

PN-ABZ-450

R2146



Project in Development and the Environment

**Audits environnementaux de trois
dinanderies et une tannerie à
Fès, Maroc**

octobre 1996

Soumis à:
USAID/Maroc
Soumis par:
PRIDE

Numéro de contrat de l'USAID:
ANE-0178-Q-00-1047-00
Numéro de projet de l'USAID:
398-0365

Parrainé par:
USAID/G/ENV/EET
Mise en exécution par:
Chemonics International Inc.
et ses associés

1133 20th Street, NW, Suite 600, Washington, DC 20036
Téléphone: (202) 955-3300 • Fax: (202) 955-3400

**Audits environnementaux de trois
dinanderies et une tannerie à
Fès, Maroc**

Par:

Abdelkarim Bennani
Serge Astaud
Saïd Bouanani

octobre 1996

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
RAPPORT I AUDIT ENVIRONNEMENTAL DE LA SOCIÉTÉ DES ARTISANS DINANDIERS DE FÈS (SADF)	
Sommaire exécutif	i
Section I Description sommaire de la dinanderie	I-1
Section II Projets de prévention de la pollution	II-1
Section III Recommandations pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	II-1
Annexes A, B, C, D, E, F et G	
RAPPORT II AUDIT ENVIRONNEMENTAL DE LA SOCIÉTÉ DE DINANDERIE, D'ARGENTERIE ET DE QUINCAILLERIE (SODAQ)	
Sommaire exécutif	i
Section I Description sommaire de la dinanderie	I-1
Section II Projets de prévention de la pollution	II-1
Section III Recommandations pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	III-1
Annexes A, B, C, D et E	
RAPPORT III AUDIT ENVIRONNEMENTAL DE LA DINANDERIE ET ARGENTERIE DE LALA IDOUNA	
Sommaire exécutif	i
Section I Description sommaire de la dinanderie	I-1
Section II Projets de prévention de la pollution	II-1
Section III Recommandations pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	III-1
Annexes A, B, C, D et E	
RAPPORT IV AUDIT ENVIRONNEMENTAL DE LA TANNERIE DE SAÏS	
Sommaire exécutif	i
Section I Description sommaire de la tannerie	I-1
Section II Projets de prévention de la pollution	II-1
Section III Evaluation environnementale et recommandations pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	III-1
Annexes A, B, C, D et E	
ANNEXE I GÉNÉRALE PROGRAMME DU WORKSHOP DU 16 JUILLET 1996	X-1
ANNEXE II GÉNÉRALE FORMULAIRE DE COMPTE RENDU: VISITE D'ÉVALUATION	X-3
ANNEXE III GÉNÉRALE RECOMMANDATIONS POUR LA SÉCURITÉ ET LA SANTÉ	X-9
ADDENDA LES AUDITS ENVIRONNEMENTAUX DES SOCIÉTÉS DE DINANDERIE	A-1

INTRODUCTION

A. Le contexte général de l'étude

La ville de Fès connaît un développement industriel important qui n'échappe pas aux phénomènes de nuisances et de pollution qui en résultent. L'évolution démographique et industrielle de Fès, face à un réseau d'assainissement insuffisant, vieux et dégradé et à des infrastructures limitées ou inexistantes dans les quartiers périphériques et dans les zones d'extension, affectent d'une façon alarmante l'environnement général de la ville. L'accroissement démographique à Fès s'est traduit également par l'augmentation continue des activités artisanales et industrielles à travers le tissu urbain:

A1. Présentation de la problématique environnementale de la ville de Fès

La médina qui n'abritait jadis que des unités artisanales modestes, est aujourd'hui le siège de nombreuses unités semi-industrielles dont les impacts néfastes portent atteinte aux caractéristiques du tissu traditionnel et sont à l'origine de nombreuses nuisances mettant en jeu la sécurité et la salubrité des habitants.

Les rejets liquides et solides de ces unités, principalement installées le long des branches de l'Oued Fès sont directement rejetés dans le réseau hydrographique. La baisse notable des débits de ces oueds, jadis torrentiels a entraîné une diminution très poussée de leur pouvoir de dilution et a favorisé l'accumulation des dépôts.

Le bruit, les odeurs, les rejets des déchets solides et liquides dans les Oueds, la réutilisation des eaux usées dans toute sorte d'activités artisanales, et de mauvaises conditions de travail hygiéniques et sanitaires posent des risques permanents de contamination.

En ville nouvelle, l'industrie moderne qui a connu ses débuts au quartier industriel de Dokkarat se partage actuellement entre les quartiers industriels Sidi Brahim, Ben Souda, Aïn Kaddous et Aïn Nokbi. Malgré ses 400 unités industrielles, employant plus de 22 000 salariés permanents, les mesures préventives de la pollution restent très limitées à Fès: Rejets industriels et domestiques sont directement rejetés dans le réseau d'assainissement, dans les cours d'eau ou sur le sol. De plus les conditions climatiques, l'évolution socio-économique et industrielle ont aggravé les répercussions de cette pollution.

L'impact des rejets de Fès se traduit par la dégradation structurelle des réseaux d'assainissement et se manifeste nettement au sein de la ville par les odeurs et l'aspect esthétique peu engageant des cours d'eau, il se fait également ressentir en aval de Fès dans la vallée du Sebou qui reste l'exutoire final de tous les rejets liquides de la ville.

Dans le cas de la zone de Ben Souda, les rejets industriels ont un effet polluant sur la nappe d'eau souterraine et contribuent à la dégradation des ressources en eau de la région.

Pendant la période oléicole, l'impact des rejets du quartier industriel Dokkarat sur les réseaux d'assainissement et hydrographique ainsi que sur le Sebou est très important: Le quartier industriel de Dokkarat est caractérisé par une forte concentration des industries agro-alimentaires, dont 80% est représenté par les huileries.

Les tanneries qui viennent en deuxième position après les huileries à Dokkarat, ne procèdent pas à la récupération des sous produits contenus dans les effluents, leurs déchets solides et liquides vont à l'égout ou à la décharge non contrôlée.

Par ailleurs, les études du Schéma Directeur d'Assainissement ont montré que des quantités considérables de chrome sont rejetées chaque jour en aval de la ville de Fès.

L'exutoire final de tous les rejets liquides de la ville de Fès est constitué par l'Oued Sebou. Le bassin versant de ce fleuve couvre au Nord Ouest du Maroc une superficie d'environ 40 000 km². Le Sebou prend sa source dans le moyen Atlas. Après avoir reçu de nombreux affluents, il se jette dans l'Océan Atlantique après un parcours d'environ 500 km.

Au cours de son écoulement, le Sebou reçoit plusieurs types de pollution aussi bien urbaine, industrielle, qu'agricole dont la gravité varie d'un tronçon à l'autre et d'une saison à l'autre.

Parmi les principales sources de pollution d'origine industrielle sur le bassin versant de Sebou figurent les industries agro-alimentaires, tanneries, papeteries et raffinerie.

A2. Aperçu général sur les rejets liquides industriels de la ville de Fès

Le plan directeur d'assainissement liquide du grand Fès qui vient d'être élaboré par la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Fès, prévoit la mise en place de solutions techniques en vue de traiter la pollution industrielle.

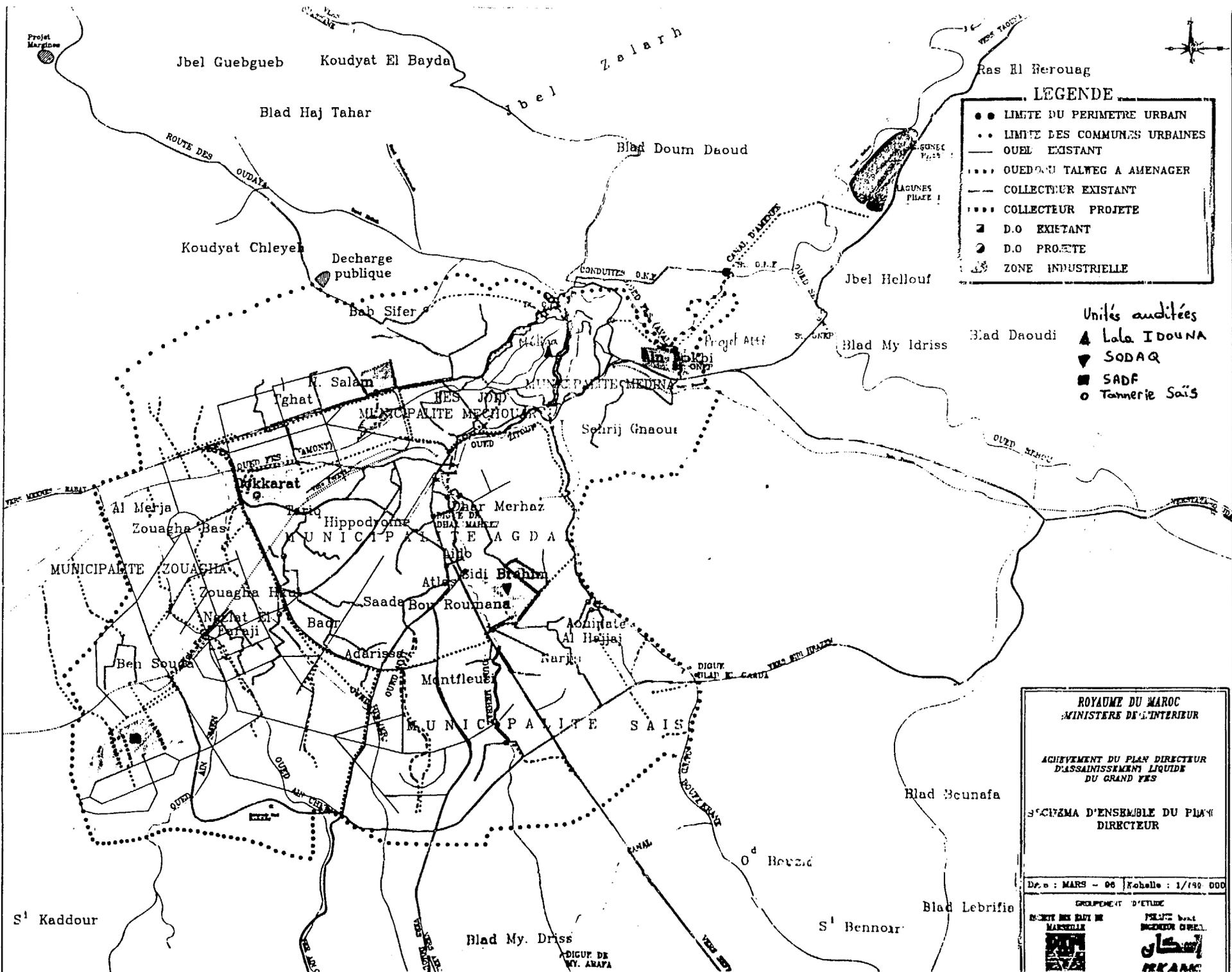
La pollution industrielle de la ville de Fès est caractérisée en 1995 par les charges suivantes:

- Pollution organique estimée à 93 tonnes du DCO/jour dont:
 - 45% proviennent des huileries
 - 28% proviennent des industries Agro-alimentaire
 - 12% proviennent des tanneries
 - 15% proviennent des divers industrie
- Pollution toxique estimée à 600 kg/j de chrome et 100 kg/j de métaux lourds provenant essentiellement des tanneries et dinanderies
- Pollution minérale estimée à 1500 kg/j de matières minérales.

Ces effluents industriels sont rejetés sans traitement dans le milieu naturel (oueds, puits, nappe, carrières, etc.)

Le schéma directeur prévoit la mise en oeuvre de plusieurs mesures, parmi lesquelles on citera (voir la carte de Fès à la page suivante).

Projet de l'élimination de la margine par épandage. Pour une production de 126.000 tonnes d'huile, soit 50% de la production nationale, les huileries de Fès engendrent le rejet d'environ 40.000 m³ de margine par saison oléicole (100 jours de fonctionnement) soit un apport d'une charge polluante de 409 000 équivalent-habitants.



LEGENDE

- LIMITE DU PERIMETRE URBAIN
- LIMITE DES COMMUNES URBAINES
- OUEL EXISTANT
- OUEDOU TALWEG A AMENAGER
- COLLECTEUR EXISTANT
- COLLECTEUR PROJETE
- D.O EXISTANT
- D.O PROJETE
- ZONE INDUSTRIELLE

Unités auditées

- ▲ Lala IDOUNA
- ▼ SODAQ
- SADF
- Tannerie Saïs

ROYAUME DU MAROC
MINISTRE DE L'INTERIEUR

ACHEVEMENT DU PLAN DIRECTEUR
D'ASSAINISSEMENT LIQUIDE
DU GRAND YES

SCHEMA D'ENSEMBLE DU PLAN
DIRECTEUR

D.p. : MARS - 66 | Echelle : 1/100 000

GROUPEMENT D'ETUDE
SOCIETE DES Eaux DE
MARSEILLE

PLANTÉ par
MOHAMMED OUEL
اسكان
MKAMC

MC

Les rejets des huileries concentrés à 90% dans le quartier industriel de Dokkarat sont déversés sans traitement préalable dans le réseau d'assainissement ou dans le réseau hydrographique. Il en résulte des désagréments visuels, des odeurs nauséabondes et plus grave encore une pollution intense des eaux de l'Oued Sebou, exutoire unique de la totalité des rejets liquides de Fès et source d'alimentation en eau des riverains sur pratiquement une centaine de kilomètres.

Le projet qui est en cours d'exécution consiste en une collecte de la margine après un stockage de quatre jours au sein des unités de production. La collecte des volumes stockés se fera à l'aide de camions citernes de capacité 15 m³ pour le quartier industriel Dokkarat et 5 m³ pour la médina et ses environs. La margine sera transportée pour être déchargée dans un site situé au Nord de la ville à proximité du site de décharge actuel des ordures ménagères.

Le traitement consiste en un stockage de la margine dans un bassin de 45.000 m³ (les apports des précipitations ont été pris en considération) et une évaporation de la margine dans trois lagunes d'évaporation imperméabilisées par un film d'argile. Le calcul du coefficient d'évaporation et les expériences d'évaporation de la margine entreprises au Sud de l'Espagne dont les conditions climatiques sont similaires à celles de Fès laissent prévoir le séchage de la totalité de la margine bien avant la campagne oléicole de la saison suivante. Après séchage, la margine sera raclée et mise en décharge. Le projet rentrera en application dès la saison oléicole prochaine.

Station de récupération de chrome et métaux lourds pour traiter les rejets des tanneries. Cette station sera dimensionnée pour traiter tous les rejets chargés de chrome provenant du village Aïn Nokbi et des tanneries de la zone industrielle de Dokkarat. Depuis toujours, les tanneries de Fès rejettent directement sans épuration, ni récupération, tous les effluents chargés de chrome dans le réseau d'assainissement pour aboutir finalement dans les Oueds Fès et Sebou. Le projet préconisé par l'ADER prévoit la récupération de 80% du chrome présent dans les rejets soit environ 400 kg/j.

La station d'élimination des métaux lourds et des cyanures. Ce projet préconisé également par l'ADER sera dimensionné pour traiter les métaux lourds et cyanures provenant des dinanderies d'Aïn Nokbi (voir plan du schéma d'assainissement de Fès). Le volume total des effluents à traiter est de l'ordre de 40 m³ par jour et les quantités des métaux lourds et cyanures qui pourront être éliminées sont respectivement de 5 kg/j et 6 kg/j.

Lagunage des effluents urbains. Les autres effluents liquides essentiellement urbains seront acheminés en totalité sur le site de lagunage dans la vallée de Sebou où ils seront épurés avant de rejoindre l'oued Sebou. Il convient de signaler que la réussite des projets de traitement des effluents industriels nécessite la collaboration de tous les opérateurs impliqués dans ces projets.

C'est ainsi que pour l'unité de traitement des margines, un comité de suivi du projet comprenant les communes, le ministère des Travaux Publics, l'Office National d'Eau Potable (ONEP) et la RADEEF, a défini la responsabilité au niveau des différentes phases du projet (contrôle de la collecte des margines, suivi des ouvrages, gestion des résidus solides, etc.).

Traitement des métaux lourds. Pour l'unité de traitement des métaux lourds qui est en relation avec notre projet, il est prévu de traiter les effluents chargés de métaux lourds en

provenance des unités de Ain Nokbi ainsi que de ceux des tanneries et dinanderies éloignées de la zone de traitement et situées aux quartiers Dokkarat et Sidi Brahim. Dans ce dernier cas, il est prévu de faire acheminer les effluents à traiter par camion citerne. Plusieurs intervenants sont concernés par ce programme, parmi lesquels:

- L'ADER qui mène un programme ambitieux visant le déménagement des activités de tannage et de traitement électrolytique des surfaces de la médina de Fès vers le quartier artisanal de Ain Nokbi.
- Le ministère de l'environnement qui mène une étude pour la réalisation d'un pilote expérimental.
- Plusieurs bailleurs de fonds qui mènent des initiatives pour assister les industriels.

B. Contribution du projet PRIDE à Fès

B1. Contributions antérieures

La situation environnementale de la ville de Fès a suscité beaucoup d'intérêt de la part des bailleurs de fonds internationaux. En effet, de nombreuses études et réalisations dans le domaine de l'assainissement, de traitement et prévention de la pollution ont été menées ou le sont toujours par plusieurs programmes de coopération multilatérale (Banque Mondiale, Union Européenne, PNUE) ou bilatérale (USAID, CFD, SUEDE, GTZ, etc.).

L'USAID, à travers plusieurs programmes, a réalisé des travaux d'audits visant la réduction et la prévention de la pollution industrielle de la ville de Fès. C'est ainsi, qu'à travers le Projet GEM, des audits environnementaux ont été réalisés dans les unités suivantes:

- Secteur tannerie (voir leur implantation sur le schéma)—tannerie Wad Eddahab (quartier Ain Nokbi), tannerie Jallal (quartier Dokkarat), tannerie Chouarat (médina)
- Secteur dinanderie, argenterie—Unité Kabbaj (médina)
- Secteur textile—Complexe Textile de Fès (quartier Sidi Brahim)

Une vingtaine d'autres unités ont été pré-auditées par le projet GEM.

A l'issue de ces travaux, l'USAID a retenu dans son programme d'intervention future à Fès un important projet intitulé "Water Ressources Sustainability." Ce projet comporte la réalisation d'une étude de faisabilité pour l'implantation de technologies de prévention de la pollution dans les secteurs des tanneries et des dinanderies. Un projet de démonstration viendra ensuite appuyer ce programme en vue de généraliser l'application de ces technologies dans les industries concernées.

C'est dans ce cadre que s'inscrit l'intervention du projet PRIDE à Fès. Cette intervention qui s'est déroulée durant le mois de juin 1996, a porté sur la réalisation de 3 audits environnementaux dans le secteur des dinanderies et un audit environnemental dans celui des tanneries.

L'objectif de ces audits est de disposer de plus d'éléments d'information sur la nature et la source des métaux lourds et déchets toxiques générés par les tanneries et dinanderies et d'identifier les moyens et procédés de minimisation des déchets par application des technologies de prévention de la pollution.

B2. Critères de sélection des unités industrielles à auditer

La sélection des trois dinanderies et de la tannerie qui ont fait l'objet d'un audit environnemental, s'est basée sur les critères suivants:

- Localisation de l'unité (médina, quartier artisanal de Ain Nokbi, quartiers industriels de Dokkarat, Ben Souda et Sidi Brahim)
- Taille de l'unité (industrielle, artisanale, capacité de production)
- Complémentarité vis à vis des projets réalisés par GEM
- Processus utilisé (tannage au chrome pour la tannerie, traitement de surface à base de cyanure pour les dinanderies)
- Capacité du manager à jouer le rôle de leadership au sein de sa profession
- Prédilection des managers à coopérer avec le futur projet de l'USAID (WRS)

B3. Choix des unités des dinandiers et de la tannerie

Pour les dinandiers, le choix a porté sur les unités suivantes:

- **SADF (Société des Artisans Dinandiers de Fès). Justification du choix:**
 - Société intégrée comportant toutes les opérations rencontrées dans la profession des dinanderies, ce qui présente l'intérêt de cerner l'ensemble des effluents et déchets rencontrés dans la profession.
 - Société localisée au quartier industriel Ben Souda qui n'est pas équipé de réseau d'assainissement. Les rejets ont de ce fait un effet polluant sur la nappe d'eau souterraine.
 - Le dirigeant de cette société est très sensibilisé aux aspects de protection de l'environnement et ne ménage aucun effort pour améliorer la situation de son unité (installation d'une fosse de neutralisation des eaux avant rejet, utilisation d'un dégraissant exempt de cyanure pour le bain de dégraissage).
 - La société SADF est un modèle pour la profession des dinandiers et son leader est avide d'apprendre et de collaborer avec tous les programmes de prévention de la pollution.

- **SODAQ (Société de Dinanderie, d'Argenterie et de Quincaillerie).** Justification du choix:
 - Société intégrée présentant le même avantage que la SADF sur ce point.
 - Société localisée au quartier Sidi Brahim, un des quartiers industriels où les effluents liquides seront transportés par camion citerne dans le cadre du projet de l'ADER.
 - Société présentant un fort potentiel en matière de réorganisation et d'amélioration du procédé.
 - Le dirigeant de la SODAQ cherche à se convaincre de l'intérêt d'un programme de prévention de la pollution.

- **Lala Idouna (Dinanderie et argenterie de Lala Idouna, société de sous-traitance).** Justification du choix:
 - Société appartenant au doyen professionnel des dinandiers de Fès. Son rôle de leadership de la profession est donc manifeste.
 - Société localisée à la vieille ville de Fès (médiina). De ce fait, elle fera l'objet comme d'ailleurs toutes les sociétés de la médiina, d'une délocalisation vers le quartier artisanal de Ain Nokbi (projet de l'ADER). Les recommandations de notre travail peuvent ainsi être facilement prises en compte lors de la construction de la nouvelle unité.
 - Société spécialisée uniquement dans les opérations de traitement de surface et située dans une zone à fort taux de nuisance et de pollution.
 - Grand intérêt manifesté par son dirigeant vis à vis des programmes de prévention de la pollution de l'USAID. Cet intérêt a déjà été affiché lors des premières interventions du projet GEM à Fès.

- **La tannerie Saïs.** Pour le secteur des tanneries, le choix a porté sur la tannerie Saïs. Les justifications de ce choix sont les suivantes:
 - Tannerie de taille industrielle et qui est considérée parmi les plus grandes de Fès. Sa capacité de production peut atteindre les 2.700 peaux de mouton par jour.
 - Société localisée au quartier industriel de Dokkarat qui est considéré comme le plus grand générateur de pollution à Fès.
 - Société utilisant le tannage au chrome et qui complète les informations déjà obtenues dans le cadre du projet GEM.
 - Le dirigeant de la société a une stratégie tournée vers l'export, de ce fait, il est soucieux d'améliorer la qualité de ses produits et de limiter les nuisances causées à l'environnement.

B4. Déroulement des audits

Les audits se sont déroulés selon le calendrier suivant:

Visite de présentation du Projet et des critères de choix, 6 juin 1996. Cette session a permis de réunir les autorités de la Wilaya de Fès, de l'ADER, de la Chambre de Commerce et d'Artisanat de Fès, et de la Chambre de Commerce et d'Industrie, en présence de représentants du Ministère de l'Environnement et de l'US/AID. Lors de cette réunion, les animateurs ont présenté le Projet ainsi que les critères de sélection des entreprises à auditer.

Visite des sites des dinandiers pré-identifiés, 10 juin. A l'occasion de la visite de chaque site pré-identifié, une séance de travail a été tenue dans l'objectif de présenter en détail l'organisation des audits sur le site et d'identifier aussi les informations nécessaires.

Pré-audit et audit de la SADF, 11-13 juin. Le pré-audit de la société SADF a consisté à collecter les informations sur le procédé général de fabrication de la société. Une attention toute particulière a été portée au département de traitement de surface où des éléments spécifiques ont été collectés, tels que les quantités et la nature des produits chimiques consommés, le volume des rejets, les spécificités chimiques des bains, les fréquences d'appoints des bains, etc. L'audit complet du département de traitement de surface a permis de procéder à la prise de mesures de TDS, pH et températures de chaque bain de traitement et bac de rinçage. Un schéma d'implantation de chaque procédé a aussi été tracé, complété par les mesures de dimensions des bacs, des débits d'eaux de rinçage et le relevé du circuit des pièces. Pour compléter la prise d'information, l'équipe d'audit a relevé les méthodes de mise en oeuvre et mesuré les temps moyens de plaquage appliqués à chaque procédé de recouvrement. (Voir aussi, Annexe Générale II, intitulé "Compte rendu de visite d'évaluation").

Pré-audit et audit de la SODAQ, 14-15 juin. Les campagnes de pré-audits et d'audits des trois dinanderies se sont déroulées de manière similaires en ce qui concerne la collecte des informations in-situ.

Pré-audit et audit de Lala Idouna, 17-18 juin. Les campagnes de pré-audits et d'audits des trois dinanderies se sont déroulées de manière similaires en ce qui concerne la collecte des informations in-situ.

