of Monitoring*, July **2003**

5. * * * *Le Traité d'Adhérisation Romania – Union Européenne – Qualité d'Eau*, 25 Avril **2005**
6. Rădulescu, C.: *L'impact des polluants organiques des eaux résiduelles par l'industrie textile sur l'environnement*, **2005**, 1-24, Project Leonardo da Vinci no. RO/02/B/F/PP - 141004
7. Rădulescu, C., Tărăbășanu-Mihăilă, C.: *Revista de Chimie*, **2004**, 55(1), 25–30
8. Rădulescu, C., Tărăbășanu-Mihăilă, C.: *Revista de Chimie*, **2004**, 55(2), 102–105
9. Rădulescu, C., Hossu, A. M., Ioniță, I. : *Dyes and Pigments*, accepted **2006**
10. Rădulescu, C., Ioniță, I., Hossu, A. M. : *10th International Conference COLORCHEM'04 - Proceedings*, Pardubice, Czech Republic, **2004**, P24
11. Rădulescu, C., Tărăbășanu-Mihăilă, C., Hossu, A. M., Ioniță, I.: *Revista de Chimie*, **2004**, 55(12), 1006-1008
12. Sandescu, F. : *Fibre acryliques. Les éléments de technologie. Structure et propriétés*. Maison d'édition, Matrix Rom, Bucharest, 2003
13. Moater, E. I., Olteanu, M., Rădulescu, C., Ioniță, I. : *Revista de Chimie*, **2005**, 56(10), 1048-1051
14. Rădulescu, C.: *Revista de Chimie*, **2003**, 54(12), 986–989
15. Rădulescu, C., Oancea, I., Buruleanu, L.: *Conférence Internationale "EUROALIMENT 2003" – Proceedings*, **2003**, 582-589, Galati, Romania
16. Rădulescu, C., Hossu, A. M., Ioniță, I. : *10th International Conference COLORCHEM'04 - Proceedings*, Pardubice, Czech Republic, **2004**, P25