Prise des échantillons des dinanderies, 17-18 juin. Après avoir identifié les paramètres permettant d'obtenir un degré acceptable de représentativité, des échantillons composites de l'effluent final d'eaux usées, de prélèvements individuels d'eaux de rinçage et des solutions utilisées dans les bains de chaque procédé, ont été constitués pour chaque dinanderie. Les échantillons ont alors été envoyés, sans délais, au Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement, pour analyse.

Sélection de la tannerie à auditer, en parallèle. Dans le même temps, la société de tannerie Saïs a été sélectionnée et une visite de présentation des travaux d'audit a été tenue avec les dirigeants de l'entreprise.

Pré-audit et audit de la tannerie Saïs, 19-21 juin. Les séances de pré-audit et d'audit de la tannerie Saïs se sont déroulées suivant le protocole d'investigation décrit plus haut pour les activités de dinanderies.

Prise des échantillons de la tannerie, durant l'audit du 24 juin. Une série d'échantillons initiaux ont été constitués et envoyés au Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement.

Deuxième prise échantillon des dinanderies, 24 juin. Cette deuxième campagne de prise d'échantillons a permis d'améliorer la représentativité des solutions collectées ainsi que d'inclure des procédures de stabilisation de pH pour les prélèvements critiques tels que l'effluent final d'eaux usées.

Rédaction des rapports, 26 Juin-6 juillet. Le travail d'évaluation et de rédaction des rapports pour les quatre sociétés auditées, a été ponctué par la collecte d'information additionnelles, techniques et comptables, pour valider les recommandations finales.

Visite des unités auditées, 28 juin. Ces visites ont été effectuées au profit de Messieurs Hanafi (USAID) et Kerby (COP WRS) et organisées pour permettre une rencontre avec les représentants de la Wilaya de Fès et de l'ADER.

Présentation des rapports préliminaires d'audit, 16 juillet. Voir Annexe I Générale, intitulé "Programme du Workshop du 16 Juillet 1996."

B5. Synthèse des résultats des audits

Les tableaux suivants donnent la synthèse des principaux résultats obtenus lors de la réalisation des unités de dinanderies (SADF, SODAQ et Lala Idouna) et de la tannerie Saïs.

Il convient de noter ici qu'en ce qui concerne ces quatre audits, nous avons fait le choix délibéré de compter le coût du m³ d'eau à 10 Dh. En effet, ce prix reflète une réglementation imminente au Maroc, déjà approuvée sur le plan national, en attente de décret final d'application pour la région de Fès¹. Tous nos calculs de temps de retour sur investissement anticipent cette réalité.

¹Dahir #1-95-154 du 16 août 1995

Tableau 1. Projets SADF, 1996

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 97 Cuivre 98,5 Cyanure 98	41 100	8 713	3 000	-5 713
2	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 94 Nickel 97,7	41 100	7 926	1 100	-6 826
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 85 Argent 98,7 Cyanure 98,5	36 200	1 868	21 180	19 312
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Eau 17 Or 100 Cyanure 100	9 300	638	2 050	1 412
5	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 84	13 700	12 394	570	-11 824
Total			141 100	31 539	27 900	-3 639

Tableau 2. Projets SODAQ, 1996

No	Intitulé du Projet	Impact Environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'Exploitation (en Dh/an)	Gains Brut Escomptés (en Dh/an)	Gains Net Escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 99,7 Cuivre 80 Cyanure 98	54 300	9 682	9 965	283
2	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 99,7 Nickel 97,4	54 300	8 501	9 900	1 399
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,7 Argent 93 Cyanure 96,5	39 600	7 502	12 850	5 348
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Or 100 Cyanure 100	9 300	931	6 000	5 069
5	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 99,5 Cyanure 100	22 500	13 645	15 000	1 345
6	Minimisation des rejets d'eau usées du procédé de chromage	Eau 100 Chrome 100	NA	NA	NA	NA
Total			180 000	40 261	53 695	13 434

Tableau 3. Projets Lala Idouna, 1996

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 98,7 Nickel 96	60 200	4 438	4 600	162
2	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,2 Argent 85 Cyanure 95	54 300	3 651	4 000	349
3	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 93,4 Cyanure 100	24 000	6 643	10 800	4 157
Total			138 500	14 732	19 400	4 668

Tableau 4. Projets Tannerie Saïs

No	Intitulé du projet	Type de gain	Valeur du gain (Dh/an)	Investissement (Dh)	Temps retour (mois)	Impact environnement		
						% Chrome	% Sulfure	% Volume
12345	Minimisation de la consommation d'eau au trempage	Eau	314 000	7 000	Immédiat			26
	Récupération du sulfure de sodium	Sulfure + chaux	156 000	20 000	1,5	3650	33	
	Optimisation de la Fixation de Chrome	Sulfate de Cr	24 000	12 000	6			
	Recyclage Direct de Chrome	Sulfate de Cr	34 000	12 100	5			
	Séparation des effluents	Prévention		30 000				
Total			528 000	81 100	125	86	33	26

**Audit environnemental:
Société des artisans dinandiers de Fès
(SADF)**

Par:

Abdelkarim Bennani
Serge Astaud et
Saïd Bouanani

octobre 1996

REMERCIEMENTS

Le Projet PRIDE et l'équipe de l'audit tiennent à remercier Monsieur Abderrafii Tahiri, Directeur Général de la SADF de Fès, pour son chaleureux accueil et pour l'aide qu'il a réservée à l'équipe lors des travaux de l'audit environnemental.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe des agents et collaborateurs, particulièrement M. Brahim, pour leur participation à la campagne de mesures et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer aux ingénieurs auditeurs, à la collecte de données et aux prises de mesures.

De plus, nous tenons à remercier tout particulièrement le Ministère de l'Environnement du Maroc, ainsi que l'équipe du Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement, sans qui ces rapports n'auraient pu être mener à bien.

L'audit de la dinanderie a été réalisé par:

Abdelkarim Bennani, chef d'équipe, PhD., Industries chimiques, expert-conseil en énergie et environnement, Serge Astaud, expert international, spécialiste en prévention de la pollution dans l'industrie de traitement de surface, Saïd Bouanani, PhD., Génie Chimique, expert-conseil en énergie et environnement.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE EXÉCUTIF	i
SECTION I DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE	I-1
A. Présentation de la SADF	I-1
B. Description sommaire du procédé	I-1
C. Les rejets de la dinanderie	I-4
SECTION II PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION	II-1
A. Projet N° 1. Minimisation des rejets toxiques de cyanure de cuivre	II-1
B. Projet N° 2. Minimisation des rejets toxiques de nickel	II-4
C. Projet N° 3. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	II-7
D. Projet N° 4. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	II-10
E. Projet N° 5. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eaux usées du procédé de dégraissage	II-12
SECTION III RECOMMANDATIONS	III-1
A. Recommandations particulières	III-1
B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	III-2
ANNEXE A TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ	A-1
ANNEXE B TABLEAUX DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS	B-1
ANNEXE C SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES DES BASSINS ET CIRCUITS	C-1
ANNEXE D DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION	D-1
ANNEXE E RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	E-1
ANNEXE F ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK	F-1
ANNEXE G EKASIT - KW	G-1

SOMMAIRE EXÉCUTIF

A. Introduction

Ce rapport présente les conclusions de l'audit environnemental de la Société des Artisans Dinandiers de Fès (SADF) située au 47, Lot Industriel Bensouda, Fès, qui a été retenue avec deux autres dinanderie-argenteries de Fès pour bénéficier d'une assistance technique fournie par le Projet PRIDE.

La réalisation de cet audit a mobilisé une équipe de deux experts nationaux (Mssrs Abdelkarim Bennani et Saïd Bouanani), et un expert international (Mr. Serge Astaud), qui ont travaillé en étroite collaboration avec le personnel de la société.

Le travail sur site s'est déroulé en deux étapes: une campagne de pré-audit le 11 Juin 1996 et la campagne de mesures le 12 et 13 juin 1996.

B. Résultats

L'audit a permis de dégager 5 projets visant à minimiser les impacts environnementaux des opérations du département de traitement de surface.

La réalisation de ces projets permettrait à la société de réduire

- le volume de ses eaux usées de 17% et autant pour sa consommation
- la quantité de métaux lourds dans ses effluents de 98.3 %
- ses rejets toxiques en cyanures de 99%

Ces 5 projets peuvent être réalisés en trois étapes.

La première étape consiste à installer une unité de production d'eau déionisée sous la forme d'un échangeur d'ion. Cette unité sera dédiée aux besoins en eaux de rinçage et d'appoint pour les bains de placage.

La deuxième étape sera l'installation de 2 cellules d'électrolyse inverse pour la récupération des métaux lourds contenus dans les trois bacs de rinçage situés respectivement en tête des lignes de rinçage après cuivrage, nickelage et argentage. L'une des cellules d'électrolyse inverse est dédiée exclusivement à la récupération des ions métalliques de nickel, l'autre partagée entre le cuivre et l'argent.

La dernière étape sera la réorganisation de chacune des lignes de rinçage en incluant un approvisionnement d'eau à contre courant du circuit des pièces.

L'ensemble des 5 projets représente un investissement de 141 100 Dh avec un coût d'exploitation annuel de 3 639 Dh/an. Cet investissement permettrait à la SADF de réduire la toxicité de ses rejets de 98,8%, mais n'offre pas de possibilité de rentabilisation directe.

Cependant, dans le contexte régional de la ville de Fès, il a été démontré¹ qu'un tel investissement du secteur privé déboucherait sur un taux de rentabilité interne global, pour le Royaume du Maroc, supérieur à 8%. En conséquence, des mesures d'incitation à l'investissement, telles que contributions directes, réductions fiscales etc., sont envisagées par les autorités marocaines.

La rentabilité associée avec les investissements décrits ci-après serait bien évidemment positivement affectée par de telles mesures.

D'autre part, il convient de souligner que la SADF devrait aussi prendre en considération les bénéfices intangibles suivants:

- diminution des besoins de manipulation de produits chimiques (eau de Javel, eaux de rinçage contaminées, effluent final etc.)
- diminution des besoins de stockage d'une grande variété de produits chimiques
- amélioration de la qualité des eaux de rinçage, donc stabilisation de la qualité des produits
- diminution des impuretés contenues dans le bain de cuivrage
- diminution de la responsabilité civile associée avec le rejet d'eaux usées
- protection contre la mise en place de futures législations visant à réguler les rejets toxiques (code de l'eau)
- conformité avec les standards environnementaux de production Européens et Américains (ISO-9000 et ISO-14000) assurant ainsi un positionnement commercial sur ses marchés

Les 3 tableaux ci-dessous présentent les projets dans leur globalité et sont accompagnés de quelque commentaires de synthèse.

¹ "Etude d'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'Oued", réalisée par Scandiaconsult International AB.

Tableau 1. Récapitulatif des 5 projets pour la SADF

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 97 Cuivre 98,5 Cyanure 98	41 100	8 713	3 000	-5 713
2	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 94 Nickel 97,7	41 100	7 926	1 100	-6 826
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 85 Argent 98,7 Cyanure 98,5	36 200	1 868	21 180	19 312
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Eau 17 Or 100 Cyanure 100	9 300	638	2 050	1 412
5	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 84	13 700	12 394	570	-11 824
	Total		141 100	31 539 ²	27 900 ³	-3 639

Notes: Les résultats présentés dans le tableau 1., mettent en évidence que seuls les projets 3 et 4, respectivement la ligne d'argentage et de dorure, permettent une rentabilisation des investissements. Cet état de fait s'explique par les caractéristiques suivantes:

- l'argent et l'or sont des métaux précieux à forte valeur de récupération
- la ligne de rinçage après argent comprend déjà un bassin chauffé à 80°C

² Le détail des calculs de coût d'exploitation est présenté en Annexe D.

³ Le détail des calculs de gains est présenté dans la description de chaque projet.

15

- les ions d'argent peuvent être réduits à l'état métallique, par la cellule d'électrolyse inverse, à raison de 4,024 gr./amp./hr (au lieu de 1,186 pour le cuivre, et 1,095 pour le nickel)
- les recommandations pour la ligne de dorure consistent essentiellement à éliminer toute installation de rinçage

C. La hiérarchie des projets

Dans le cadre de cet audit, nos recommandations ont été principalement motivées par la diminution de l'impact environnemental des rejets d'eaux usées provenant du département de traitement de surface de la SADF. Néanmoins, toute société se soumet à des impératifs économiques, humains, technologiques, de législations, etc. et en conséquence est souvent amenée à établir des priorités quand à la réalisation de projets de modernisation. Pour les besoins de ce rapport d'audit, nous avons choisi de présenter deux approches mettant en évidence les niveaux minimum d'investissement permettant de satisfaire d'une part des impératifs économiques ou d'autre part des impératifs environnementaux.

D. L'approche économique

Cette approche met en évidence les projets présentant le meilleur ratio rentabilité/impact environnemental.

Table 2. L'approche économique

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 85 Argent 98,7 Cyanure 98,5	36 200	1 868	21 180	19 312
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Eau 17 Or 100 Cyanure 100	9 300	638	2 050	1 412
Total		Eau 2,6 Métaux 25 Cyanure 54	71 900 ⁴	2 506	27 900	20 720

Note: Cette approche nécessite tout de même un approvisionnement d'eau déionisée pour éviter la contamination du bain d'or. En conséquence, l'achat de l'échangeur d'ion est fortement recommandé. Le reste des installations est identique aux descriptions individuelles des projets 3 et 4.

E. L'approche environnementale

Cette approche met en évidence les projets présentant le meilleur ratio impact environnemental/rentabilité.

Table 3. L'approche environnementale

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 97 Cuivre 98,5 Cyanure 98	41 100	8 713	3 000	-5 713

⁴ Ce chiffre comprends 26 400 Dh correspondant à 60% du coût d'acquisition de l'échangeur d'ion.

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 85 Argent 98,7 Cyanure 98,5	36 200	1 868	21 180	19 312
Total		Eau 7,4 Métaux 69,7 Cyanure 97,9	103 700 ⁵	10 581	24 180	13 599

Note: L'échangeur d'ion est aussi inclus dans ce scénario, de manière à optimiser la durée des cycles de récupération de métaux, avant de nécessiter la vidange du premier bassin de rinçage.

A ce point de la présentation, il faudrait préciser que les chiffres d'investissement préconisés dans ce rapport sont calculés sur la base d'achat d'équipements à des fournisseurs spécialisés. Compte tenu du niveau technologique relativement accessible des équipements recommandés, il est possible d'envisager la fabrication d'une partie de ces équipements par le service technique de la SADF (cellules d'électrolyse inverse). Cette option permettrait à priori de réduire le montant total des investissements d'environ 50 000 Dh.

Il est aussi important de mentionner que l'ensemble des calculs ont été fait sur la base de relevés et mesures effectués lors du travail sur site, ainsi que d'informations recueillies directement auprès des responsables de l'usine.

⁵ Ce chiffre comprends 26 400 Dh correspondant à 60% du coût d'acquisition de l'échangeur d'ion.

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

A. Présentation de la SADF

La SADF est une société anonyme qui a été créée en 1982. Avec une puissance installée de 160 KVA, un effectif de personnel de 200 et une surface couverte de 2000 m², la SADF est une des plus importantes sociétés de Fès spécialisée dans la fabrication des articles de décoration en métal argenté et doré. C'est une unité intégrée comportant toutes les étapes de fabrication depuis le découpage jusqu'à l'électrolyse et le finissage, en passant par toutes les autres étapes mécaniques. Elle traite en moyenne plus de 400 pièces par jour de différentes formes et tailles (théières, plateaux, etc.) soit l'équivalent d'une surface développée de 45 m²/jour de matière première (feuilles, barres et tubes de laiton). Elle opère du Lundi au Vendredi, les heures normales de travail sont de 08:00 h à 16:00 h, soit 8 heures par jour et 286 jours par an.

Elle consomme annuellement environ 134 218 kWh en électricité, équivalent à 183 900 Dh TTC. La SADF dispose d'un puits qui lui assure, par le biais d'un château d'eau, tous ses besoins en eau. Aucun comptage des prélèvements d'eau n'est effectué, mais l'équipe d'audit a estimé la consommation de la SADF aux alentours de 1300 m³/an¹.

Il convient de mentionner que le quartier de Bensouda où se trouve SADF n'est pas encore équipé de réseau d'assainissement ce qui expose la société à de sérieux problèmes d'évacuation de ses eaux usées qui présentent souvent un degré de toxicité relativement élevé. Cette spécificité a été prise en considération au moment du choix des dinanderies à auditer.

La SADF utilise différents produits chimiques pour un total approximatif de 650 000 Dh/an (voir Annexe XX intitulé "Consommations Annuelles de Produits Chimiques")

B. Description sommaire du procédé

B1. Fabrication et préparation des pièces

La fabrication des pièces suit les étapes suivantes:

- **Le découpage.** Les feuilles de laiton, d'épaisseur variable selon le type de pièce à produire, sont découpées, en utilisant un gabarit, à l'aide d'une cisaille et/ou d'une scie sauteuse.
- **Le redressage.** Les pièces subissent une légère déformation au moment de la découpe. Pour les préparer à l'emboutissage, elles sont redressées dans des presses.
- **L'emboutissage.** C'est l'étape de mise en forme de la pièce.
- **Le repoussage.** C'est l'opération qui va donner aux pièces leur forme géométrique définitive.

¹L'estimation des débits a été faite par empottage, i.e. mesurer le temps nécessaire pour remplir un volume connu.

- **Le brasage.** Il s'effectue au bronze ou laiton pour l'assemblage de certaines pièces.
- **Le tournage.** Cet atelier procède à la fabrication des accessoires des pièces.
- **Montage, soudure et assemblage.** La pièce reçoit sa forme commerciale définitive.
- **Nettoyage et polissage.** Certaines pièces, les théières plus particulièrement sont décapées de l'intérieur à l'aide de l'acide nitrique, les autres vont directement au polissage. Le polissage s'effectue par des brosses montées sur des machines tournantes (chaque machine est équipée de deux brosses). Les brosses sont imbibées de temps en temps d'huile moteur usagée pour leur refroidissement et de graisse de polissage. Une fois polies, les pièces sont nettoyées manuellement au gaz lampant (kérosène), séchées avec de la sciure² du bois et polies manuellement avec du blanc d'Espagne.
- **Martelage, impression et décoration.** C'est un travail impressionnant car il est fait entièrement à la main avec une précision et une qualité d'exécution tout à fait remarquable.
- **Fonderie.** Toutes les chutes de métal produites aux différentes étapes mécaniques sont fondues et réutilisées pour la fabrication d'accessoires. Les moules sont préparées manuellement (sous forme de galette) à base de terre rouge qui est cuite sur un feu de bois.

B2. Le traitement de surface

Le dégraissage. Dès leur réception, les pièces sont placées sur des crochets et plongées dans une solution électrolytique exempte de cyanure (contrairement à d'autres usines utilisant des solutions basiques de cyanure de sodium et de soude caustique), pendant une certaine période de temps (5 mn) afin d'enlever toute trace de matières grasses et les préparer pour l'étape suivante: le nickelage. Un courant électrique continu de 250 ampères sous tension de 7 volts, variant suivant le nombre de pièces et leurs surfaces, circule dans cette solution qui est renouvelée entièrement toutes les 290 heures de travail (36 jours)

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de dégraissage puis rincées dans une cascade de 3 bacs de 480 litres d'eau. Les rinçages sont entièrement renouvelés tous les 7 jours de fonctionnement.

Le cuivrage. Le cuivrage est une opération qui permet d'assurer une meilleure fixation sur les parties de soudure des articles à traiter. Aussi et pour assurer une production de qualité, tous les articles sont placés dans une solution alcaline (pH=10.8) de cyanure cuivre (47.2 g/l) et de cyanure de sodium (75 g/l), à travers laquelle un courant continu de 100 Ampères, sous 2 volts, passe à partir de huit anodes de cuivre pièces. La solution est chauffée jusqu'à une température de 55°C au moyen de thermo-plongeur placé directement dans le bain. Les anodes sont consommées à raison de 28.4 kg/an, alors que 8 kg de cyanure de sodium et 5 kg de cyanure de cuivre sont ajoutés à toutes les 192 heures (24 jours) de travail.

²La sciure de bois provient d'ateliers locaux de sciage ou de menuiserie.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de cuivrage et puis rincées dans une cascade de 3 bacs de 480 litres d'eau chacun. Le 3ème bain est également utilisé pour le premier rinçage du nickelage permettant ainsi une oxydation partielle des cyanures. Ces bains sont entièrement renouvelés tous les 7 jours de fonctionnement.

Le nickelage. Le nickelage s'effectue dans 2 bassins de volume respectifs 1 800 l et 640 l de solution. Ces solutions acides (pH = 4.2) comportent du sulfate de nickel (120,6 g/l), du chlorure de nickel (47,5 g/l) et d'acide borique (23,0 g/l) dont la fonction est d'assurer et maintenir un pH acide compris entre 3,5 et 4,5. Dix anodes de nickel (6 dans le petit bassin), dont la passivité est assurée par le NiCl_2 , assurent la circulation du courant électrique requis pour le plaquage de nickel. Des produits ayant pour but d'augmenter le brillant (brillanteur), d'améliorer l'uniformité du dépôt de nickel nivelant), et de réduire les tensions superficielles dues à la viscosité de la solution (mouilleur) sont ajoutés régulièrement.

Le temps de séjour des pièces à traiter est en moyenne de 10 minutes. La solution doit normalement être chauffée à 60°C afin de permettre les meilleurs résultats.

Un appoint des différents sels s'effectue toutes les 192 heures (24 jours) à raison de 43.75 kg pour le sulfate de nickel (14 pour le petit bassin), 9,25 kg pour le chlorure de nickel (6 pour le petit bassin) et 6,7 kg pour l'acide borique (3 kg pour le petit bassin). Les anodes de nickel sont remplacées globalement pour les deux bains à raison de 855 kg/an. Les articles nickelés seront soit argentés soit dorés.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de nickelage et puis rincées dans une cascade de 4 bacs de 480 litres d'eau chacun. Le premier bain étant commun avec le 3ième bain du rinçage cuivrage et le dernier est commun avec le premier rinçage argent. Une oxydation partielle des cyanures se produit dans ces bains. Les eaux de rinçage sont entièrement renouvelées tous les 7 jours de fonctionnement.

L'attaque argent. C'est une opération qui précède l'argentage et consiste à mettre en contact pendant une période très courte (10 s) les pièces avec une solution contenant 20 g/l de cyanure d'argent et 180 g/l de cyanure de potassium dans un bain de 780 litres. Un appoint de ces deux sels s'effectue toutes les 120 heures (15 jours) à raison de 1 kg pour le cyanure d'argent et 12 kg pour le cyanure de potassium.

La fixation d'argent. L'argentage est assuré dans un bain de 780 litres contenant une solution de cyanure d'argent (25 g/l) et de cyanure de potassium (180 g/l). Le temps de fixation est de l'ordre de 2 mn. Du brillanteur d'argent est également mis en solution. Un appoint de 1 kg de cyanure d'argent et de 6 kg de cyanure de potassium est effectué toutes les 120 heures (15 jours).

Un courant de 10 ampères sous 1 volts circule entre 8 anodes d'argent et les pièces à traiter. Ces anodes sont renouvelées tous les six mois.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin d'argentage et puis rincées d'abord dans une cascade de 2 bacs de 480 litres d'eau chacun ensuite dans un bac cylindrique chauffé à 80°C. Le premier bain étant commun avec le 4ème bain du rinçage nickelage. Ces bains sont entièrement renouvelés tous les 7 jours de fonctionnement.

La fixation d'or. La fixation d'or est assurée dans un bain de 480 litres contenant une solution de cyanure d'or (1,04 g/l) et de cyanure de potassium (41 g/l). Le temps de fixation est généralement de l'ordre de 20 à 30 s. Du brillant d'or est également mis en solution. Un appoint de 100 g de cyanure d'or et de 4 kg de cyanure de potassium est effectué toutes les 192 heures (24 jours). Le bain de fixation est maintenu à une température de 90°C

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin d'or et puis rincées d'abord dans un 1 bacs de 480 litres d'eau ensuite dans le bac cylindrique chauffé à 80°C servant au rinçage argent. Ces bacs sont entièrement renouvelés tous les 7 jours de fonctionnement.

Le séchage. Toutes les pièces sont séchées par le biais de déchets de bois (sciure). Puis elles sont ré-inspectées, puis polies à l'aide du blanc d'Espagne et asséchées par de l'air comprimé. Les consommations de la sciure et du blanc d'Espagne sont respectivement 2 kg et 4 kg/j.

La filtration des solutions. La SADF est équipée d'un système mobile de filtration des solutions. Cette filtration permet d'améliorer la durée de vie utile des dites solutions par l'enlèvement des impuretés. Les impuretés proviennent de 5 sources: (1) les supports métalliques (l'entretien de ces supports minimise les déchets); (2) la qualité des anodes (s'assurer de la pureté des anodes de nickel); (3) l'introduction des saletés (en améliorant le rinçage); (4) l'eau d'appoint (l'eau du robinet étant souvent très chargée en sels dissous); (5) l'air (il transporte des particules en suspension qui se déposent dans les bassins de traitement et se mélangent aux solutions).

C. Les rejets de la dinanderie

La SADF, par les différents produits chimiques qu'elle introduit dans son procédé de traitement de surface, génère un certain volume de rejet dont la composition chimique peut présenter un degré de toxicité relativement dangereux pour l'environnement. La SADF utilise une méthode de traitement des eaux usées consistant à collecter les effluents dans un bassin de rétention. Ces effluents liquides sont alors traités par ajout d'eau de Javel pour diminuer la teneur en cyanures. Le pH des eaux ainsi traitées est finalement ajusté à une valeur comprise entre 6.0 et 9.0 puis enfin pompées dans des fûts d'environ 200 litres de contenance et évacuées à l'extérieur de l'agglomération pour déchargement; vraisemblablement dans la nappe phréatique. Les méthodes utilisées pour la préparation des bains de traitement de surface consistent à mesurer les volumes et poids des composants chimiques nécessaires et la maintenance de ces chimies est faite par mesures de pH et analyses chimiques confiées aux fournisseurs des solutions. La SADF n'est pas équipée de laboratoire interne d'analyse chimique.

C1. Les effluents liquides

Le débit. La SADF consomme annuellement, d'après nos estimations, 1 325 m³ d'eau se répartissant comme suit:

Traitement de surface m³/an

Rinçage	244,5
Appoints de solution	9
Evaporation des bains	31,5
S/Total	285

Nettoyage	325
Eaux sanitaires	429
Divers	286
Total	1 325

Les rejets d'eau les plus pollués sont constitués des eaux de rinçage soit 244,5 m³/an ce qui représente environ 20% du volume global rejeté. Ce volume est considéré relativement faible par rapport à ce qui est communément rejeté par d'autres dinanderies de la région. Ceci s'explique par le fait que la SADF, n'étant pas branchée sur un réseau d'assainissement, a constamment cherché à réduire le volume de ses rejets toxiques.

Parmi les mesures ayant déjà été prises par SADF pour la minimisation de l'effet de son activité sur l'environnement on peut citer:

- Utilisation systématique de rinçages statiques (sans écoulement)
- Traitement en aval à l'aide de l'eau de javel oxydant partiellement les cyanures ce qui réduit leur toxicité
- Décharge des eaux après traitement dans des zones éloignées de l'agglomération

Les contaminants. Ils sont constitués principalement de métaux lourds (Cu, Ni, Ag et Au) et des cyanures. Ces contaminants sont entraînés sous forme de sels par les opérations de rinçage.

D'après nos estimations, la SADF rejeterait annuellement les quantités suivantes en kg:

Métaux lourds

Cuivre	34
Nickel	22
Argent	19
Or	0,02
Total	75,02

Cyanures 119,5

C2. Les déchets solides

Ils sont constitués de:

- Chutes, y compris les copeaux de toutes les opérations mécaniques, qui sont intégralement récupérées au niveau de la fonderie pour le moulage d'accessoires variés.
- Sciures de bois utilisées pour le séchage des pièces lors du polissage et du traitement de surface. Ces sciures sont contaminées avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 10 kg. Les sciures usagées sont déposées dans une décharge publique locale.

- Le blanc d'Espagne, une poudre blanche ayant la consistance d'un plâtre, est utilisée pour la finition et le séchage des pièces au niveau du polissage et de traitement de surface. Ce déchet est contaminé avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 12 kg. Le blanc d'Espagne usagé est aussi déposé dans une décharge publique locale.
- Les chiffons utilisés pour le polissage et la finition des pièces, ainsi que les particules solides générées par les chiffons et brosses, sont généralement peu contaminés par des produits toxiques et sont déposés dans une décharge publique locale quand usagés.

C3. Effluents gazeux

Ils sont constitués essentiellement par les fumées de feu de bois au niveau de la cuisson des moules en terre. Le bain de dégraissage, ne contenant pas de cyanures, ainsi que les autres procédés de plaquage contenant des sels métalliques, développent des émanations d'hydrogène et d'oxygène, au niveau des cathodes et des anodes respectivement, et ne nécessitent généralement pas l'utilisation d'équipement de contrôle des effluents gazeux.

SECTION II

PROJET DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

SECTION II
PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

A. Projet N°1. Minimisation des rejets toxiques de cyanure de cuivre

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 97 Cuivre 98,5 Cyanure 98	41 100	8 713	3 000	-5 713

A1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain de cuivrage.
- Installer un système de rinçage a contre courant compose de 3 bacs de rinçage.
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage après cuivrage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé a une température de 45°C.
- Installer une cellule d'électrolyse inverse pour à la fois récupérer les ions de cuivre sous forme métallique, (non-toxique), et oxyder et détruire les cyanures en solution.
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après cuivrage en redisant les bassins.

A2. Description

Le mode opératoire actuel consiste à utiliser 3 bassins de rinçage morts consécutifs au cuivrage. Ces bassins sont progressivement contaminés sur un cycle de 7 jours de production. A la fin du cycle, les eaux de rinçage sont vidangées dans un bassin commun de rétention, pour pré-traitement avant rejet. Chaque bassin de rinçage est constitué de 480 litres d'eau de puits, caractérisée par une mesure de MTS (matières totales en solution) se situant entre 600 et 675.

Le bain de cuivrage au cyanure ne présente pas de cycle de contamination. Il n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SADF (10 ans). Il semble que malgré l'introduction d'impuretés provenant de l'eau de puits, de l'atmosphère, des pièces traitées etc... ce bain est suffisamment "purgé" par l'entraînement de solution emportée par les pièces sortant du bain. Le bain est chauffé a 45°C et muni de balles anti-évaporation.

A3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de modifier l'impact environnemental de cette ligne de cuivrage, de la manière suivante:

- Une réduction de la consommation annuelle d'eau pour ce processus de 56 m³ soit 97%.
- Une récupération annuelle de 33,5 kg de cuivre sur les 34 générés actuellement par la ligne de rinçage, soit 98.5%.
- Une destruction annuelle de 53 kg des cyanures sur les 54 kg générés par cette ligne, soit 98%.

Les économies sur cette opération de cuivrage se montent à 3 000 Dh/an se répartissant comme suit:

- 560 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 340 Dh de récupération de cuivre sur la base de 10 Dh/Kg Cu
- 2 100 Dh d'économie de traitement à l'eau de Javel pour la destruction des cyanures

A4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuable à cette ligne, peut être estimée à 8 713 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 5 878 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 25% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs)
- 2 197 Dh/an pour l'électrolyse inverse (33,5 Kg de cuivre à 65,59 Dh/Kg)
- 638 Dh/an pour l'approvisionnement en eau dé-ionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

A5. Investissement

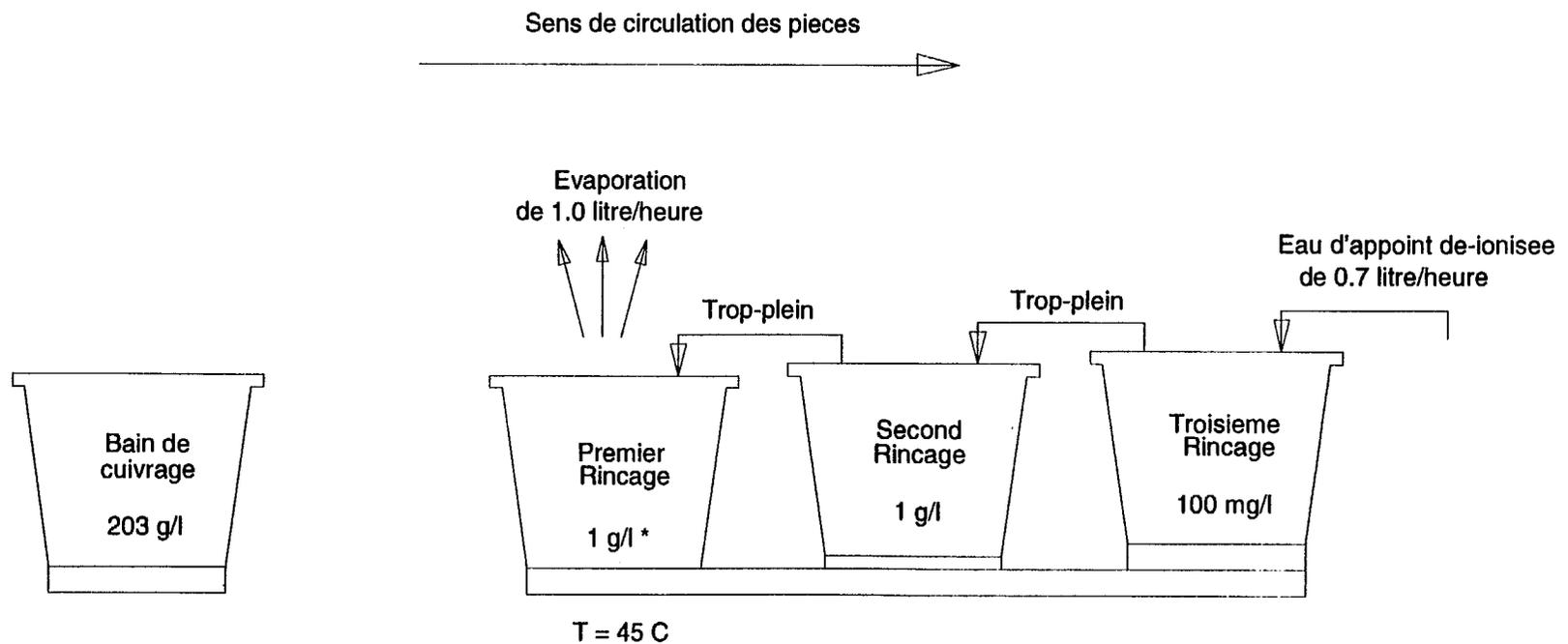
L'investissement global est estimé à 41 100 Dh correspondant à:

- 26 400 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de l'électrolyse inverse
- 8 800 Dh représentant 20% du prix total de l'acquisition de l'échangeur d'ions.
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur
- 1 500 Dh pour élever et renforcer les bassins.

A6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SADF No 1: Rincage a contre-courant apres cuivrage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

B. Projet N°2. Minimisation des rejets toxiques de nickel

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 94 Nickel 97,7	41 100	7 926	1 100	-6 826

B1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain de nickel.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage.
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé à une température de 55°C.
- Installer une cellule d'électrolyse inverse pour la récupération des ions de nickel sous forme métallique, (non-toxique).
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après nickelage en redispasant les bassins.

B2. Description

Le procédé de nickelage est organisé de manière similaire au cuivrage. Les bacs de rinçage sont également "morts". Le premier bac de rinçage après nickelage sert aussi de troisième rinçage pour l'étape précédente de cuivrage. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc un degré de contamination non contrôlable.

Le bain de nickel, semble être maintenu à un niveau de contamination acceptable par un phénomène de "purge" due à l'entraînement de solution de nickel par les pièces sortant du bain. Le bain de nickel n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SADF. Les deux bacs de nickel sont chauffés à 60°C et sont munis de balles anti-évaporation.

L'arrangement actuel des opérations de rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse. Aussi et dans l'optique d'une récupération et revalorisation des métaux, nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après cuivrage et après nickelage

B3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction de la consommation annuelle d'eau pour ce processus de 73 m³, soit 94%.

- Une récupération annuelle de 21,5 kg de nickel sur les 22 kg générés par la ligne de rinçage, soit 97,7%.

Les gains combinés sur cette opération de nickelage se montent à 1 100 Dh/an correspondant à:

- 730 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 370 Dh de récupération de cuivre sur la base de 17 Dh/Kg nickel

B4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 7 926 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 5 878 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 25% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs).
- 1 410 Dh/an pour l'électrolyse inverse (21,5 Kg de nickel à 65,59 Dh/Kg).
- 638 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion).

B5. Investissement

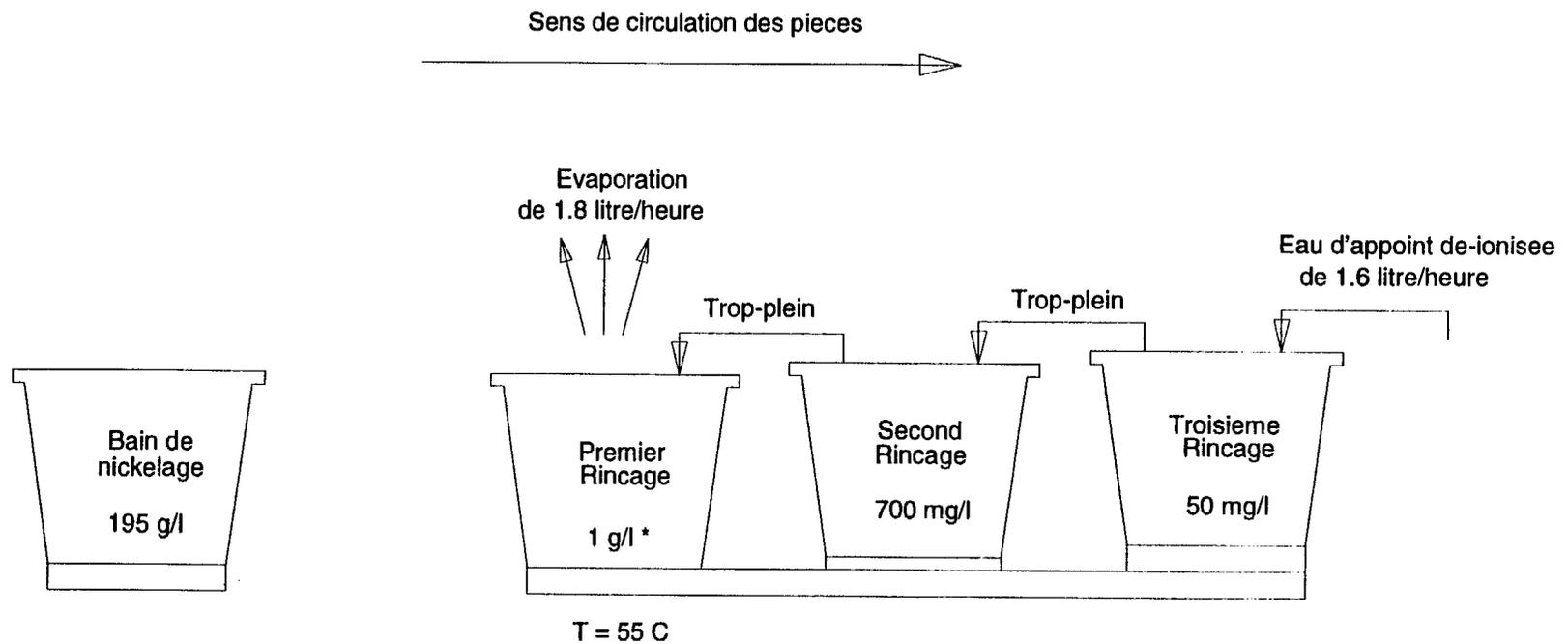
L'investissement global est estimé à 41 100 Dh se répartissant comme suit:

- 26 400 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de électrolyse inverse.
- 8 800 Dh représentant 20% du prix total de l'acquisition de l'échangeur d'ions.
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur.
- 1 500 Dh pour élever et renforcer les bassins.

B6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C et D.

Projet SADF No 2: Rincage a contre-courant apres nickelage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

C. Projet N°3. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 85 Argent 98,7 Cyanure 98,5	36 200	1 868	21 180	19 312

C1. Recommandations

Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain d'argent.

- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage.
- Installer une cellule électrolyse inverse pour la récupération des ions d'argent sous forme métallique, (non-toxique).
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après argentage en redispnant les bassins pour utiliser le bac cylindrique chauffé en premier rinçage.

C2. Description

Le procédé d'argentage est organisé de manière similaire au cuivrage et au nickelage. Les bacs de rinçage sont également "morts". Le premier bac de rinçage après argentage sert aussi de quatrième rinçage pour l'étape précédente de nickelage. Le dernier bac de rinçage après argentage est chauffé à 80°C et sert de deuxième rinçage après dorure. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc un degré de contamination non contrôlable.

Le bain d'argent, est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut et n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SADP. L'arrangement actuel du rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse. Aussi nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après argentage, après nickelage et après dorure.

C3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction la consommation annuelle d'eau de ce processus de 33 m³ soit 85%.
- Une récupération de 18,75 kg d'argent sur les 19 kg (98,7%) générés par cette ligne.
- Une destruction de 64 kg de cyanures sur les 65 kg générés par cette ligne, soit 98,5%.

Les gains combinés sur cette opération de cuivrage se montent à 21 180 Dh/an se répartissant comme suit:

- 330 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 18 750 Dh de récupération d'argent sur la base de 1 000 Dh/Kg Ag

- 2 100 Dh d'économie de traitement à l'eau de Javel

C4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 1 868 Dh/an, sur les bases suivantes:

Pas de coût associé avec le besoin de favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage car l'on recommande d'utiliser le rinçage à 80°C existant déjà.

- 1 213 Dh/an pour l'électrolyse inverse (18,75 Kg d'argent à 65,59 Dh/Kg)
- 638 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

C5. Investissement

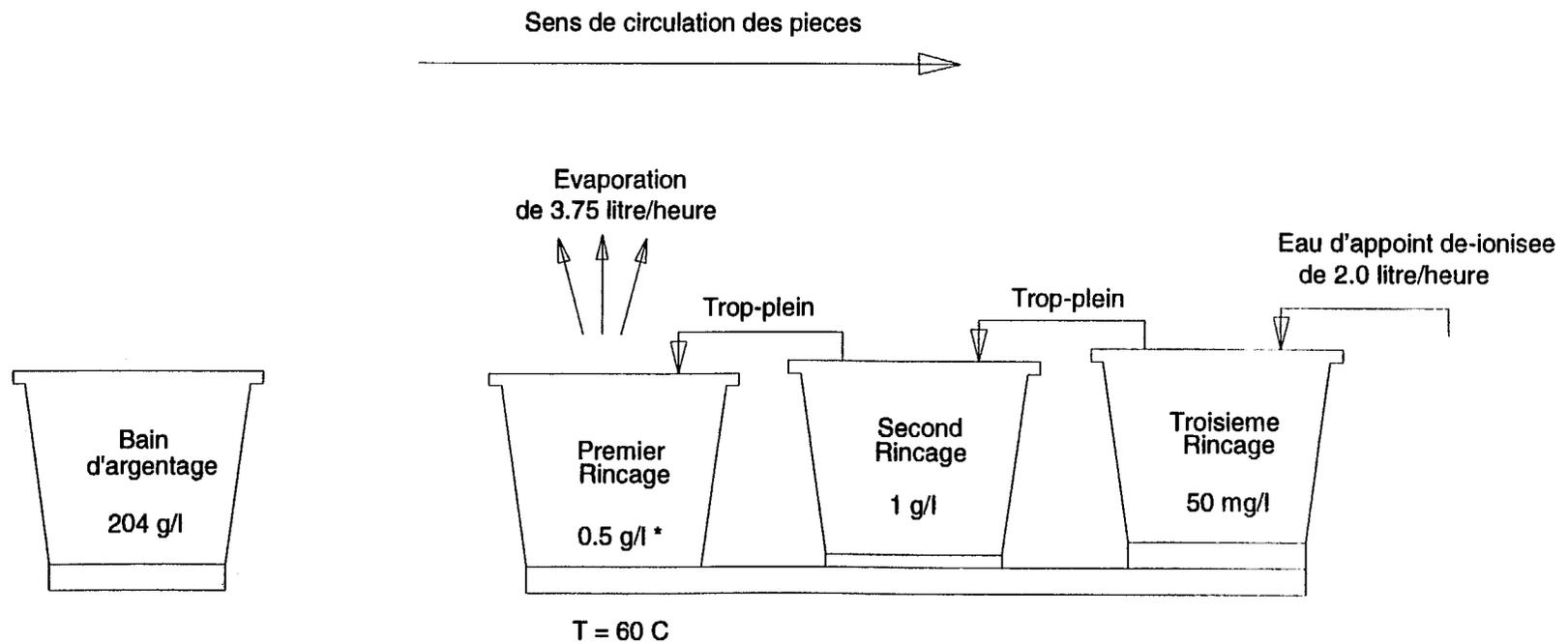
L'investissement global est estimé à 36 200 Dh, dont:

- 26 400 Dh pour l'acquisition d'une unité électrolyse inverse
- 8 800 Dh représentant 20% du montant total de l'acquisition de l'échangeur d'ions
- 1 000 Dh pour élever les bassins de rinçage et permettre l'écoulement de l'eau, par gravité, dans le sens contraire au rinçage des pièces

C6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C et D.

Projet SADF No 3: Rincage a contre-courant apres argentage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

D. Projet N°4. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 17	9 300	638	2 050	1 412
Or 100				
Cyanure 100				

D1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint du bain d'or.
- Eliminer tout bac de rinçage.
- Rincer les pièces au dessus du bain d'or.
- Eliminer les balles anti-évaporation.

D2. Description

Le procédé de dorure est utilisé de manière sporadique. Après le bain de cyanure d'or, les pièces sont rincées dans un bac de rinçage mort, à température ambiante, exclusivement réservé au circuit de dorure. Un deuxième rinçage est alors effectué dans le bassin cylindrique chauffé à 80°C appartenant au cycle d'argentage. Les appoints d'eau pour le bain principal et le bac de rinçage sont également réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc aussi un degré de contamination non contrôlable, l'utilisation d'une eau déionisée à ce niveau est également recommandée.

Le bain de cyanure d'or est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut et n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SADF. Le bain est muni de balles anti-évaporation.

Dans l'optique d'une éventuelle récupération, la manière d'opérer de la SADF pour le rinçage, présente un inconvénient majeur du fait qu'il y a un rinçage commun entre l'argent et l'or. On pourrait se limiter à recommander tout simplement de séparer les rinçages après argentage et après dorure, mais pour profiter du fait que le bain de dorure est constamment maintenu à 100°C et qu'il nécessite dans tous les cas de l'appoint en eau, nous recommandons de supprimer le rinçage après dorure dans un bac mort et de le remplacer par un rinçage sur le bain lui même à l'aide d'un pistolet pulvérisateur.

D3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction la consommation annuelle d'eau de ce processus de 5 m³ (17%)
- Une récupération totale des 20g d'or rejetés par cette ligne
- Une destruction totale de 500 g des cyanures rejetés par cette ligne

Le gain escompté sur cette opération de dorure se montent à 2 050 Dh/an se répartissant comme suit:

- 50 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³

- 2 000 Dh d'or sur la base de 100 Dh/gram d'or.

D4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 638 Dh/an, sur les bases suivantes:

- Pas de coût associé avec le besoin de favoriser l'évaporation car le bain d'or est déjà chauffé à 100°C
- Pas de coût associé avec l'électrolyse inverse puisque l'on rince directement au-dessus du bain, sans bac de rinçage individuel
- 638 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

D5. Investissement

L'investissement global est estimé à 9 300 Dh se répartissant comme suit:

- 8 800 Dh représentant 20% du montant total de l'investissement pour un échangeur d'ion
- 500 Dh pour l'acquisition d'un pistolet pulvérisateur

D6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C et D.

E. Projet N°5. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eau usée du procédé de dégraissage

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 84	13 700	12 394	570	-11 824

E1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage, pour la préparation et l'appoint du bac de dégraissage.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage et intégrant le bain de dégraissage (voir schéma).
- Installer un thermo-plongeur afin d'élever la température du bain de dégraissage pour évaporer l'addition l'eau nécessaire au rinçage à contre courant.

E2. Description

Le procédé de dégraissage est organisé de manière similaire aux étapes de cuivrage, nickelage et argentage. Les 3 bacs de rinçage sont également "morts" mais ne sont pas partagés avec les autres étapes de traitement. Les appoints d'eau pour le bain de dégraissage et les bacs de rinçage sont également réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc aussi un degré de contamination non contrôlable.

A l'opposé des autres bains de traitement de surface, le bain de dégraissage de par sa nature n'est pas maintenu à un niveau de contamination acceptable. Il est donc périodiquement remplacé (toutes les 477 heures de fonctionnement). Le dégraissant utilisé est un produit exempt de cyanures.

Nous recommandons dans ce projet de faire un rinçage à contre courant intégrant même le bain de dégraissage. Ce dernier doit être maintenu à une température de 45°C pour l'évacuation par évaporation des eaux de rinçage qu'il sera amené à recevoir (voir schéma)

E3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser une réduction de la consommation annuelle d'eau de ce processus de 57 m³, soit 84%.

Le gain escompté sur cette opération de dégraissage se montent à 570 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³.

Il est possible que l'utilisation d'eau déionisée, conjointement avec la mise en place de rinçages à contre-courant, augmente sensiblement la durée de vie du bain de dégraissage. Dans cette hypothèse, 10% d'augmentation de la durée de vie du bain engendrerait une économie de 1 650 Dh/an. Pour les besoins de cette étude, cette hypothèse ne sera pas évaluée a priori, puisqu'il

nous faudrait réaliser et observer cette configuration de fonctionnement, sur une période de temps étendue, pour parvenir à une conclusion et un chiffrage fiables.

E4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 12 394 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 11 756 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le bain de dégraissage (soit 50% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs)
- Pas de coût associé avec l'électrolyse inverse puisque l'on ne génère pas de métaux en solution dans les eaux de rinçage
- 638 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

E5. Investissement

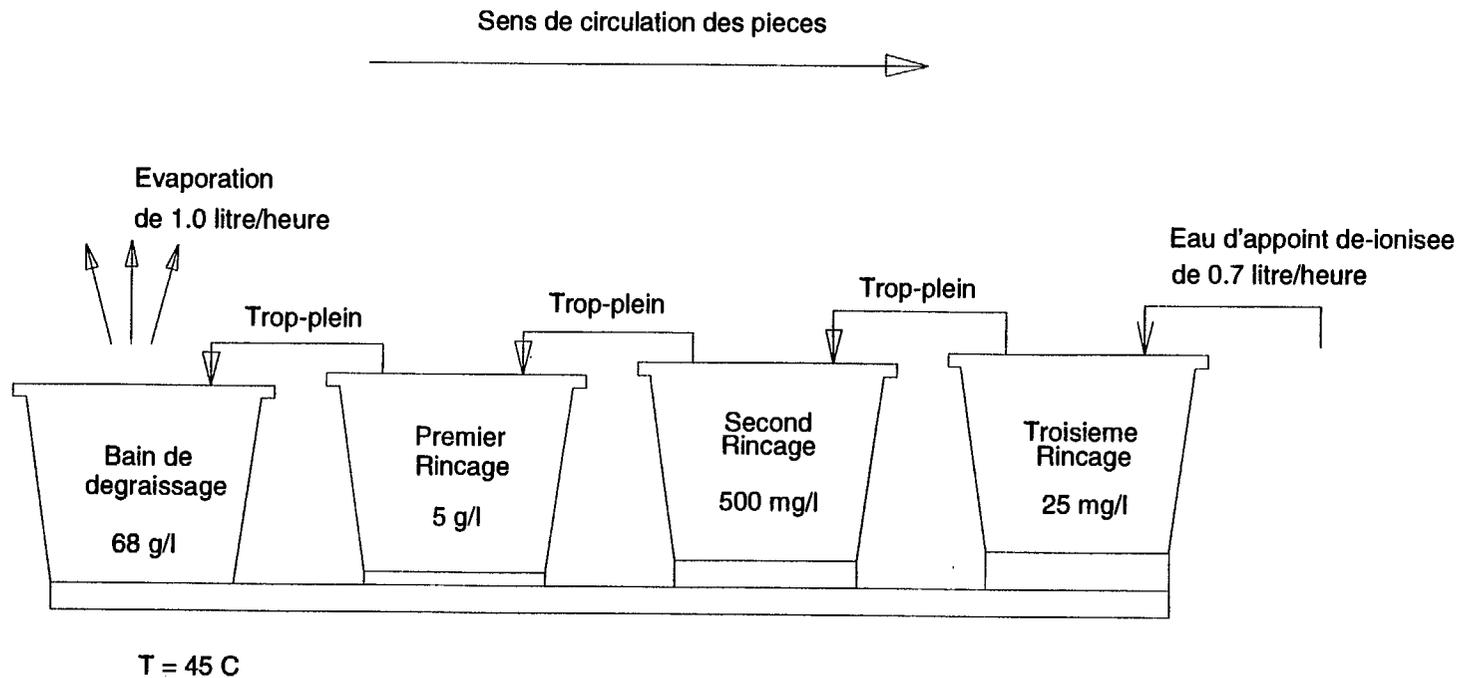
L'investissement global est estimé à 13 700 Dh se répartissant ainsi:

- 8 800 Dh représentant 20% du montant total d'acquisition d'un échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour l'acquisition d'un thermo-plongeur
- 500 Dh pour les frais de réorganisation des bacs de rinçage

E6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SADF No 5: Rincage a contre-courant apres degraissage



Note: Les concentrations mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

SECTION III

RECOMMANDATIONS

SECTION III RECOMMANDATIONS

A. Recommandations particulières

- Sur le plan sécurité: prévoir le port de lunettes et l'accès à un rince-œil pour les ouvriers qui manipulent les pièces à traiter d'un bassin à l'autre¹.
- Se débarrasser de manière définitive et après avoir pris soin de les nettoyer, des contenants en plastique dans lesquels se trouvaient les différents sels toxiques. En règle générale le fournisseur de la solution chimique est équipé pour recycler ces contenants.
- Minimiser les fuites d'air comprimé par une inspection journalière du circuit et le remplacement, le cas échéant, des organes défectueux.
- Nettoyer très régulièrement les différents supports et crochets utilisés dans le procédé afin de réduire le taux d'impuretés entrant dans les différents bains de manière à prolonger au maximum la durée de vie des dits bains. Ces supports peuvent être nettoyés par grattage et devraient être régulièrement re-plastifiés.
- Envelopper les crochets d'immersion par une matière isolante pour éviter des pertes de produits par électrolyse. Ceci peut être réalisé en utilisant un produit plastifiant spécifique aux opérations de plaquage.
- N'utiliser dans les différents bains (nickel et argent) que de l'eau réellement déminéralisée ou déionisée ou distillée. L'eau mise en bouteille vendue pour de l'eau déminéralisée (de type eau de batterie) est très souvent sinon toujours fortement chargée en sels minéraux qui ont pour conséquence un apport en impuretés dans les bassins.
- Réutiliser plusieurs fois les sciures de bois servant au séchage des pièces après séchage naturel sur les terrasses ou éventuellement un terrain vague près de l'usine. En effet leur niveau de contamination ne justifie pas de s'en débarrasser systématiquement après un cycle d'utilisation.
- Veiller au contrôle des différents paramètres: temps de contact, concentration des bains en produits chimiques, température, intensité de courant. A cet effet il faudrait s'équiper d'instruments de mesure tels que thermomètres, ampèremètres, minuteries avec alarmes sonores. Il faut également réserver un petit local pour y effectuer des analyses chimiques des bains.
- Adapter l'intensité du courant au type de pièces à traiter, pour optimiser la productivité. En effet l'épaisseur du dépôt sur le métal dépend de la densité du courant et du temps de contact. Conduire le traitement de surface en se basant uniquement sur le paramètre temps, comme c'est le cas dans la dinanderie auditée, peut induire à une production

¹Voir aussi les lignes directrices de sécurité et santé présentées dans l'addendum #2.

d'une sur ou sous-qualité. Cette remarque est d'autant plus vraie qu'on change souvent de surface à traiter.

Exemple: Si l'on travaille avec une densité de courant de 5 ampères/dm², l'épaisseur du dépôt de nickel augmente de 0,001 mm/mn, cela veut dire qu'au bout de 10 mn on obtiendra une épaisseur de dépôt de nickel de 0,01 mm. Or on peut obtenir la même qualité de dépôt en 6 mn pour une densité de courant de 8 ampères/dm².

- Remplacer le système actuel de cuisson des moules (à la fonderie), par un système plus rationnel où l'on substituerait le combustible bois par du gaz propane. Le bois présente un faible PCI par rapport au gaz (3 000 contre 1 1000 kcal/kg) et sa combustion s'opère avec des rendements inférieurs à 40%. Le système proposé est du type suivant: un générateur à air chaud fonctionnant au propane produisant des fumées à haute température qui vont circuler dans une enceinte fermée où seront disposées les galette-moules (terzaks) .

B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution

- Sensibiliser les employés à la culture de prévention de la pollution.
- Elaborer une stratégie de prévention de la pollution sous forme d'un manuel de procédures contenant des règles écrites et précises permettant:
 - D'instaurer un inventaire systématique des produits chimiques utilisés.
 - De restreindre la manipulation de produits chimiques à un nombre limité de personnes qualifiées.
 - D'instaurer un programme d'analyses chimiques périodiques des bains.
 - De tenir à jour un cahier d'enregistrement des analyses et des appoints des bains.
 - De suivre une procédure écrite des séquences d'appoint.
 - D'optimiser la durée de vie des bains de traitement.
 - D'inspecter régulièrement les bains pour retirer les pièces insidieusement tombées dans le bain.
 - D'instaurer un programme de maintenance préventive pour les bassins.
 - De protéger les bains contre les débordement par un système d'alarme.
 - D'installer un système de détection des fuites.
 - De procéder à l'inspection préalable des pièces avant leur introduction dans les bains.

ANNEXE A

TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ

44

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 1 : Dégraissage	Données	Unités
Renouvellement complet du bain toutes les	477	heures
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	1	m
Longueur	2	m
Profondeur	0.8	m
Volume total de la solution	1600	litres
Soude caustique	0	Kg
Cyanure de sodium	0	Kg
Carbonate de soude	0	Kg
KW	108	Kg
Eau	1492	litres
Concentration		Baumé
Durée de dégraissage	5	mn

Etape 2 : Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs de rinçage pour dégraissage	3	bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	litres
Bac No 3		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	litres

45

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 3 : Cuivrage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs de Cuivrage	1	bac		
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.9	m		
Longueur	1.3	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	530	Litres		
Cyanure de sodium	40	Kg	8	Kg/Mois
Cyanure de cuivre	25	Kg	5	Kg/Mois
Brillanteur	5	Litres	1	Kg/Semaine
Soude Caustique	35	Litres	7	Kg/Mois
Anodes de cuivre	8	Anodes		
Mouillant	2.5	Litres	0.5	L/Semaine
Eau	422.5	Litres		
Durée de Cuivrage	2	mn		
Chauffage électrique	45	°C		
Conc.	14	Baumé		

Etape 4: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs de rinçage pour Cuivrage	3	bacs
Bac No 1		
Dimensions du bac		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 2		
Dimensions du bac		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 3		
Dimensions du bac		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Étape 5: Nickelage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour nickelage	2	bacs		
Bac No 1				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	2	m		
Longueur	0.8	m		
Profondeur	0.9	m		
Volume total de la solution	1440	Litres		
Sulfate de Nickel	218.75	Kg	43.75	Kg/Mois
Chlorure de Nickel	46.25	Kg	9.25	Kg/Mois
Acide Borique	33.5	Kg	6.7	Kg/Mois
Brillanteur0	5	Litres	1	L/semaine
Nivellant	5	Litres	1	L/semaine
Mouilleur	5	Litres	1	L/semaine
Anodes de Nickel	10	Anodes	5	Kg/an
Eau	1126.5	Litres		
Durée de Nickelage	10	mn		
Chauffage électrique	60	°C		
Conc.	25	Baumé		
Bac No 2				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	1	m		
Longueur	0.7	m		
Profondeur	0.9	m		
Volume total de la solution	630	Litres		
Sulfate de Nickel	70	Kg	14	Kg/Mois
Chlorure de Nickel	30	Kg	6	Kg/Mois
Acide Borique	15	Kg	3	Kg/Mois
Brillanteur	2.5	Litres	0.5	L/semaine
Nivellant	2.5	Litres	0.5	L/semaine
Mouilleur	2.5	Litres	0.5	L/semaine
Anodes de Nickel	6	Anodes	10	Kg/an
Eau	507.5	Litres		
Durée de Nickelage	10	mn		
Chauffage électrique	60	°C		
Conc.	25	Baumé		

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 6 : Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour chaque Nickelage	4	Bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 3		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 4		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 7 : Attaque d'argent	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour fixation d'argent	1	bac		
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.9	m		
Longueur	1.2	m		
Profondeur	0.73	m		
Volume total de la solution	788	Litres		
Cyanure d'Argent	15	Kg	2	Kg/Mois
Cyanure de Potassium	140	Kg	24	Kg/Mois
Brillanteur (Silver 90)	0	Litres	0	L/Mois
Eau	633	Litres		
Durée de la fixation	0.1666667	mn		
Concentration	14	Baumé		

Etape 8 : Argentage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour Argentage	1	bac		
<i>Dimensions du bac</i>				
Largeur	0.9	m		
Longueur	1.2	m		
Profondeur	0.73	m		
Volume total de la solution	788	Litres		
Cyanure d'Argent	20	Kg	2	Kg/Mois
Cyanure de Potassium	140	Kg	12	Kg/Mois
Brillanteur (Silver 90)	0.25	Kg	0.05	Kg/3 jours
Anodes d'Argent	8	Anodes	5	Kg/an
Eau	628	Litres		
Durée de la fixation	2	mn		
Concentration	21	Baumé		

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 9 : Rinçage Argent	Données	Unités
Nombre de bacs pour rinçage Argent:	3	bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	480	Litres
Bac No 3		
<i>Dimensions du bac</i>		
Diametre	1.06	m
Profondeur	0.8	m
Chauffage Electrique	80	C
Volume total de la solution	706	Litres

Etape 10 : Fixation d'Or	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour fixation d'Or	1			
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.6	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	480	Litres		
Cyanure d'Or	0.5	Kg	0.1	Kg/Mois
Cyanure de Potassium (ORIMA B Agent)	20	Kg	4	Kg/Mois
Brillanteur	0.3	Kg	0.06	Kg/semaine
Anodes (Platinee)	4	Anodes		
Eau	459.7	Litres		
Chauffage Electrique	100	C		
Durée de la fixation	0.4166667	mn		
Concentration	19	Baumé		

SADF

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 11 : Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour la Dorrure	1	Bac
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution		Litres

Etape 12 : Séchage - Polissage	Données	Unités
- Séchage mécanique		
Déchets de bois	50	Kg/Mois
Poudre de polissage		Kg/Jour
- Séchage pneumatique		
Jet d'air comprimé	ND	ND

ANNEXE B

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS

Société SADP, Fes, Maroc
Annexe B: Tableau des caractéristiques des bains

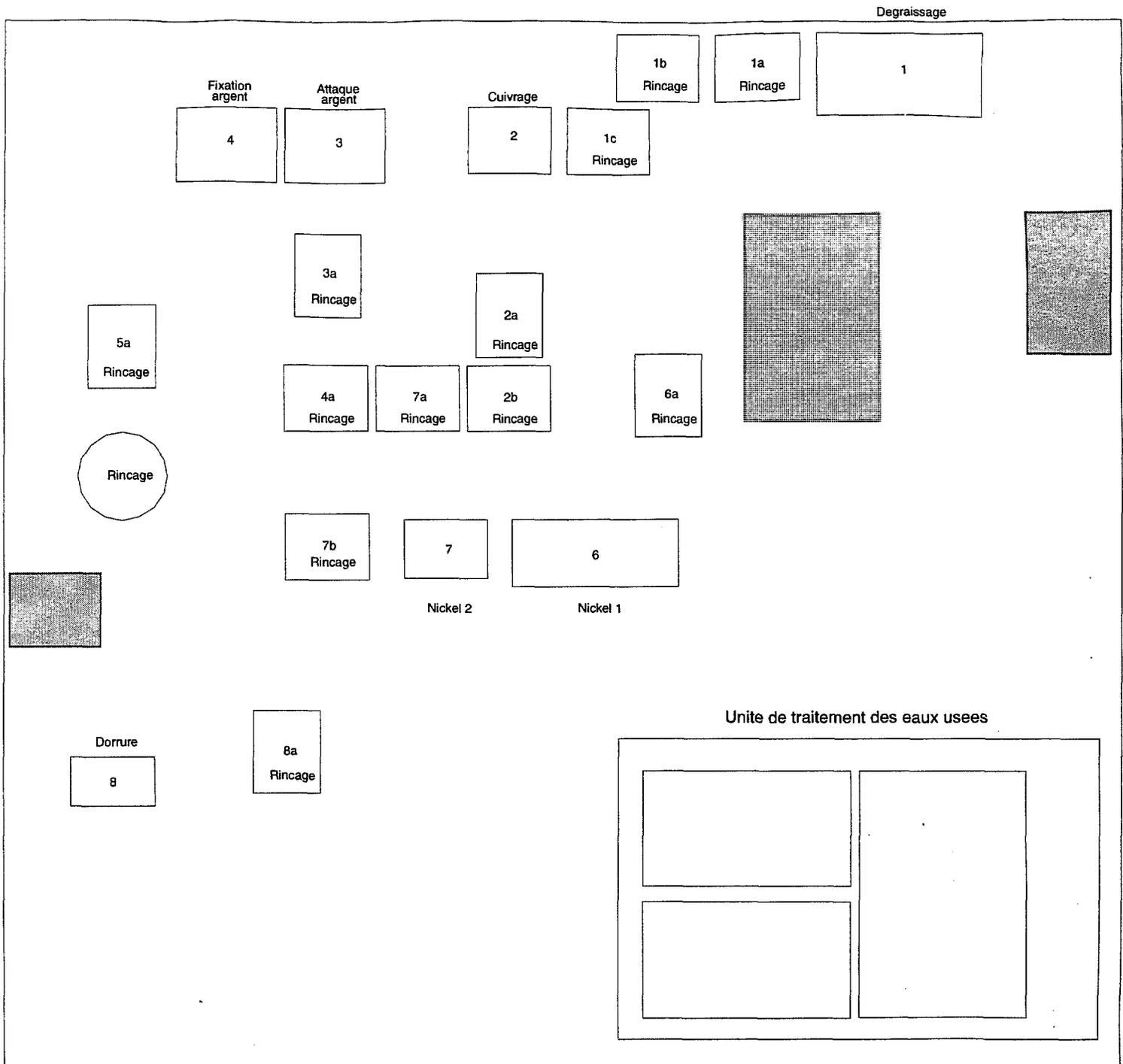
Référence de bassin	Description des bassins	Caractéristiques			Position dans le cycle	Longueur du cycle	TDS introduit fin de cycle mg/l	Métal en Pourcentage du TDS du Bain	Masses/Cycle		Masses Annuelles Kg (metal)	Masses Annuelles Kg (CN)	Volumes Annuels Litres	Concentration en cyanure effluent mg/l
		Temp	TDS en mg/l	pH					Cations en grammes	CN en grammes				
1	Dégraissage	A	68165	12										
1a	Rincage 1		800	8.5	0.14	7	945						19611	
1b	Rincage 2		700	8.7	1.00	7	35						19611	
1c	Rincage 3		770	8.4	1.00	7	105						19611	
	Total						362						58834	
2	Cuivrage	45	203495	10.8				16.46%	Cu	CN				
2a	Rincage 1		7160	11.1	0.86	7	7578		598.60	959	24.46	39.20	19611	48.92
2b	Rincage 2		1760	9.4	0.86	7	1278		100.92	162	4.12	6.61	19611	8.25
6a	Rincage 3		1400	7.4	0.43	7	1715		135.48	217	5.54	8.87	19611	11.07
	Total						3523				34.12	54.68	58834	22.75
6	Nickelage 1	60	218373	4.2				19.15%	Ni					
6a	Rincage 1		1400	7.4	0.43	7	1715		157.61		6.44			
4a	Rincage 2		760	7.1	0.43	7	222		20.37		0.83		19611	
7b	Rincage 3		670	7.1	0.29	7	18		1.61		0.07		19611	
3a	Rincage 4		1000	7.4	0.43	7	782		71.83		2.93		19611	
7	Nickelage 2	60	195109	4.2				18.73%						
7a	Rincage 1		1910	7.1	0.43	7	2905		261.14		10.67		19611	
4a	Rincage 2		760	7.1	0.43	7	222		19.93		0.81			
7b	Rincage 3		670	7.1	0.29	7	18		1.57		0.06			
3a	Rincage 4		1000	7.4	0.43	7	782				0.00			
	Total						833				21.76		78446	
3	Attaque Argent	A	197266	11.3										
4	Placage Argent	A	203925	11.6				10.01%	Ag	CN				
3a	Rincage 1		1000	7.4	0.43	7	782		37.57	131	1.54	5.35		
5a	Rincage 2		4220	10	0.43	7	8295		398.72	1389	16.29	56.73	19611	70.80
ND	Rincage Cylindriq	80	1050	8	0.86	7	449		21.59	75	0.88	3.07	19611	3.83
	Total						3175				18.71	65.15	39223	
8	Placage Or	80	43333	4.2				2.12%	Au	CN				
8a	Rincage 1		740	6.8	0.67	15	113		1.15	21	0.02	0.40	9152	2.29
	Total						113				0.02	0.40	9152	
Total												120	244489	492

ANNEXE C

**SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES
DES BASSINS ET CIRCUITS**

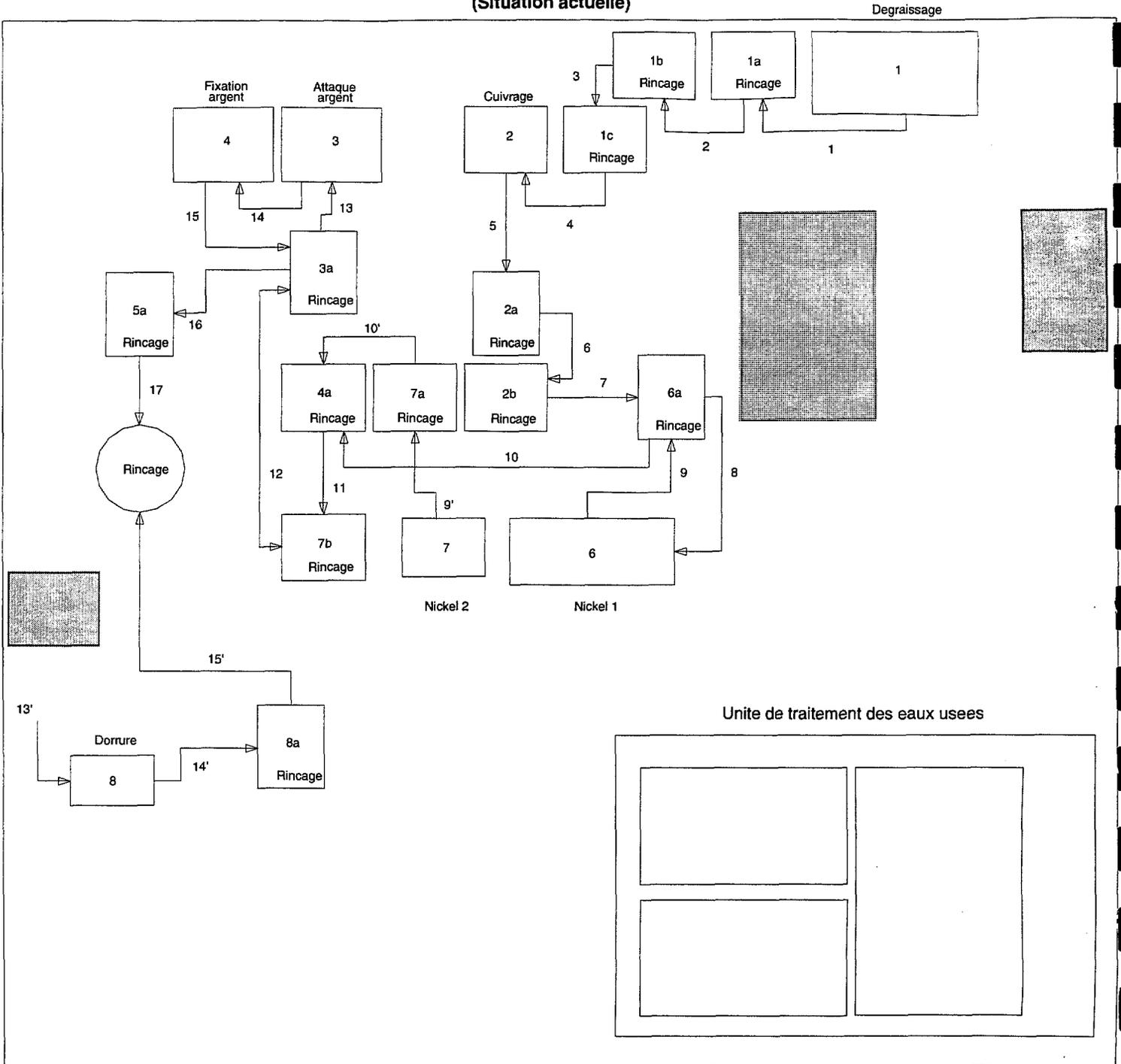
ANNEXE C
SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES
DES BASSINS ET CIRCUITS

Schema d'implantation des procedes
de traitement de surface
a la societe SADF



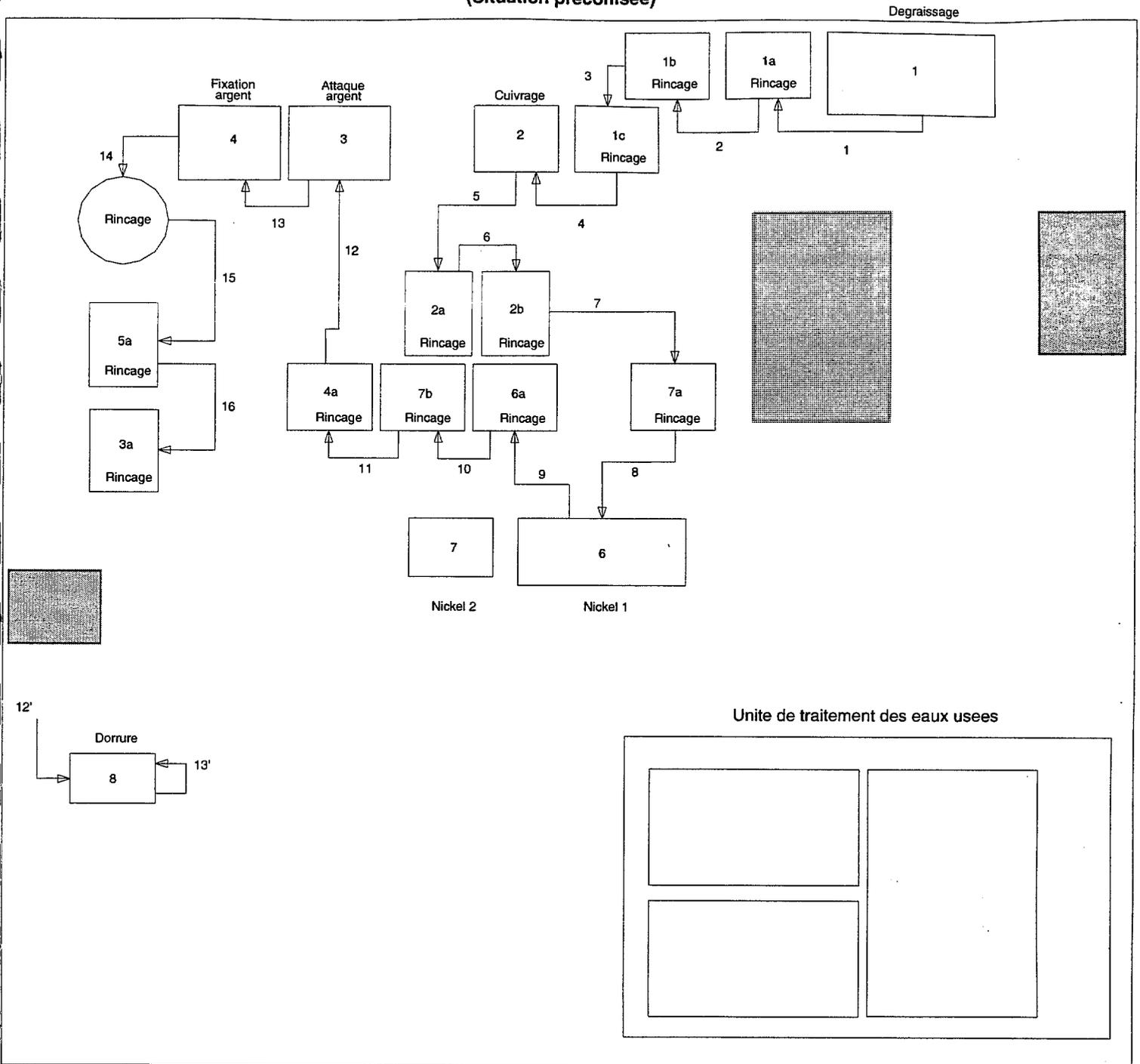
55

**Schema du circuit
de traitement de surface
a la societe SADP
(Situation actuelle)**



56

**Schema du circuit
de traitement de surface
a la societe SADP
(Situation preconisee)**



51

ANNEXE D

DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

ANNEXE D
DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

A. Estimation de coût total d'exploitation de l'électrolyse inverse pour les 5 projets

75,02 Kg de métaux lourds dont 73,725 Kg seront récupérés (98,3%) à un coût de 65,59 Dh/Kg¹ pour un total d'environ 4 700 Dh/an.

B. Estimation de coût total de l'électricité nécessaire à l'opération des thermo-plongeurs

- 1,5 Kwh pour la ligne de cuivrage
- 1,5 Kwh pour la ligne de nickelage
- 3 Kwh pour le bain de dégraissage

Au total 6 Kwh x 10 heures par jour x 286 jours/an x 1,37 Dh/Kwh = 23 510 Dh/an

C. Estimation de coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion pour les 5 projets

Besoin d'eau de rinçage pour alimenter les contre-courants:

5 litres/heure x 10 heures/jour x 286 jours/an = 14 300 litres/an

Au total 55 m³/an d'eau nécessaire au rinçage, appoint et pertes par évaporation du département de traitement de surface, à 58 Dh/m³,² pour un total d'environ 3 190 Dh/an.

¹ Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations, NCMS, NAMF, 1994, p. 132, "3.5.5.2. Operating Cost of Electrowinning Technology."

² Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations, NCMS, NAMF, 1994, p. 110, "3.4.5.2. Operating Cost of Ion Exchange Technology."

ANNEXE E

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEX E
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADER, *Etude de faisabilité pour une station de récupération de chrome, d'élimination des métaux lourds et des cyanures et de prétraitement à Ain Nokbi*, ADER, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Anderson, Donald F., *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Leather Tanning and Finishing Industry*, U.S. Environmental Protection Agency, Effluent Guidelines Division, WH-552, Washington D.C., November 1982.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la dinanderie argenterie de Fès*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la tannerie Wad Eddahab*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Guidebook and directory issue, *Journal of Metal Finishing*, Tarrytown, New York, 1996.
- National Center for Manufacturing Sciences, and National Association of Metal Finishers, *Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations*, NCMS and NAMF, Washington, D.C., 1994.
- RADDEF, *Plan directeur d'assainissement liquide du grand Fès*, RADDEF, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Rinsecalc*, logiciel spécialisé d'optimisation des configurations de rinçages, développé pour CAI ingénierie, mai 1995.

ANNEXE F

ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK

ANNEXE F
ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK

État récapitulatif de stock

N° article	Désignation	Unité	Quantité	P. unitaire	Montant
000000009	CYANURE D'OR +	GRS	1000.000	162.00	162000.00
000000010	SOUDE CAUSTIQUE	KGS	250.000	7.38	1845.00
000000011	CYANURE DE SODIUM +	KGS	200.000	39.00	7800.00
000000012	CARBONATE DE SOUDE	KGS	50.000	6.00	300.00
000000013	PHOSPHATE TRISODIQUE	KGS	50.000	7.50	375.00
000000014	SULFATE DE NICKEL	KGS	700.000	33.55	23485.00
000000015	CHLORURE DE NICKEL	KGS	200.000	35.00	7000.00
000000016	ACIDE BORIQUE	KGS	100.000	23.00	2300.00
000000017	CYANURE DE POTASSIUM +	KGS	350.000	51.36	17975.00
000000018	BRILLANTEUR DE NICKEL	KGS	50.000	75.00	3750.00
000000019	BASE DE NICKEL	KGS	50.000	66.00	3300.00
000000020	CYANURE DE CUIVRE +	KGS	50.000	130.00	6500.00
000000021	ANODE DE NICKEL	KGS	855.900	105.00	90664.88
000000022	ANODE DE CUIVRE	KGS	28.400	75.00	2130.00
000000029	AURA MAKE UP	GR	300.000	125.00	37500.00
000000030	EKASIT - KW	KGS	700.000	23.50	16450.00
000000033	CUPROBRASE DIAMÈTRE 2	KGS	10.000	204.68	2046.80
000000034	CYANURE D' ARGENT +	KGS	35.000	2871.43	100500.00
000000037	LINGOT D'ETAIN	KGS	300.000	90.00	27000.00
000000038	BRILLANTEUR DE CUIVRE	KGS	25.000	475.00	11875.00
000000039	MOUILLANT DE CUIVRE	KGS	25.000	250.00	6250.00
000000042	MOUILLANT DE NICKEL	KGS	25.000	66.00	1650.00
000000047	PH 1-11		10.000	70.00	700.00
000000051	AUROCYNURE +	GR	900.000	41.67	37500.00
000000055	EAU DE JAVEL	KGS	1691.000	2.50	4227.50
000000056	AGENT ORIMA B	KGS	50.000	300.00	15000.00
000000057	BRILLANTEUR ORIMA B	KGS	1.000	42840.00	42840.00
000000058	ACIDE SULFURIQUE	KGS	54.000	3.90	210.60
000000059	BRILLANTEUR NI - 567	LIT	50.000	65.00	3250.00
000000060	NIVELANT NI - 567	LIT	50.000	50.00	2500.00
000000061	ANTIVOILE	LIT	50.000	70.00	3500.00
000000062	MOUILLANT D	LIT	50.000	40.00	2000.00
000000063	CHELUX	LIT	25.000	55.00	1375.00
000000064	MOUILLANT A	LIT	25.000	45.00	1125.00
000000065	BRILLANTEUR V - 205	LIT	25.000	50.00	1250.00

État récapitulatif de stock

N° article	Désignation	Unité	Quantité	P. unitaire	Montant
004000001	BANDE LAITON	KGS	30345.200	43.67	1325229.50
004000002	4 BARRES CORNIÈRES	KGS	8.000	59.50	476.00
004000003	LAITON	KGS	10.400	76.50	795.60
004000004	2 TUBES LAITON LISSE EC	KGS	38.160	60.54	2310.30
004000005	15 BARRES CORNIÈRES	KGS	194.000	87.68	17009.59
004000006	LAITON	KGS	2341.500	43.82	102600.00
004000007	40 TUBES LAITONS RAINE	KGS	201.400	35.70	7189.98
004000008	FIL EN LAITON	KGS	49.900	35.70	1781.43
004000009	70 BARRE LAITON ROND DI	KGS	50.000	35.70	1785.00
004000010	23 BARRE 6 PANS DIAMÈTRE	KGS	8.000	35.70	285.60
004000011	16 BARRES 6 PANS DIAMET	KGS	52.500	35.70	1874.25
004000012	1 BARRE LAITON ROND DIA	KGS	86.700	35.70	3095.19
004000013	6 BARRE LAITON ROND DIA	KGS	60.900	62.49	3805.45
004000020	40 BARRE LAITON SIX PAN	KGS	257.000	60.00	15420.00
004000024	10 BARRE LAITON MÉPLAT	KGS	40.500	83.30	3373.65
004000025	FIL MAILLECHORT	KGS	29.000	76.50	2218.50
004000026	10 TUBE LAITON RAINE 38	KGS	50.000	90.10	4505.00
004000027	10 TUBE LAITON RAINE 28	KGS	126.500	35.70	4516.05
004000028	TUBE LAITON TORSADA 16*	KGS	420.000	50.00	21000.00
004000029	25 BARRE ROND PLEIN LAI	KGS	301.000	35.70	10745.70
004000030	RANCHE LAITON	KGS	69.500	95.00	6602.50
004000035	90 BARRE LAITON ROND DI	KGS	43.000	68.00	2924.00
004000036	5 BARRE LAITON MAIN COU	KGS	165.700	35.70	5915.49
004000040	21 BARRES MÉPLAT LAITON	KGS	50.000	75.00	3750.00
004000043	9 BARRES LAITON ROND 18	KGS	198.900	35.70	7100.73
004000044	MÉTAL D'APPORT LAITON N	KGS	91.600	35.70	3270.12
004000045	100 BARRES LAITON ROND	KGS	221.900	35.70	7921.83
004000048	8 BARRES LAITON ROND DI	KGS	26.300	90.10	2369.63
004000049	24 BARRES LAITON ROND D	KGS	203.800	63.75	12992.25
004000050	10 TUBE LAITON TORSADA	KGS	3.300	76.50	252.45
004000052	100 BARRES MÉPLAT LAITON	KGS	21.600	84.80	1831.68
	1 TUBE LAITON LISSE 23*				
	10 TUBE LAITON TORSADA				

ANNEXE G

EKASIT - KW

ANNEXE G
EKASIT - KW

Dégraissant électrolytique universel pour acier, métaux non ferreux et également zamak en cathodique.

A. Avantages

Exempt de cyanure et de complexants:

- Biodégradable
- Grand pouvoir émulsionnant vis à vis des graisses et huiles

B. Mode opératoire

- Concentration: 40 à 60 g/l
- Température: 35 à 60 °C

<u>Temps d'immersion</u>	<u>Métaux non ferreux</u>	<u>Acier</u>
Dégraissage anodique	10 à 20 secondes	20 à 60 Secondes
Dégraissage cathodique	20 à 40 secondes	30 à 60 secondes
Densité de courant	1 à 4 A/dm ²	4 à 8 A/dm ²
Voltage	4 à 6 Volts	6 à 8 Volts

C. Équipement

Cuve et système de chauffage en acier doux.

D. Montage d'un bain

Remplir la cuve au 3/4 de l'eau chauffée à 40 - 50° C. Ajouter le dégraissant en agitant jusqu' à dissolution complète. Ajuster au volume final et chauffer à température de travail.

E. Analyse

- Filtrer un échantillon et refroidir à température ambiante.
- Pipetter 10 ml dans un Erlenmeyer et ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange.
- Titrer avec de l'acide sulfurique N ou de l'acide chlorhydrique N (SO₄H₂N ou HCIN); jusqu'à virage du jaune ou rouge.
- Calcul : ml SO₄H₂ ou HCIN X 6,1 = g/l EKASIT KW.

**Audit environnemental:
Société de Dinanderie, d'Argenterie
et de Quincaillerie
(SODAQ)**

Par:

Abdelkarim Bennani
Serge Astaud
Saïd Bouanani

octobre 1996

REMERCIEMENTS

Le Projet PRIDE et l'équipe de l'audit tiennent à remercier Monsieur Abdelouahed El-Oudghiri Directeur Général de la SODAQ, pour son chaleureux accueil et pour l'aide qu'il a réservée à l'équipe lors des travaux de l'audit environnemental.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe des agents et collaborateurs, pour leur participation à la campagne de mesures et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer aux ingénieurs auditeurs, à la collecte de données et aux prises de mesures.

De plus, nous tenons à remercier tout particulièrement le Ministère de l'Environnement du Maroc, ainsi que l'équipe du Laboratoire National D'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement, sans qui ces rapports n'auraient pu être mener à bien.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe des agents et collaborateurs, pour leur participation à la campagne de mesures et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer aux ingénieurs auditeurs, à la collecte de données et aux prises de mesures.

L'audit de la dinanderie a été réalisé par:

- Abdelkarim Bennani, chef d'équipe, Ph.D., Industries chimiques, expert-conseil en énergie et environnement
- Serge Astaud, Expert International, spécialiste en prévention de la pollution dans l'industrie de traitement de surface
- Saïd Bouanani, PhD. Génie Chimique, expert-conseil en énergie et environnement

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE EXÉCUTIF	i
SECTION I	DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE
	A. Présentation de la SODAQ I-1
	B. Description sommaire du procédé I-1
	C. Les rejets de la dinanderie I-4
SECTION II	PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION
	A. Projet N° 1. Minimisation des rejets toxiques de cyanure de cuivre II-1
	B. Projet N° 2. Minimisation des rejets toxiques de nickel II-4
	C. Projet N° 3. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent II-7
	D. Projet N° 4. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or II-10
	E. Projet N° 5. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eau usée du procédé de dégraissage II-12
	F. Projet N° 6. Minimisation des rejets d'eaux usées du procédé de chromage II-15
SECTION III	RECOMMANDATIONS
	A. Recommandations particulières III-1
	B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution III-2
ANNEXE A	TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ A-1
ANNEXE B	TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS B-1
ANNEXE C	SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES DES BASSINS ET CIRCUITS C-1
ANNEXE D	DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION D-1
ANNEXE E	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES E-1

SOMMAIRE EXÉCUTIF

A. Introduction

Ce rapport présente les conclusions de l'audit environnemental de la Société de dinanderie, d'argenterie et de quincaillerie SODAQ située au quartier Industriel Sidi Brahim, Fès, qui a été retenue avec deux autres dinanderie-argenteries de Fès pour bénéficier d'une assistance technique fournie par le Projet PRIDE.

La réalisation de cet audit a mobilisé une équipe de deux experts nationaux (Mssrs Abdelkarim Bennani et Saïd Bouanani), et un expert international (Mr. Serge Astaud), qui ont travaillé en étroite collaboration avec le personnel de la société.

Le travail sur site s'est déroulé en deux étapes: une campagne de pré-audit le 14 juin 1996 et la campagne de mesures le 14 et 15 juin 1996.

B. Résultats

L'audit a permis de dégager 6 projets visant à minimiser les impacts environnementaux des opérations du département de traitement de surface.

La réalisation de ces projets permettrait à la société de réduire:

- le volume de ses eaux usées de 84% et autant pour sa consommation d'eau,
- la quantité de métaux lourds dans ses effluents de 98%,
- ses rejets toxiques en cyanures de 99%

Ces 6 projets peuvent être réalisés en trois étapes.

La première étape consiste à installer une unité de production d'eau déionisée sous la forme d'un échangeur d'ion. Cette unité sera dédiée aux besoins en eaux de rinçage et d'appoint pour les bains de placage.

La deuxième étape sera l'installation de 2 cellules d'électrolyse inverse pour la récupération des métaux lourds contenus dans les trois bacs de rinçage situés respectivement en tête des lignes de rinçage après cuivrage, nickelage et argentage. L'une des cellules d'électrolyse inverse est dédiée exclusivement à la récupération des ions métalliques de nickel, l'autre partagée entre le cuivre et l'argent.

La dernière étape sera la réorganisation de chacune des lignes de rinçage en incluant un approvisionnement d'eau à contre courant du circuit des pièces et l'élimination du bac de rinçage après chromage.

L'ensemble des 6 projets représente un investissement de 180 000 Dh avec un gain net annuel de 13 434 Dh/an. Cet investissement permettrait à la SODAQ de réduire la toxicité de ses rejets de 98,5%, avec un temps de retour de 13,5 ans.

Cependant, dans le contexte régional de la ville de Fès, il a été démontré¹ qu'un tel d'investissement du secteur privé déboucherait sur un Taux de Rentabilité Interne global, pour le Royaume du Maroc, supérieur à 8%. En conséquence, des mesures d'incitation à l'investissement, telles que contributions directes, réductions fiscales etc., sont envisagées par les autorités marocaines.

La rentabilité associée avec les investissements décrits ci-après serait bien évidemment positivement affectée par de telles mesures.

D'autre part, il convient de souligner que la SODAQ devrait aussi prendre en considération les bénéfices intangibles suivants:

- diminution des besoins de manipulation de produits chimiques (eau de Javel, eaux de rinçage contaminées, effluent final etc.)
- diminution des besoins de stockage d'une grande variété de produits chimiques
- amélioration de la qualité des eaux de rinçage, donc stabilisation de la qualité des produits
- diminution des impuretés contenues dans le bain de cuivrage
- diminution de la responsabilité civile associée avec le rejet d'eaux usées
- protection contre la mise en place de futures législations visant à réguler les rejets toxiques (code de l'eau)
- conformité avec les standards environnementaux de production Européens et Américains (ISO-9000 et ISO-14000) assurant ainsi un positionnement commercial sur ses marchés.

Les 3 tableaux ci-dessous présentent les projets dans leur globalité et sont accompagnés de quelque commentaires de synthèse.

¹ "Etude d'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'Oued", réalisée par Scandiaconsult International AB.

Tableau 1. Récapitulatif des 6 projets pour la SODAQ

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 99,7 Cuivre 80 Cyanure 98	54 300	9 682	9 965	283
2	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 99,7 Nickel 97,4	54 300	8 501	9 900	1 399
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,7 Argent 93 Cyanure 96,5	39 600	7 502	12 850	5 348
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Or 100 Cyanure 100	9 300	931	6 000	5 069
5	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 99,5 Cyanure 100	22 500	13 645	15 000	1 345
6	Minimisation des rejets d'eau usées du procédé de chromage	Eau 100 Chrome 100	NA	NA	NA	NA ²
Total			180 000	40 261 ³	53 695 ⁴	13 434

² La ligne de chromage n'est pratiquement jamais utilisée, donc aucune donnée économique ne s'applique.

³ Le détail des calculs de coût d'exploitation est présenté en Annexe D.

⁴ Le détail des calculs de gains est présenté dans la description de chaque projet.

72

Notes: Les résultats présentés dans le tableau 1. mettent en évidence que l'exécution des projets 3 et 4 uniquement aboutirait au meilleur taux de rentabilité. Cet état de fait s'explique par les caractéristiques suivantes:

- l'argent et l'or sont des métaux précieux à forte valeur de récupération
- les ions d'argent peuvent être réduits à l'état métallique, par la cellule d'électrolyse inverse, à raison de 4,024 gr./amp./hr (au lieu de 1,186 pour le cuivre, et 1.095 pour le nickel)
- les recommandations pour la ligne de dorure consistent essentiellement à éliminer toute installation de rinçage.

C. La hiérarchie des projets

Deux approches distinctes permettent de comprendre la sensibilité des projets quand à une potentielle exécution partielle des recommandations. Bien que les deux approches présentent un gain net positif, l'approche économique permet un taux de rentabilité supérieur de 43 % par rapport à l'approche environnementale.

Il est intéressant de noter aussi que les deux approches comprennent un projet intitulé 5 bis. Cette variante du projet 5, tel que décrit plus bas dans ce rapport, consiste à simplement remplacer la chimie de dégraissage à base de cyanure par un bain sans cyanure. Le reste des recommandations, concernant la modification de la ligne de rinçage associée avec ce procédé, ne sont pas prises en compte.

D. L'approche économique

Cette approche mets en évidence les projets présentant le meilleur ratio rentabilité/impact environnemental.

Tableau 2. L'approche économique

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains Net Escomptés (en Dh/an)
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,7 Argent 93 Cyanure 96,5	39 600	7 502	12 850	5 348
4	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or	Or 100 Cyanure 100	9 300	931	6 000	5 069
5 bis	Elimination des cyanures dans le bain de dégraissage	Cyanure 100	NA	NA	5 500	5 500
	Total	Eau 24,6 Métaux 5,6 Cyanure 80,8	75 300 ⁵	8 433	24 350	15 917

Note: Cette approche nécessite tout de même un approvisionnement d'eau déionisée pour éviter la contamination du bain d'or. En conséquence, l'achat de l'échangeur d'ion est fortement recommandé. Le reste des installations est identique aux descriptions individuelles des projets 3, 4 et 5 bis.

E. L'approche environnementale

Cette approche met en évidence les projets présentant le meilleur ratio impact environnemental/rentabilité.

⁵ Ce chiffre comprends 26 400 Dh correspondant à 60% du coût d'acquisition de l'échangeur d'ion.

Tableau 3. L'approche environnementale

No	Intitulé du Projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation des rejets toxiques de cyanure cuivre	Eau 99,7 Cuivre 80 Cyanure 98	54 300	9 682	9 965	283
3	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,7 Argent 93 Cyanure 96,5	39 600	7 502	12 850	5 348
5 bis	Elimination des cyanures dans le bain de dégraissage	Cyanure 100	NA	NA	5 500	5 500
Total		Eau 49 Métaux 68 Cyanure 98,4	120 300 ⁶	17 184	28 315	11 131

Note: L'échangeur d'ion est aussi inclus dans ce scénario, de manière à optimiser la durée des cycles de récupération de métaux, avant de nécessiter la vidange du premier bassin de rinçage.

A ce point de la présentation, il faudrait préciser que les chiffres d'investissement préconisés dans ce rapport sont calculés sur la base d'achat d'équipements à des fournisseurs spécialisés. Compte tenu du niveau technologique relativement accessible des équipements recommandés, il est possible d'envisager la fabrication d'une partie de ces équipements par le service technique de la SODAQ (cellules d'électrolyse inverse à titre d'exemple). Cette option permettrait a priori de réduire le montant des investissements d'environ 50 000 Dh et donc de ramener la durée de retour sur l'investissement à 3 ans.

Il est aussi important de mentionner que l'ensemble des calculs des gains ont été fait sur la base de relevés et mesures effectués lors du travail sur site, ainsi que d'informations recueillies auprès des responsables de l'usine.

⁶ Ce chiffre comprends 26 400 Dh correspondant à 60% du coût d'acquisition de l'échangeur d'ion.

75

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

A. Présentation de la SODAQ

La SODAQ est une société anonyme qui a été créée en 1989. Avec une puissance installée de 100 KVA, un effectif de personnel de 40 et une surface couverte de 1 500 m², la SODAQ est une entreprise spécialisée dans la fabrication des articles de décoration en métal argenté et doré. C'est une unité intégrée comportant toute les étapes de fabrication depuis le découpage jusqu'à l'électrolyse et le finissage en passant par toutes les étapes mécaniques. Elle traite en moyenne plus de 225 pièces par jour de différentes formes et tailles (théières, plateaux, etc.) soit l'équivalent d'une surface développée de 25 m²/jour de matière première (feuilles, barres et tubes de laiton). Elle opère du lundi au vendredi, les heures normales de travail sont de 08:00 h à 16:00 h, soit 8 heures par jour et 260 jours par an.

Elle consomme annuellement environ 66 000 kWh en électricité, équivalent à 108 000 Dh TTC. La SODAQ dispose d'un puits qui lui assure, par le biais d'un château d'eau, tous ses besoins en eau. Aucun comptage des prélèvements d'eau n'est effectué, mais l'équipe d'audit a estimé la consommation de la SODAQ aux alentours de 4 500 m³/an¹.

B. Description sommaire du procédé

B1. Fabrication et préparation des pièces

La fabrication des pièces suit les étapes suivantes:

- **Le découpage.** Les feuilles de laiton, d'épaisseur variable selon le type de pièce à produire, sont découpées, en utilisant un gabarit, à l'aide d'une cisaille et/ou d'une scie sauteuse.
- **Le redressage.** Les pièces subissent une légère déformation au moment de la découpe. Pour les préparer à l'emboutissage, elles sont redressées dans des presses.
- **L'emboutissage.** C'est l'étape de mise en forme de la pièce.
- **Le repoussage.** C'est l'opération qui va donner aux pièces leur forme géométrique définitive.
- **Le brasage.** Il s'effectue au bronze ou laiton pour l'assemblage de certaines pièces.
- **Le tournage.** Cet atelier procède à la fabrication des accessoires des pièces.
- **Montage, soudure et assemblage.** La pièce reçoit sa forme commerciale définitive.

¹L'estimation des débits a été faite par empotage, i.e. mesurer le temps nécessaire pour remplir un volume connu.

- **Nettoyage et polissage.** Certaines pièces, les théières plus particulièrement sont décapées de l'intérieur à l'aide de l'acide nitrique, les autres vont directement au polissage. Le polissage s'effectue par des brosses montées sur des machines tournantes (chaque machine est équipée de deux brosses). Les brosses sont imbibées de temps en temps d'huile moteur usagée pour leur refroidissement et de graisse de polissage. Une fois polies, les pièces sont nettoyées manuellement au gaz lampant (kérosène), séchées avec de la sciure de bois² et polies manuellement avec du blanc d'Espagne.
- **Martelage, impression et décoration.** C'est un travail impressionnant car il est fait entièrement à la main avec une précision et une qualité d'exécution tout à fait remarquable.
- **Fonderie.** Toutes les chutes de métal produites aux différentes étapes mécaniques sont fondues et réutilisées pour la fabrication d'accessoires. Les moules sont préparés manuellement (sous forme de galette) à base de terre rouge qui est cuite sur un feu de bois.

B2. Le Traitement de surface

Le dégraissage. Dès leur réception, les pièces sont placées sur des crochets et plongées dans une solution électrolytique basique de cyanure de sodium (125 g/l) et de soude caustique (62,5 g/l) pendant une certaine période de temps (5 mn) afin d'enlever toute trace de matières grasses et les préparer pour l'étape suivante: le nickelage. Un courant électrique continu, circule dans cette solution qui est renouvelée entièrement toutes les 700 heures de travail (80 jours). Il n'y a pas d'ampèremètre ni de voltmètre indiquant l'intensité et la tension du courant.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de dégraissage et puis rincées dans un bac de 450 litres d'eau qui sert également de bain de premier rinçage après cuivrage. Ce bain est renouvelé par un appoint d'eau relativement constant.

Le cuivrage. Le cuivrage est une opération qui permet d'assurer une meilleure fixation sur les parties de soudure des articles à traiter. Aussi et pour assurer une production de qualité, tous les articles sont placés dans une solution alcaline (pH=9,7) de cyanure cuivre (100 g/l) et d'hydroxyde de potassium (20 g/l), à travers laquelle un courant continu passe à partir de quatre anodes de cuivre. La solution est chauffée jusqu'à une température de 38°C au moyen de thermo-plongeur placé directement dans le bain. Les anodes sont consommées à raison de 13,4 kg/an, alors que 2 kg d'hydroxyde de potassium et 0,5 kg de cyanure de cuivre sont ajoutés à toutes les 192 heures (24 jours) de travail.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de cuivrage et puis rincées successivement dans de 2 bacs de 450 litres d'eau chacun. Le 1er bain est également utilisé pour le premier rinçage du cuivrage, alors que le deuxième bain est partagé avec le 1er rinçage après nickelage ce qui permet une oxydation partielle des cyanures. Ces bains sont renouvelés par un appoint d'eau continu.

Le nickelage. Le nickelage s'effectue dans 2 bassins de volume 450 litres de solution chacun. Ces solutions acides (pH=4,2) comportent du sulfate de nickel (300 g/l), du chlorure de

²La sciure de bois provient d'ateliers locaux de sciage ou de menuiserie

nickel (80 g/l) et d'acide borique (45 g/l) dont la fonction est d'assurer et maintenir un pH acide compris entre 3,5 et 4,5. Quatre anodes de nickel dans chaque bassin dont la passivité est assurée par le NiCl_2 , assurent la circulation du courant électrique requis pour le plaquage de nickel. Des produits ayant pour but d'augmenter le brillant (brillanteur), de faciliter la fixation du nickel (fixateur), et de réduire les tensions superficielles dues à la viscosité de la solution (mouilleur) sont ajoutés régulièrement.

Le temps de séjour des pièces à traiter est en moyenne de 10 minutes. La solution doit normalement être chauffée à 55°C afin de permettre les meilleurs résultats.

Un appoint des différents sels s'effectue toutes les 192 heures (24 jours) à raison de 48 kg pour le sulfate de nickel, 12 kg pour le chlorure de nickel et 7,2 kg pour l'acide borique.

Les anodes de Nickel sont remplacées globalement pour les deux bains à raison de 260 kg/an.

Les articles nickelés seront soit argentés soit dorés.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de Nickelage et puis rincées successivement dans 2 bacs de 450 litres d'eau chacun. Le premier bain étant commun avec le 2ème bain du rinçage cuivrage et le dernier est commun avec le premier rinçage argent. Ce qui permet une oxydation partielle des cyanures. Ces bains sont renouvelés par un appoint d'eau constant.

L'attaque argent. C'est une opération qui précède l'argentage et consiste à mettre en contact pendant une période très courte (30 s) les pièces avec une solution contenant 2 g/l de cyanure d'argent et 100 g/l de cyanure de potassium dans un bain de 450 litres.

Un appoint de ces deux sels s'effectue toutes les 192 heures (24 jours) à raison de 0,5 kg pour le cyanure d'argent et 5 kg pour le cyanure de potassium.

La fixation d'argent. L'argentage est assurée dans un bain de 450 litres contenant une solution de cyanure d'argent (30 g/l) et de cyanure de potassium (250 g/l). Le temps de fixation est généralement de l'ordre de 2mn. Du brillanteur d'argent est également mis en solution. Un appoint de 1,5 kg de cyanure d'argent et de 7,5 kg de cyanure de potassium est effectué toutes les 192 heures (24 jours).

Un courant de 25 ampères sous 3 volts circule entre la solution et les pièces à traiter. La SODAQ n'utilise pas d'anodes d'argent³.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin d'argentage et puis rincées dans le bac du 2ème rinçage nickelage.

La fixation d'or. La fixation d'or est assurée dans un bain de 450 litres contenant une solution de cyanure d'or (0,6 g/l) et de cyanure de potassium (44 g/l). Le temps de fixation est généralement de l'ordre de 20 à 30 s. Du brillanteur d'or est également mis en solution.

³En l'absence d'anodes d'argent, l'approvisionnement en ions métalliques est fait directement par la présence de métal en solution dans le bain.

Le bain de fixation est maintenu à une température de 90°C. La dorure n'était pas opérationnel durant la campagne d'audit.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin d'or et puis rincées dans le même bac de rinçage que celui de l'argent.

Le séchage. Toutes les pièces sont séchées par le biais de déchets de bois (sciure). Puis elles sont réinspectées, puis polies à l'aide du blanc d'Espagne et asséchées par de l'air comprimé.

Les consommations de la sciure et du blanc d'Espagne sont respectivement 2 kg et 4 kg/j.

La filtration des solutions. La SODAQ est équipée d'un système mobile de filtration des solutions. Cette filtration permet d'améliorer la durée de vie utile des dites solutions par l'enlèvement des impuretés. Les impuretés proviennent de 5 sources: (1) les supports métalliques (l'entretien de ces supports minimise les déchets); (2) la qualité des anodes (s'assurer de la pureté des anodes de nickel); (3) l'introduction des saletés (en améliorant le rinçage); (4) l'eau d'appoint (l'eau du robinet étant souvent très chargée en sels dissous); (5) l'air (il transporte des particules en suspension qui se déposent dans les bassins de traitement et se mélangent aux solutions).

C. Les rejets de la dinanderie

La SODAQ, par les différents produits chimiques qu'elle introduit dans son procédé de traitement de surface, génère un certain volume de rejet dont la composition chimique peut présenter un degré de toxicité relativement dangereux pour l'environnement. Aucune méthode de traitement/réutilisation des eaux usées ou tout autre déchets n'est employée à ce jour. Les méthodes utilisées pour la préparation des bains de traitement de surface consistent à mesurer les volumes et poids des composants chimiques nécessaires et la maintenance de ces chimies est faite par mesures de pH et analyses chimiques confiées aux fournisseurs des solutions. La SODAQ n'est pas équipée de laboratoire interne d'analyse chimique.

Les consommations annuelles de produits chimiques ne sont pas directement disponibles au niveau de la comptabilité de la société.

C1. Les effluents liquides

Le débit. La SODAQ consomme annuellement, d'après nos estimations, 4 528 m³ d'eau se répartissant comme suit:

Traitement de surface	m ³ /an
Rinçage	3 852
Appoints de solution	2
Evaporation des bains	63
S/Total	3 917
Nettoyage	325
Eaux sanitaires	0
Divers	286
Total	4 528

Les rejets d'eau les plus pollués sont constitués des eaux de rinçage soit 3 852 m³/an ce qui représente environ 85% du volume global rejeté.

Les contaminants. Ils sont constitués principalement des métaux lourds (Cu, Ni, Ag et Au) et les cyanures. Ces contaminants sont entraînés sous forme de sels par les opérations de rinçage.

D'après nos estimations, la SODAQ rejeterait annuellement les quantités suivantes en kg:

Métaux lourds

Cuivre	37
Nickel	19
Argent	3,5
Or	0,06
Total	59,56

Cyanures	128
-----------------	------------

Les eaux usées de la SODAQ sont rejetées dans le réseau d'assainissement du quartier Sidi Brahim qui se jette dans l'Oued Mahrez, lui-même se jetant dans l'Oued Zitoune, affluent de l'Oued Boughrereb qui contribue finalement aux eaux du Wed Sebou.

C2. Les déchets solides

Ils sont constitués:

- Des chutes y compris les copeaux de toutes les opérations mécaniques, qui sont intégralement récupérées au niveau de la fonderie pour le moulage d'accessoires variés.
- Des sciures de bois utilisées pour le séchage des pièces au niveau du polissage et de traitement de surface. Ces sciures sont contaminées avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 10 kg. Les sciures usagées sont déposées dans une décharge publique locale.
- Du blanc d'Espagne, une poudre blanche ayant la consistance d'un plâtre, est utilisée pour la finition et le séchage des pièces au niveau du polissage et de traitement de surface. Ce déchet est contaminé avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 12 kg. Le blanc d'Espagne usagé est aussi déposé dans une décharge publique locale.
- Les chiffons utilisés pour le polissage et la finition des pièces, ainsi que les particules solides générées par les chiffons et brosses, sont généralement peu contaminés par des produits toxiques et sont déposés dans une décharge publique locale quand usagés.

C3. Les effluents gazeux

Ils sont constitués essentiellement par les fumées de feu de bois au niveau de la cuisson des moules en terre. Le bain de dégraissage au cyanure libère des émanations gazeuses

potentiellement toxiques quand le courant circule dans le bain. Ces émanations sont extraites du local de traitement de surface, à l'aide d'un ventilateur mural et sont emportées par les courants d'air extérieurs. Les autres procédés de plaquage contenant des sels métalliques, développent des émanations d'hydrogène et d'oxygène, au niveau des cathodes et des anodes respectivement, et ne nécessitent pas l'utilisation d'équipement de contrôle des effluents gazeux.

SECTION II

PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

SECTION II
PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

A. Projet N°1. Minimisation des rejets toxiques de cyanure de cuivre

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 99,7				
Cuivre 80	54 300	9 682	9 965	283
Cyanure 98				

A1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain de cuivrage.
- Installer un système de rinçage a contre courant composé de 3 bacs de rinçage.
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage après cuivrage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé a une température de 50°C.
- Installer une cellule d'électrolyse inverse pour à la fois récupérer les ions de cuivre sous forme métallique, (non-toxique), et oxyder et détruire les cyanures en solution.
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après cuivrage en redisant les bassins.

A2. Description

Le mode opératoire actuel consiste à utiliser 2 bassins de rinçage à débit continu et évacuation par trop-plein consécutifs au cuivrage. Ces bassins sont approvisionnés en eau de puits et possèdent une contenance de 450 litres. Le deuxième bac de rinçage après cuivrage est également utilisé comme premier bac de rinçage après nickelage.

Le bain de cuivrage au cyanure ne présente pas de cycle de contamination. Il n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SODAQ. Il semble que malgré l'introduction d'impuretés provenant de l'eau de puits, de l'atmosphère, des pièces traitées, etc. Ce bain est suffisamment "purgé" par l'entraînement de solution emportée par les pièces sortant du bain. Le bain est chauffé à 35°C et muni de balles anti-évaporation.

Nous recommandons de séparer les circuits de rinçage cuivrage et rinçage nickelage pour optimiser la récupération d'ion métalliques par électrolyse inverse.

A3. Gains brut escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction de la consommation annuelle d'eau pour ce processus de 960 m³ soit 99,7%.
- Une récupération annuelle de 36,5 kg de cuivre sur les 37 générés actuellement par la ligne de rinçage, soit 98,6%.
- Une destruction annuelle de 24,5 kg des cyanures sur les 25 kg générés par cette ligne, soit 98%.

Les gains combinés sur cette opération de cuivrage se montent à 9 965 Dh/an se répartissant comme suit:

- 9 600 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 365 Dh de récupération de cuivre sur la base de 10 Dh/Kg Cu

A4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuable à cette ligne, peut être estimée à 9 682 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 6 357 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 20% du coût total d'électricité pour les 4 thermo-plongeurs)
- 2 394 Dh/an pour l'électrolyse inverse (36,5 Kg de cuivre à 65,59 Dh/Kg)
- 931 Dh/an pour l'approvisionnement en eau dé-ionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

A5. Investissement

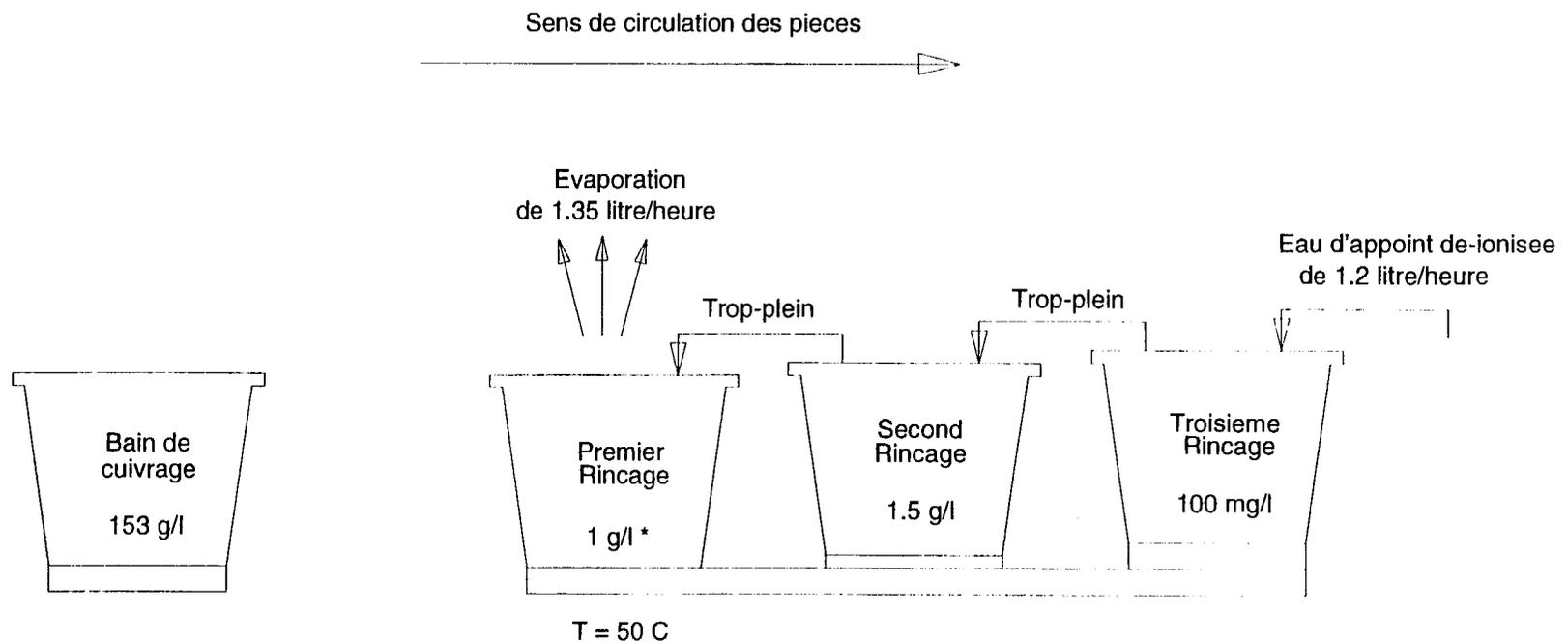
L'investissement global est estimé à 54 300 Dh correspondant à:

- 26 400 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de électrolyse inverse
- 8 800 Dh représentant 20% du prix total de l'acquisition de l'échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur
- 1 500 Dh pour élever et renforcer les bassins
- 13 200 Dh pour ajouter 3 bassins

A6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SODAQ No 1: Rincage a contre-courant apres cuivrage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

B. Projet N°2. Minimisation des rejets toxiques de nickel

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 99,7	54 300	8 501	9 900	1 399
Nickel 97,4				

B1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain de nickel.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage.
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé à une température de 50°C.
- Installer une cellule électrolyse inverse pour la récupération des ions de nickel sous forme métallique, (non-toxique).
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après nickelage en redisant les bassins.

B2. Description

Le procédé de nickelage est organisé de manière similaire au cuivrage. Deux bacs de rinçage sont utilisés. Ils comportent également un débit continu avec évacuation de l'eau par trop-plein. Le premier bac de rinçage après nickelage sert aussi de deuxième rinçage pour l'étape précédente de cuivrage. Le deuxième bac de rinçage après nickelage sert de premier bac de rinçage après argentage.

Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc un degré de contamination non contrôlable.

Le bain de nickel, semble être maintenu à un niveau de contamination acceptable par un phénomène de "purge" due à l'entraînement de solution de nickel par les pièces sortant du bain. Le bain de nickel n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SODAQ. Les deux bacs de nickel sont chauffés à 55°C et sont munis de balles anti-évaporation.

L'arrangement actuel des opérations de rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse.

Aussi, et dans l'optique d'une récupération et revalorisation des métaux, nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après cuivrage et après nickelage.

B3. Gains brut escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction de la consommation annuelle d'eau pour ce processus de 960 m³, soit 99,7%.
- Une récupération annuelle de 18,5 kg de Nickel sur les 19 kg générés par la ligne de rinçage, soit 97,4%.

Les gains combinés sur cette opération de nickelage se montent à 9 900 Dh/an correspondant à:

- 9 600 Dh d'eau sur la base de 10Dh/m³
- 300 Dh de récupération de Nickel sur la base de 17 Dh/Kg Ni

B4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 8 501 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 6 357 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 20% du coût total d'électricité pour les 4 thermo-plongeurs)
- 1 213 Dh/an pour l'électrolyse inverse (18,5 Kg de nickel à 65,59 Dh/Kg)
- 931 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

B5. Investissement

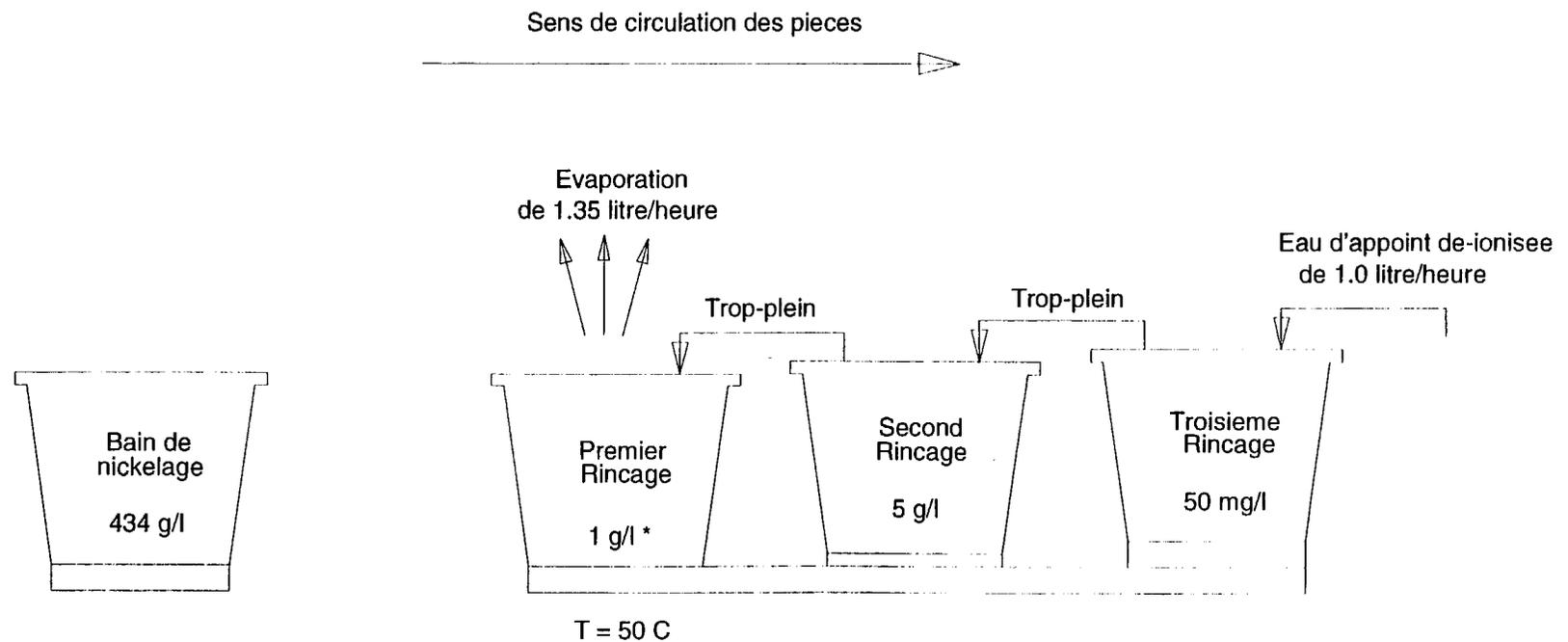
L'investissement global est estimé à 54 300 Dh se répartissant comme suit :

- 26 400 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de l'électrolyse inverse
- 8 800 Dh représentant 20% du prix total de l'acquisition de l'échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur
- 1 500 Dh pour élever et renforcer les bassins
- 13 200 Dh pour s'acquérir et disposer

B6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SODAQ No 2: Rincage a contre-courant apres nickelage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

C. Projet N°3. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 99,7	39 600	7 502	12 850	5 348
Argent 93				
Cyanure 96,5				

C1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain d'argent.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage existants.
- Installer une cellule électrolyse inverse pour la récupération des ions d'argent sous forme métallique, (non-toxique).
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé à une température de 50°C.
- Modifier le circuit de rinçage des pièces après argentage en redisant les bassins.

C2. Description

Le procédé d'argentage est organisé de manière similaire au cuivrage et au nickelage. Cependant un bac unique de rinçage est utilisé avec débit continu et trop-plein. Ce bac de rinçage après argentage sert aussi de deuxième rinçage pour l'étape précédente de nickelage, ainsi que de premier (et unique) bac de rinçage après dorure des pièces. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc un degré de contamination non contrôlable.

Le bain d'argent, est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut et n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SODAQ. L'arrangement actuel du rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse. Aussi nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après argentage, après nickelage et après dorure.

C3. Gains brut escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction la consommation annuelle d'eau de ce processus de 958 m³ soit 99,7%.
- Une récupération de 3,26 kg d'argent sur les 3,5 kg (93%) générés par cette ligne.

- Une destruction de 13,5 kg de cyanures sur les 14 kg générés par cette ligne, soit 96,5%.

Les gains combinés sur cette opération d'argentage se montent à 12 850 Dh/an se répartissant comme suit:

- 9 600 Dh d'eau sur la base de 10Dh/m³
- 3 250 Dh de récupération d'argent sur la base de 1 000Dh/Kg Ag

C4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 7 502 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 6 357 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 20% du coût total d'électricité pour les 4 thermo-plongeurs)
- 214 Dh/an pour l'électrolyse inverse (3,26 Kg d'argent à 65,59 Dh/Kg)
- 931 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

C5. Investissement

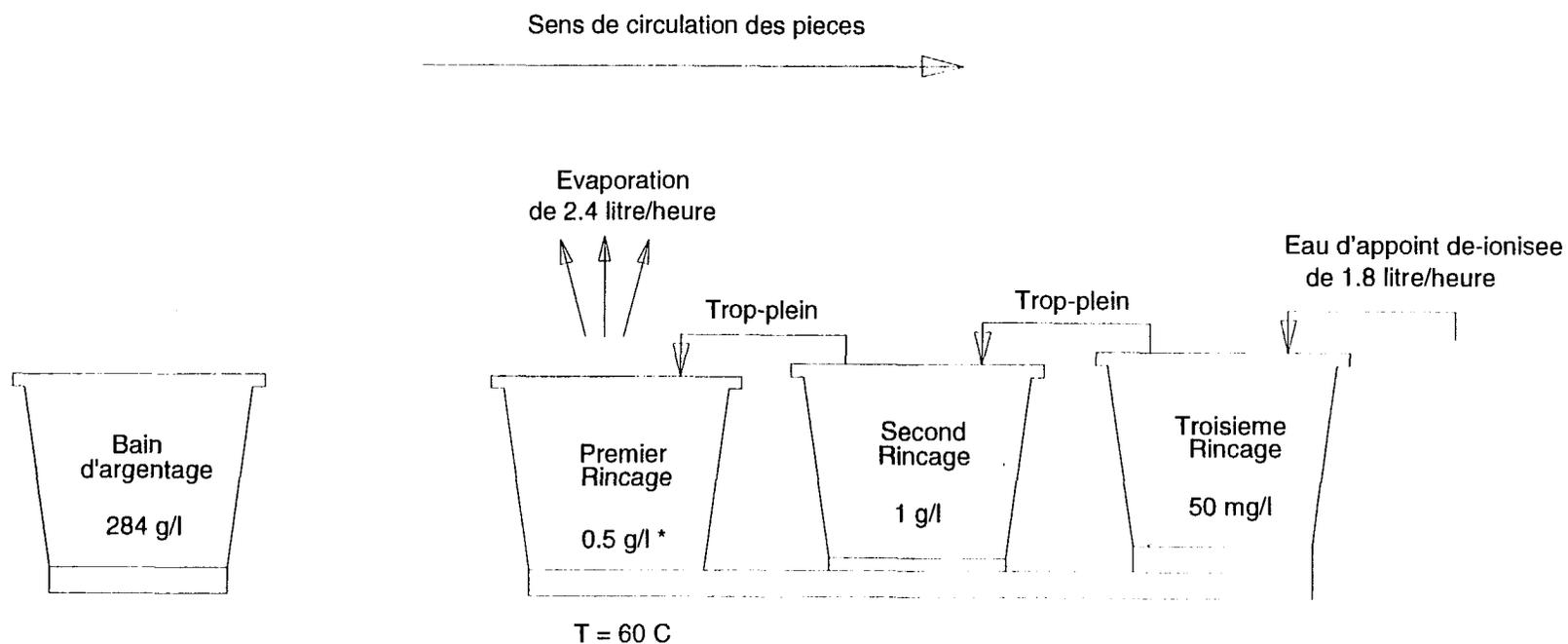
L'investissement global est estimé à 39 600 Dh

- 26 400 Dh pour l'acquisition d'une unité électrolyse inverse
- 8 800 Dh représentant 20% du montant total de l'acquisition de l'échangeur d'ions.
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur

C6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SODAQ No 3: Rincage a contre-courant apres argentage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse

D. Projet N°4. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'or

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Or 100				
Cyanure 100	9 300	931	6 000	5 069

D1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint du bain d'or.
- Eliminer tout bac de rinçage
- Rincer les pièces au dessus du bain d'or.
- Augmenter la température du bain à 100°C.

D2. Description

Le procédé de dorure est utilisé de manière irrégulière. Après le bain de cyanure d'or, les pièces sont introduites dans le premier bac de rinçage à débit continu servant aussi de premier bac de rinçage après argentage. Les appoints d'eau pour le bain et le bac de rinçage (dédié) sont également réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc aussi un degré de contamination non contrôlable, il faut donc passer à l'utilisation d'une eau déionisée.

Le bain de cyanure d'or est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut et n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SODAQ. Le bain est muni de balles anti-évaporation.

Dans l'optique d'une éventuelle récupération, la manière d'opérer de la SODAQ pour le rinçage, présente un inconvénient majeur du fait qu'il y a un rinçage commun entre l'argent et l'or. On pourrait se limiter à recommander tout simplement de séparer les rinçages après argentage et après dorure, mais pour optimiser davantage le fonctionnement, nous recommandons de supprimer le rinçage après dorure dans un bac mort et de le remplacer par un rinçage sur le bain lui même à l'aide d'un pistolet pulvérisateur tout en maintenant le bain à une température de 100°C.

D3. Gains brut escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une récupération de 60 g d'or rejetés par cette ligne de traitement de surface soit 100%.
- Une destruction de 1,89 Kg, soit 100%, des cyanures rejetés par cette ligne de traitement de surface.

Le gain escompte sur cette opération de dorure se montent à 6 000 Dh d'or sur la base de 100 Dh/gram d'or.

D4. Coût d'exploitation

931 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

D5. Investissement

L'investissement global est estimé à 9 300 Dh comportant:

- 8 800 Dh représentant 20% du montant total de l'investissement pour un échangeur d'ion
- 500 Dh pour l'acquisition d'un pistolet pulvérisateur.

D6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

E. Projet N°5. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eaux usées du procédé de dégraissage

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 99,5				
Cyanure 100	22 500	13 645	15 000	1 345

E1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et pour la préparation et l'appoint du bac de dégraissage.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 2 bacs de rinçage additionnels et intégrant le bain de dégraissage.
- Installer un thermo-plongeur pour élever la température du bain de dégraissage à 60°C pour évaporer l'addition d'eau continue nécessaire au rinçage à contre courant.
- Eliminer la chimie utilisée actuellement au profit d'une solution ne contenant pas de cyanures.

E2. Description

Le procédé de dégraissage est organisé de manière similaire aux étapes de cuivrage, nickelage et argentage. Le bac unique de rinçage est alimenté en eau de manière continue et est aussi constamment vide par un trop-plein. Ce bac de rinçage sert aussi de premier rinçage après cuivrage. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont également réalisés avec l'eau de puits, introduisant donc aussi un degré de contamination non contrôlable.

A l'opposé des autres bains de traitement de surface, le bain de dégraissage de par sa nature n'est pas maintenu à un niveau de contamination acceptable. Il est donc périodiquement remplacé (toutes les 700 heures de fonctionnement). Nous recommandons dans ce projet d'utiliser un dégraissant exempt de cyanures et de faire un rinçage à contre courant intégrant même le bain de dégraissage. Ce dernier doit être maintenu à une température de 60°C pour l'évacuation par évaporation des eaux de rinçage qu'il sera amené à recevoir. De plus, la solution exempte de cyanure ne présentera plus l'inconvénient de produire des émanations gazeuses à base de cyanure dans l'atelier.

E3. Gains brut escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser une réduction de la consommation annuelle d'eau de ce processus de 957 m³, soit 99,3%.

Par ailleurs, le remplacement du dégraissant actuel par un produit exempt de cyanure générerait un gain annuel de l'ordre de 5 500/an Dh et une élimination totale de 88 kg/an de cyanures dans les rejets d'eau et dans l'atmosphère.

Le gain global escompte sur cette opération de dégraissage se montent a 15 000 Dh/an se répartissant comme suit:

- 9 570 Dh/an d'eau sur la base de 10 Dh/m³.
- 5 500 Dh/an représentant la différence entre les coûts de dégraissage actuel et recommandé.

Il est possible que l'utilisation d'eau déionisée, conjointement avec la mise en place de rinçages à contre-courant, augmente sensiblement la durée de vie du bain de dégraissage. Dans cette hypothèse, 10% d'augmentation de la durée de vie du bain engendrerait une économie de 1 650 Dh/an. Pour les besoins de cette étude, cette hypothèse ne sera pas évaluée à priori puisqu'il nous faudrait réaliser et observer cette configuration de fonctionnement, sur une période de temps étendue, pour parvenir a une conclusion et un chiffrage fiables..

E4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 13 645 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 12 714 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le bain de dégraissage (soit 40% du coût total d'électricité pour les 4 thermo-plongeurs).
- Pas de coût associé avec l'électrolyse inverse puisque l'on ne génère pas de métaux en solution dans les eaux de rinçage.
- 931 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 20% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion).

E5. Investissement

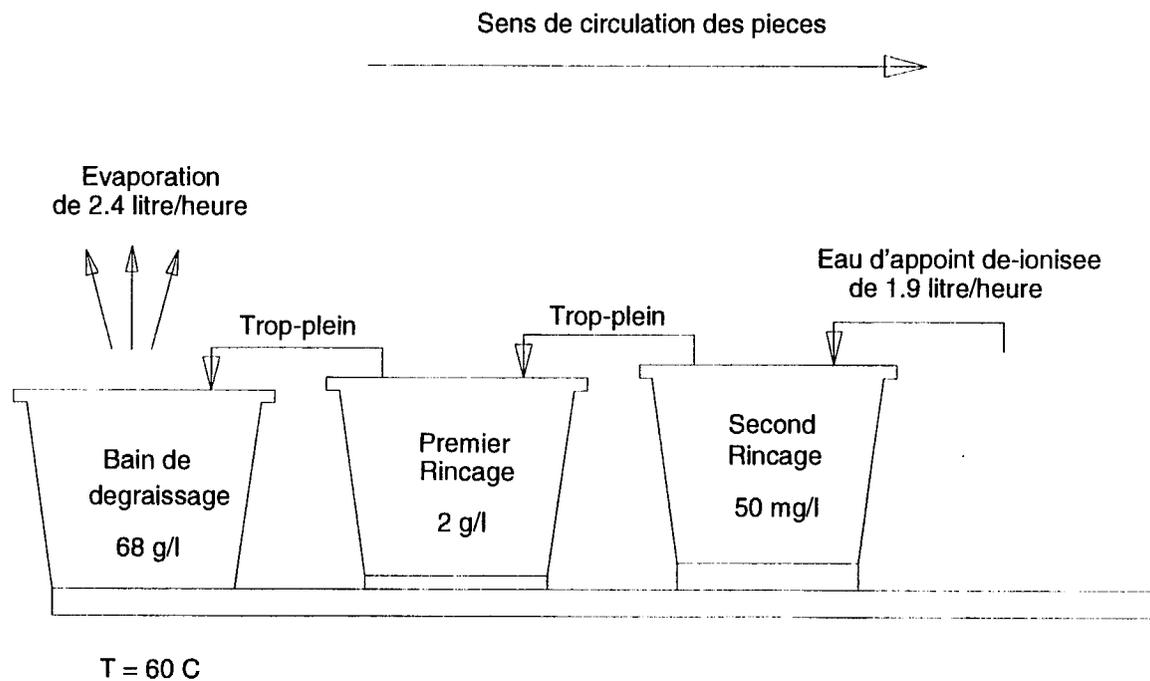
L'investissement global est estime à 22 500 Dh comportant:

- 8 800 Dh représentant 20% du montant total d'acquisition d'un échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour l'acquisition d'un thermo-plongeur
- 500 Dh pour les frais de réorganisation des bacs de rinçage
- 8 800 Dh pour les bacs de rinçage additionnels

E6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet SODAQ No 5: Rincage a contre-courant apres degraissage



Note: Les concentrations mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

F. Projet N°6. Minimisation des rejets d'eaux usées du procédé de chromage

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 100 Chrome 100	NA	NA	NA	NA ¹

F1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint en eau de rinçage et du bain de chrome.
- Eliminer tout bac de rinçage et procéder à un rinçage directement au-dessus du bain pour récupération directe.
- Eliminer les balles anti-évaporation et remplacer par un suppresseur chimique de fumées, ajouté à la solution de chrome.

F2. Description

Le procédé de chromage n'est pas souvent utilisé. Il est agencé avec un bac de rinçage "mort" après chromage. Ce bac unique de rinçage n'est partagé avec aucun autre procédé de traitement de surface. Les appoints d'eau pour le bain et le bac de rinçage sont réalisés avec de l'eau de puits introduisant aussi un degré de contamination non contrôlable.

Le bain de chromage est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut, et le fait qu'il n'est que très rarement utilisé, il n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de la SODAQ. Lors de son utilisation, le bain est chauffé à 60°C et par conséquent il est actuellement muni de balles anti-évaporation. Cependant, bien que les balles anti-évaporation réduisent considérablement les émanations de fumées toxiques (50% à 75%), un suppresseur chimique de fumées, agissant sur la tension de surface du liquide, permettrait d'utiliser la solution d'acide chromique, à 60°C, avec une concentration de chrome égale ou inférieure aux standards Américains mentionnés dans l'Addendum #2.

F3. Gains brut escomptés

Les recommandations présentées ci-dessus ne permettront pas de réaliser des économies.

Cependant, elles offriront les avantages non-quantifiables suivants:

- Elimination de toute évacuation de chrome hexavalent dans les rejets d'eaux usées, et dans l'atmosphère.

¹ La ligne de chromage n'est pratiquement jamais utilisée, donc aucune donnée économique ne s'applique.

- Dégagement d'une surface suffisante pour installer le deuxième bac de rinçage après dégraissage.

F4. Investissement

Il n'y a pas d'investissement directement attribuable à la réalisation des recommandations de ce projet. La réalisation des projets précédents conduira à la mise en place de systèmes dont le bassin de chromage ne fera qu'une utilisation sporadique. Par conséquent dans ce projet on ne présentera pas de coût d'exploitation et aucune donnée ou calcul n'y seront associés.

SECTION III

RECOMMENDATIONS

SECTION III RECOMMANDATIONS

A. Recommandations particulières

- Sur le plan sécurité: prévoir le port de lunettes et l'accès à un rince-œil pour les ouvriers qui manipulent les pièces à traiter d'un bassin à l'autre¹.
- Se débarrasser de manière définitive et après avoir pris soin de les nettoyer, des contenants en plastique dans lesquels se trouvaient les différents sels toxiques. En règle générale le fournisseur de la solution chimique est équipé pour recycler ces contenants.
- Minimiser les fuites d'air comprimé par une inspection journalière du circuit et le remplacement, le cas échéant, des organes défectueux.
- Nettoyer très régulièrement les différents supports et crochets utilisés dans le procédé afin de réduire le taux d'impuretés entrant dans les différents bains de manière à prolonger au maximum la durée de vie des dits bains. Ces supports peuvent être nettoyés par grattage et devraient être régulièrement re-plastifiés.
- Envelopper les crochets d'immersion par une matière isolante pour éviter des pertes de produits par électrolyse. Ceci peut être réalisé en utilisant un produit plastifiant spécifique aux opérations de plaquage.
- N'utiliser dans les différents bains (nickel et argent) que de l'eau réellement déminéralisée ou déionisée ou distillée. L'eau mise en bouteille vendue pour de l'eau déminéralisée (de type eau de batterie) est très souvent sinon toujours fortement chargée en sels minéraux qui ont pour conséquence un apport en impuretés dans les bassins.
- Réutiliser plusieurs fois les sciures de bois servant au séchage des pièces après séchage naturel sur les terrasses ou éventuellement un terrain vague près de l'usine. En effet leur niveau de contamination ne justifie pas de s'en débarrasser systématiquement après un cycle d'utilisation.
- Veiller au contrôle des différents paramètres: temps de contact, concentration des bains en produits chimiques, température, intensité de courant. A cet effet il faudrait s'équiper d'instruments de mesure tels que thermomètres, ampèremètres, minuteries avec alarmes sonores. Il faut également réserver un petit local pour y effectuer des analyses chimiques des bains.
- Adapter l'intensité du courant au type de pièces à traiter, pour optimiser la productivité. En effet l'épaisseur du dépôt sur le métal dépend de la densité du courant et du temps de contact. Conduire le traitement de surface en se basant uniquement sur le paramètre temps, comme c'est le cas dans la dinanderie auditée, peut induire à une production

¹Voir aussi les lignes directrices de sécurité et santé présentées dans l'addendum #2

d'une sur ou sous-qualité. Cette remarque est d'autant plus vraie qu'on change souvent de surface à traiter.

Exemple: Si l'on travaille avec une densité de courant de 5 ampères/dm², l'épaisseur du dépôt de nickel augmente de 0,001 mm/mn, cela veut dire qu'au bout de 10 mn on obtiendra une épaisseur de dépôt de nickel de 0,01 mm. Or on peut obtenir la même qualité de dépôt en 6 mn pour une densité de courant de 8 ampères/dm².

- Remplacer le système actuel de cuisson des moules (à la fonderie), par un système plus rationnel où l'on substituerait le combustible bois par du gaz propane. le bois présente un faible PCI par rapport au gaz (3 000 contre 11 000 kcal/kg) et sa combustion s'opère avec des rendements inférieurs à 40%. Le système proposé est du type suivant:
 - un générateur à air chaud fonctionnant au propane produisant des fumées à haute température qui vont circuler dans une enceinte fermée où seront disposées les galette-moules (terzaks)

B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution

- Sensibiliser les employés à la culture de prévention de la pollution.
- Elaborer une stratégie de prévention de la pollution sous forme d'un manuel de procédures contenant des règles écrites et précises permettant:
 - D'instaurer un inventaire systématique des produits chimiques utilisés.
 - De restreindre la manipulation de produits chimiques à un nombre limité de personnes qualifiées.
 - D'instaurer un programme d'analyses chimiques périodiques des bains.
 - De tenir à jour un cahier d'enregistrement des analyses et des appoints des bains.
 - De suivre une procédure écrite des séquences d'appoint.
 - D'optimiser la durée de vie des bains de traitement.
 - D'inspecter régulièrement les bains pour retirer les pièces insidieusement tombées dans le bain.
 - D'instaurer un programme de maintenance préventive pour les bassins.
 - De protéger les bains contre les débordement par un système d'alarme.
 - D'installer un système de détection des fuites.
 - De procéder à l'inspection préalable des pièces avant leur introduction dans les bains.

ANNEXE A

TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ

SODAQ

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 1: Dégraissage	Données	Unités
Renouvellement complet du bain toutes les	700	heures
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.8	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.7	m
Volume total de la solution	560	litres
Soude caustique	35	Kg
Cyanure de sodium	70	Kg
Carbonate de soude	0	Kg
KW	0	Kg
Eau	455	litres
Concentration	ND	Baumé
Duree de degraissage	5	mn

Etape 2: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs de rinçage pour dégraissage	1	bac
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	litres

Etape 3: Cuivrage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs de Cuivrage	1	Tank		
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.5	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	400	Litres		
Hydroxide de Potassium	8	Kg	2	Kg/Mois
Cyanure de cuivre	40	Kg	0.5	Kg/Mois
Mira C-1	12	Litres	ND	Kg/Semaine
Mira C-2	1.2	Litres	ND	Kg/Mois
Anodes de cuivre	4	Anodes	1.33	Anode/an
Mouillant	0	Litres	0	L/Semaine
Eau	358.8	Litres		
Durée de Cuivrage	0.5	mn		
Chauffage électrique	35	°C		
Conc.	ND	Baumé		

SODAQ

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 4: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour Cuivrage	3	bacs
Bac No 1		
Dimensions du bac		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres
Bac No 2		
Dimensions du bac		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres

SODAQ

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 5: Nickelage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour nickelage	2	bacs		
Bac No 1				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.6	m		
Volume total de la solution	450	Litres		
Sulfate de Nickel	135	Kg	2	Kg/Jour
Chlorure de Nickel	36	Kg	0.5	Kg/Jour
Acide Borique	20.25	Kg	0.3	Kg/Jour
Brillanceur (DE 3)	1	Kg	0.01	Kg/semaine
Nivellant	1	Litres	0.01	L/semaine
Mouilleur	2	Litres	0.02	L/semaine
Anodes de Nickel	4	Anodes	ND	ND
Eau	254.75	Litres		
Durée de Nickelage	10	mn		
Chauffage électrique	55	°C		
Conc.	25	Baumé		
Bac No 2				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.6	m		
Volume total de la solution	450	Litres		
Sulfate de Nickel	135	Kg	2	Kg/Jour
Chlorure de Nickel	36	Kg	0.5	Kg/Jour
Acide Borique	20.25	Kg	0.3	Kg/Jour
Brillanceur (DE 3)	1	Kg	0.01	Kg/semaine
Nivellant	1	Litres	0.01	L/semaine
Mouilleur	2	Litres	0.02	L/semaine
Anodes de Nickel	4	Anodes	ND	ND
Eau	254.75	Litres		
Durée de Nickelage	10	mn		
Chauffage électrique	55	°C		
Conc.	25	Baumé		

SODAQ

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 6: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour chaque Nickelage	2	Bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres

Etape 7: Attaque d'argent	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour fixation d'argent	1	bac		
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.6	m		
Volume total de la solution	450	Litres		
Cyanure d'Argent	0.9	Kg	0.5	Kg/Mois
Cyanure de Potassium	45	Kg	5	Kg/Mois
Brillanteur	0	Litres	0	L/Mois
Eau	404	Litres		
Durée de la fixation	0.5	mn		
Concentration		Baumé		

Etape 8: Argentage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour Argentage	1	bac		
<i>Dimensions du bac</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.6	m		
Volume total de la solution	450	Litres		
Cyanure d'Argent	13.5	Kg	1.5	Kg/Mois
Cyanure de Potassium	112.5	Kg	7.5	Kg/Mois
Brillanteur	2	Litres	ND	ND
Anodes d'Argent	ND	Anodes	ND	ND
Eau	322	Litres		
Durée de la fixation	ND	mn		
Concentration	ND	Baumé		

SODAQ

Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 9: Rinçage Argent	Données	Unités
Nombre de bacs pour rinçage Argent:	1	bac
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres

Etape 10: Fixation d'Or	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour fixation d'Or	1			
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1	m		
Profondeur	0.6	m		
Volume total de la solution	450	Litres		
Cyanure d'Or	0.3	Kg	ND	ND
Cyanure de Potassium	20	Kg	ND	ND
Brillanteur	0	Kg		0 Kg/semaine
Anodes (Platine)	ND	Anodes		
Eau	430	Litres		
Chauffage Electrique	40	C		
Durée de la fixation	0.5	mn		
Concentration	ND	Baumé		

Etape 11: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour la Dorrure	1	Bac
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.75	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.6	m
Volume total de la solution	450	Litres

Etape 12: Séchage - Polissage	Données	Unités
- Séchage mécanique		
Déchets de bois	50	Kg/semaine
Poudre de polissage	5	Kg/Jour
- Séchage pneumatique		
Jet d'air comprimé	ND	ND

ANNEXE B

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS

Societe SODAQ, Fes, Maroc
Annexe B: Tableau des caracteristiques des bains

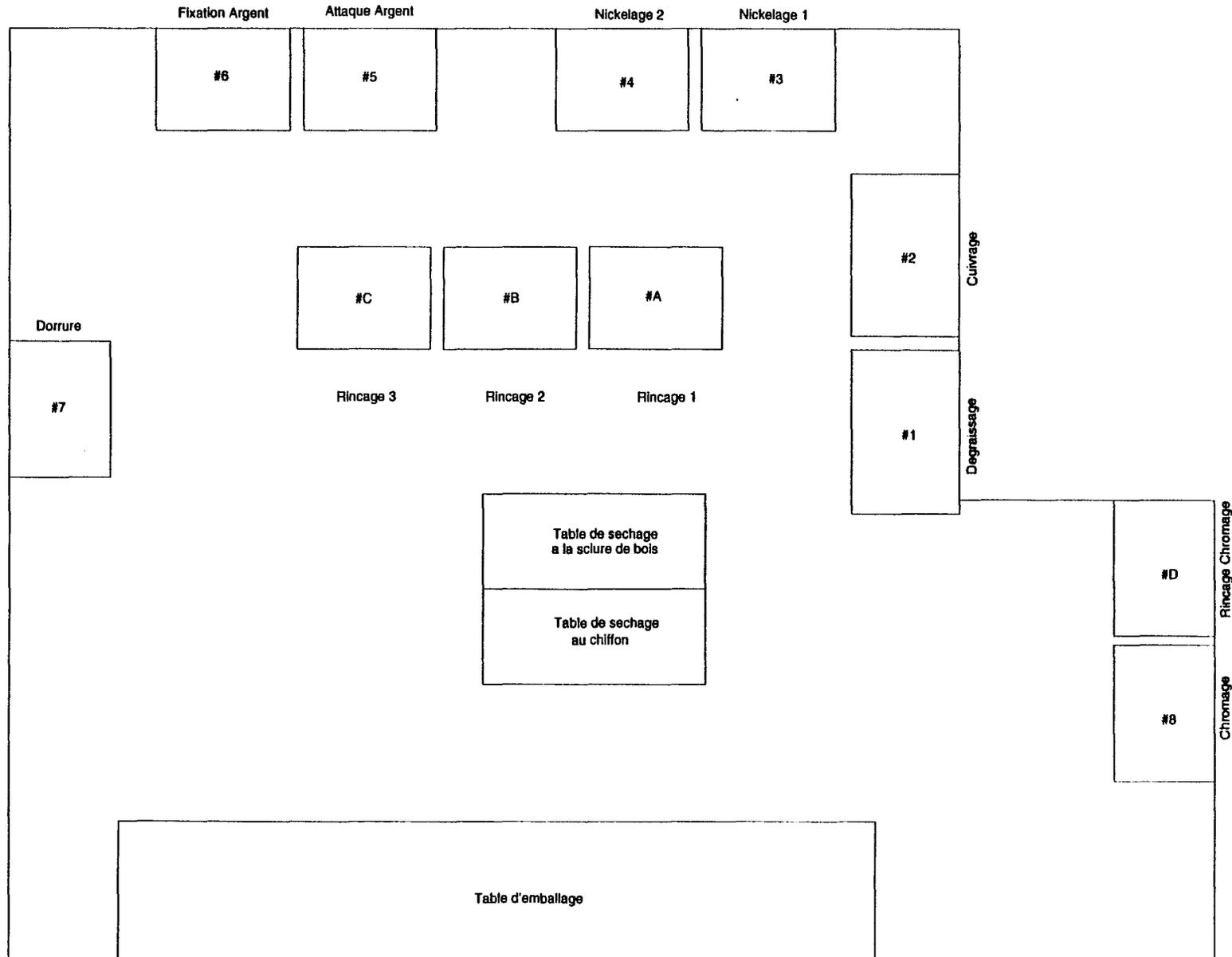
Reference de bassin	Description des bassins	Caracteristiques			Position dans le cycle	Longeur du cycle	TDS introduit fin de cycle mg/l	Metal en Pourcentage du TDS du Bain	Masses/Cycle		Masses Annuelles Kg (metal)	Masses Annuelles Kg (CN)	Volums Annuels Litres	Concentration en cyanure effluent mg/l
		Temp	TDS en mg/l	pH					Cations en grammes	CN en grammes				
1	Degraissage	A	187920	11						37100		62.70	1690	21952.66
A	Rincage 1		570	9.1	1.00	1	75			11.90		25.45	962593	0.01
	Total						75					88.15	964283	
2	Cuivrage	38	153420	9.7			46.28%	Cu	CN					
A	Rincage 1		570	9.1	1.00	1	75		15.62	10.46	33.41	22.38		
B	Rincage 2		520	7.6	1.00	1	8		1.56	1.05	3.34	2.24	962593	0.00
	Total						41			11.51	36.75	24.62	962593	
6	Nickelage 1	49	434309	4.9			19.95%	Ni						
B	Rincage 1		520	7.6	1.00	1	46		4.15		8.88			
C	Rincage 2		470	8.8	1.00	1	3		0.22		0.48		962593	
7	Nickelage 2	52	434309	4.2			19.95%	Ni						
B	Rincage 1		520	7.6	1.00	1	46		4.15		8.88			
C	Rincage 2		470	8.8	1.00	1	3		0.22		0.48			
	Total						24				18.73		962593	
3	Attaque Arge	A	102420	11.3										
4	Placage Arge	A	284864	11.5			8.48%	Ag	CN					
C	Rincage 1		470	8.8	1.00	1	40		1.53	6.69	3.26	14.30	962593	0.01
	Total						40			6.69	3.26	14.30	962593	
8	Placage Or	49	45531	10.6			1.29%	Au	CN					
C	Rincage 1		470	8.8	1.00	1	5		0.03	0.88	0.06	1.89		0.00
	Total						5			0.88	0.06	1.89	0	
Total												128.96	3852060	0.00

ANNEXE C

**SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES
DES BASSINS ET CIRCUITS**

101

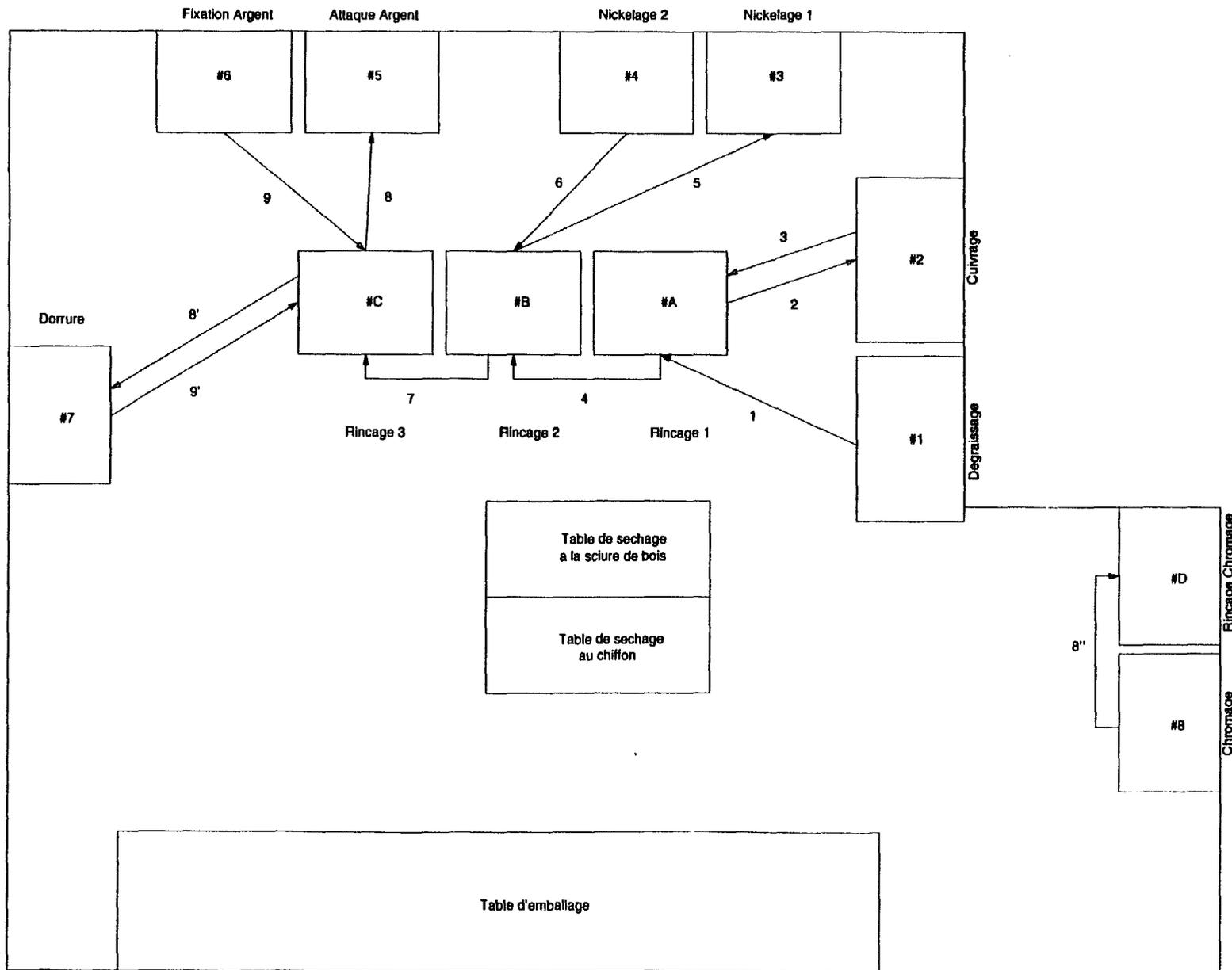
Schema d'implantation du procede de traitement de surface a la societe SODAQ



C-1

102

Schema d'implantation du procede de traitement de surface a la societe SODAQ (Situation actuelle)



C-2

113

ANNEXE D

DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

115

ANNEXE D
DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

A. Estimation de coût total d'exploitation de l'électrolyse inverse pour les 6 projets

59,56 Kg de métaux lourds dont 58,37 Kg seront récupérés (98%) à un coût de 65.59 Dh/Kg¹ pour un total d'environ 3 830 Dh/an

B. Estimation de coût total de l'électricité nécessaire à l'opération des 4 thermo-plongeurs

- 1,5 Kwh pour la ligne de cuivrage (soit 20% du total)
- 1,5 Kwh pour la ligne de nickelage (soit 20% du total)
- 1,5 Kwh pour la ligne d'argentage (soit 20% du total)
- 3 Kwh pour le bain de dégraissage (soit 40% du total)

Au total 7.5 Kwh x 10 heures par jour x 260 jours/an x 1,63 Dh/Kwh = 31 785 Dh/an

C. Estimation de coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion pour les 6 projets

Besoin d'eau de rinçage pour alimenter les contre-courants:

5.9 litres/heure x 10 heures/jour x 260 jours/an = 15 340 litres/an

Au total 80,3 m³/an d'eau nécessaire au rinçage, appoint et pertes par évaporation du département de traitement de surface, à 58 Dh/m³⁻² pour un total d'environ 4 657 Dh/an.

¹ Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations, NCMS, NAMF, 1994, p. 132, "3.5.5.2. Operating Cost of Electrowinning Technology."

² Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations, NCMS, NAMF, 1994, p. 110, "3.4.5.2. Operating Cost of Ion Exchange Technology."

ANNEXE E

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE E
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADER, *Etude de faisabilité pour une station de récupération de chrome, d'élimination des métaux lourds et des cyanures et de prétraitement à Ain Nokbi*, ADER, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Anderson, Donald F., *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Leather Tanning and Finishing Industry*, U.S. Environmental Protection Agency, Effluent Guidelines Division, WH-552, Washington D.C., November 1982.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la dinanderie argenterie de Fès*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la Tannerie Wad Eddahab*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Guidebook and directory issue, *Journal of Metal Finishing*, Tarrytown, New York, 1996.
- National Center for Manufacturing Sciences, and National Association of Metal Finishers, *Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations*, NCMS and NAMF, Washington, D.C., 1994.
- RADDEF, *Plan directeur d'assainissement liquide du grand Fès*, RADDEF, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Rinsecalc*, logiciel spécialisé d'optimisation des configurations de rinçages, développé pour CAI ingénierie, mai 1995.

**Audit environnemental:
Société de Dinanderie et d'Argenterie
Lala Idouna**

Par:

Abdelkarim Bennani
Serge Astaud
Saïd Bouanani

octobre 1996

REMERCIEMENTS

Le Projet PRIDE et l'équipe de l'audit tiennent à remercier Monsieur Haj Mokhtar El-Fasiki Directeur Général de Lala Idouna, et Doyen des dinandiers de Fès pour le soutien qu'il a accordé à toute la mission PRIDE et pour son chaleureux accueil et l'aide qu'il a réservée à l'équipe lors des travaux de l'audit environnemental.

De plus, nous tenons à remercier tout particulièrement le Ministère de l'Environnement du Maroc, ainsi que l'équipe du Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement, sans qui ces rapports n'auraient pu être mener à bien.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe des agents et collaborateurs, pour leur participation à la campagne de mesures et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer aux ingénieurs auditeurs, à la collecte de données et aux prises de mesures.

L'audit de la dinanderie a été réalisé par:

- Abdelkarim Bennani, chef d'équipe, PhD. Industries chimiques, expert-conseil en énergie et environnement.
- Serge Astaud, Expert International, spécialiste en prévention de la pollution dans l'industrie de traitement de surface.
- Saïd Bouanani, PhD. Génie Chimique, expert-conseil en énergie et environnement.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE EXÉCUTIF	i
SECTION I DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE	I-1
A. Présentation de Lala Idouna	I-1
B. Description sommaire du procédé de traitement de surface	I-1
C. Les rejets de la dinanderie	I-2
SECTION II PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION	II-1
A. Projet N° 1. Minimisation des rejets toxiques de nickel	II-1
B. Projet N° 2. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	II-4
C. Projet N° 3. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eaux usées du procédé de dégraissage	II-7
SECTION III RECOMMANDATIONS	III-1
A. Recommandations particulières	III-1
B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution	III-2
ANNEXE A TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ	A-1
ANNEXE B TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS	B-1
ANNEXE C SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES DES BASSINS ET CIRCUITS	C-1
ANNEXE D DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION	D-1
ANNEXE E RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	E-1

SOMMAIRE EXÉCUTIF

A. Introduction

Ce rapport présente les conclusions de l'audit environnemental de la Société de dinanderie d'argenterie Lala Idouna située au quartier Bin Lemdoun Fès Médina, qui a été retenue avec deux autres dinanderie-argenteries de Fès pour bénéficier d'une assistance technique fournie par le Projet PRIDE.

La réalisation de cet audit a mobilisé une équipe de deux experts nationaux (Mssrs Abdelkarim Bennani et Saïd Bouanani), et un expert international (Mr. Serge Astaud), qui ont travaillé en étroite collaboration avec le personnel de la société.

Le travail sur site s'est déroulé en deux étapes: une campagne de pré-audit le 17 Juin 1996 et la campagne de mesures le 18 Juin 1996.

B. Résultats

L'audit a permis de dégager 3 projets visant à minimiser les impacts environnementaux des opérations de traitement de surface.

La réalisation de ces projets permettrait à la société de réduire:

- le volume de ses eaux usées de 50% et autant pour sa consommation d'eau
- la quantité de métaux lourds dans ses effluents de 95%
- ses rejets toxiques en cyanures de 99,8%

Ces 3 projets peuvent être réalisés en trois étapes.

La première étape consiste à installer une unité de production d'eau déionisée sous la forme d'un échangeur d'ion. Cette unité sera dédiée aux besoins en eaux de rinçage et d'appoint pour les bains de placage.

La deuxième étape sera l'installation de 2 cellules d'électrolyse inverse pour la récupération des métaux lourds contenus dans les trois bacs de rinçage situés respectivement en tête des lignes de rinçage après cuivrage, nickelage et argentage. L'une des cellules d'électrolyse inverse est dédiée exclusivement à la récupération des ions métalliques de nickel, l'autre partagée entre le cuivre et l'argent.

La dernière étape sera la réorganisation de chacune des lignes de rinçage en incluant un approvisionnement d'eau a contre courant du circuit des pièces.

L'ensemble des 3 projets représente un investissement de 138 500 Dh avec un coût d'exploitation annuel de 4 668 Dh/an. Cet investissement permettrait à la société Lala Idouna de réduire la toxicité de ses rejets de 97%, avec un temps de retour d'environ 30 ans.

Cependant, dans le contexte régional de la ville de Fès, il a été démontré¹ qu'un tel investissement du secteur privé déboucherait sur un Taux de Rentabilité Interne global, pour le Royaume du Maroc, supérieur à 8%. En conséquence, des mesures d'incitation à l'investissement, telles que contributions directes, réductions fiscales, etc., sont envisagées par les autorités marocaines.

La rentabilité associée avec les investissements décrits ci-après serait bien évidemment positivement affectée par de telles mesures.

D'autre part, il convient de souligner que les dirigeants de la société Lala Idouna devraient aussi prendre en considération les bénéfices intangibles suivants:

- diminution des besoins de manipulation de produits chimiques (eau de Javel, eaux de rinçage contaminées, effluent final, etc.)
- diminution des besoins de stockage d'une grande variété de produits chimiques
- amélioration de la qualité des eaux de rinçage, donc stabilisation de la qualité des produits
- diminution des impuretés contenues dans le bain de cuivrage
- diminution de la responsabilité civile associée avec le rejet d'eaux usées
- protection contre la mise en place de futures législations visant à réguler les rejets toxiques (code de l'eau)
- conformité avec les standards environnementaux de production Européens et Américains (ISO-9000 et ISO-14000) assurant ainsi un positionnement commercial sur ses marchés

Les 3 tableaux ci-dessous présentent les projets dans leur globalité et sont accompagnés de quelque commentaires de synthèse.

¹ "Etude d'impact des rejets industriels sur la qualité des eaux de l'Oued," réalisée par Scandiaconsult International AB.

Tableau 1. Récapitulatif des 3 projets pour la société Lala Idouna

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
1	Minimisation de rejets toxiques de nickel	Eau 98,7 Nickel 96	60 200	4 438	4 600	162
2	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,2 Argent 85 Cyanure 95	54 300	3 651	4 000	349
3	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 93,4 Cyanure 100	24 000	6 643	10 800	4 157
Total		Eau 25,4 Cyanure 97,4	138 500	14 732 ²	19 400 ³	4 668

Notes: Les résultats présentés dans le tableau 1, mettent en évidence que la réalisation de l'ensemble des projets permet de générer un gain net annuel de 4 668 Dh. Cependant la réalisation du projet 3 uniquement aboutirait au temps de retour le plus court.

C. La hiérarchie des projets

Deux approches distinctes permettent de comprendre la sensibilité des projets quand à une exécution partielle des recommandations. Bien que les deux approches ci-dessous présentent un gain net annuel positif, l'approche économique permet un temps de retour 10 fois plus rapide que l'approche environnementale.

Il est intéressant de noter aussi que l'on pourrait concevoir un projet 3 bis qui consisterait à simplement remplacer la chimie de dégraissage à base de cyanure par un bain sans cyanure. Cette variante du projet 3 ne demanderait aucun investissement et permettrait de générer un gain net annuel de 9 300 Dh/an.

² Le détail des calculs de coût d'exploitation est présenté en Annexe D.

³ Le détail des calculs de gains est présenté dans la description de chaque projet.

D. L'approche économique

Cette approche met en évidence les projets présentant le meilleur ratio rentabilité/impact environnemental.

Tableau 2. L'approche économique

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
3	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 93,4 Cyanure 100	9 300	6 643	10 800	4 157
Total		Eau 25,4 Cyanure 97,4	9 300 ⁴	6 643	10 800	4 157

Note: Ce projet pourrait être envisagé sans approvisionnement d'eau déionisée.

E. L'approche environnementale

Cette approche met en évidence les projets présentant le meilleur ratio impact environnemental/rentabilité.

⁴ Ce chiffre a été minoré de 14 700 Dh pour tenir compte du fait que l'échangeur d'ion est éliminé dans ce scénario.

Tableau 3. L'approche environnementale

No	Intitulé du projet	Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
2	Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent	Eau 99,2 Argent 85 Cyanure 95	54 300	3 651	4 000	349
3	Minimisation des concentrations organiques des eaux usées du procédé de dégraissage	Eau 93,4 Cyanure 100	24 000	6 643	10 800	4 157
Total		Eau 69,6 Métaux 9,7 Cyanure 99,7	107 700	10 294	14 800	4 506

Note: L'échangeur d'ion est inclus dans ce scénario, de manière à optimiser la durée des cycles de récupération de métaux, avant de nécessiter la vidange du premier bassin de rinçage après argentage.

A ce point de la présentation, il faudrait préciser que les chiffres d'investissement préconisés dans ce rapport sont calculés sur la base d'achat d'équipements à des fournisseurs spécialisés. Compte tenu du niveau technologique relativement accessible des équipements recommandés, il est possible d'envisager la fabrication d'une partie de ces équipements par le service technique de Lala Idouna (cellules d'électrolyse inverse à titre d'exemple). Cette option permettrait à priori de réduire le montant des investissements d'environ 50 000 Dh et donc de ramener la durée de retour sur l'investissement à 7 ans.

Il faut toutefois signaler que dans le cadre du programme de transfert des activités des tanneries et dinanderies de la médina intra-muros vers le quartier artisanal de Aïn Nokbi (Programme ADER), la société Lala Idouna pourra utiliser à profit les recommandations de ce projet pour la conception et le montage de sa nouvelle usine de production. Dans cette perspective, la rentabilité des projets recommandés devrait intégrer l'amélioration de la productivité escomptée de la société.

Il est aussi important de mentionner que l'ensemble des calculs des gains ont été fait sur la base de relevés et mesures effectués lors du travail sur site ainsi que d'informations recueillies auprès des responsables de l'usine.

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA DINANDERIE

A. Présentation de Lala Idouna

Lala Idouna est une société anonyme qui a été créée en 1987. Elle est alimentée en basse tension, a un effectif de personnel de 11 et une surface couverte de 100 m², Lala Idouna est une entreprise spécialisée dans la fabrication des articles ménagers et de décoration en métal argenté et doré. A l'origine, cette société comportait toutes les étapes de fabrication, mais depuis quelques temps et pour des difficultés conjoncturelles de marché, elle a limité ses activités uniquement à des opérations de sous traitance concernant le traitement de surface. Elle sous-traite en moyenne plus de 750 pièces par jour de différentes formes et tailles (théières, plateaux, etc.) soit l'équivalent d'une surface développée de 60 m²/jour de matière première (feuilles, barres et tubes de laiton). Elle opère du Samedi au jeudi, les heures normales de travail sont de 08:00 h à 13:00 h et de 15:00 h à 18:00 h, soit 8 heures par jour et 200 jours par an.

Lala Idouna est branchée sur les réseaux d'eau et d'électricité de la RADEEF. Elle consomme annuellement environ 29 000 Kwh en électricité, équivalent à 30 000 Dh TTC et 1291 m³, équivalent à 12 000 Dh/an.

B. Description sommaire du procédé de traitement de surface

Le dégraissage. Dès leur réception, les pièces sont placées sur des crochets et plongées dans une solution électrolytique basique de cyanure de sodium (71.5 g/l), de carbonate de soude (28.6 g/l) et de soude caustique (71.5 g/l) pendant une certaine période de temps (10 mn) afin d'enlever toutes traces de matières grasses et les préparer pour l'étape suivante: le nickelage. Un courant électrique continu (5.5 volts et 200 ampères), circule dans cette solution qui est renouvelée entièrement toutes les 192 heures de travail (24 jours).

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de dégraissage et puis rincées successivement dans deux bacs de 500 litres d'eau chacun. Ces bains sont renouvelés par un appoint d'eau continu relativement constant.

Le nickelage. Le nickelage s'effectue dans 3 bassins de volume 700 litres de solution chacun. Ces solutions acides (pH=5.2, ce qui est considéré élevé par rapport à ce qui est communément admis par les spécialistes), comportent du sulfate de nickel (400 g/l), du chlorure de nickel (86 g/l) et d'acide borique (17 g/l) dont la fonction est d'assurer et maintenir un pH acide compris entre 3.5 et 4.5. Quatre anodes de nickel dans chaque bassin dont la passivité est assurée par le NiCl₂, assurent la circulation du courant électrique requis pour le plaquage de nickel. Des produits ayant pour but d'augmenter le brillant (brillance), de faciliter la fixation du nickel (fixateur), et de réduire les tensions superficielles dues à la viscosité de la solution (mouilleur) sont ajoutés régulièrement.

Le temps de séjour des pièces à traiter est en moyenne de 10 minutes. La solution est chauffée à 80°C (qui semble être élevée par rapport au standard 44-66°C).

Un appoint des différents sels s'effectue toutes les 86 heures (12 jours) à raison de 25 kg pour le sulfate de nickel, 3 kg pour le chlorure de nickel et 3 kg pour l'acide borique.

Les anodes de nickel sont remplacées globalement pour les deux bains à raison de 1100 kg/an. Un courant de 105 ampères sous 4 volts circule entre la solution et les pièces à traiter.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin de nickelage et puis rincées successivement dans 2 bacs de 500 litres d'eau chacun. Le deuxième bain étant commun avec le bain de rinçage d'argent, ce qui permet une oxydation partielle des cyanures. Ces bains sont renouvelés par un appoint d'eau continu relativement constant.

La fixation d'argent. L'argentage est assuré dans un bain de 700 litres contenant une solution de cyanure d'argent (21.4 g/l) et de cyanure de potassium (457g/l). Le temps de fixation est généralement de l'ordre de 1 mn. Du brillanteur d'argent est également mis en solution. Un appoint de 2 kg de cyanure d'argent et de 24 kg de cyanure de potassium est effectué toutes les 192 heures (24 jours).

Un courant de 50 ampères sous 6 volts circule entre la solution et les pièces à traiter. Lala Idouna n'utilise pas d'anodes d'argent¹.

Le rinçage. Les pièces sont extraites du bassin d'argentage et puis rincées dans le bac du 2ème rinçage nickelage.

Le séchage. Toutes les pièces sont séchées par le biais de déchets de bois (sciure)². Elles sont ré-inspectées, puis polies à l'aide du blanc d'Espagne et asséchées par de l'air comprimé. Les consommations de la sciure et du blanc d'Espagne sont respectivement de 4 kg et 8 kg/j.

La filtration des solutions. Lala Idouna est équipée d'un système mobile de filtration des solutions. Cette filtration permet d'améliorer la durée de vie utile des dites solutions par l'enlèvement des impuretés. Les impuretés proviennent de 5 sources:

- les supports métalliques (l'entretien de ces supports minimise les déchets)
- la qualité des anodes (s'assurer de la pureté des anodes de nickel)
- l'introduction des saletés (en améliorant le rinçage)
- l'eau d'appoint (l'eau du robinet étant souvent très chargée en sels dissous)
- l'air (il transporte des particules en suspension qui se déposent dans les bassins de traitement et se mélangent aux solutions)

C. Les rejets de la dinanderie

Lala Idouna, par les différents produits chimiques qu'elle introduit dans son procédé de traitement de surface, génère un certain volume de rejet dont la composition chimique peut présenter un degré de toxicité relativement dangereux pour l'environnement. Aucune méthode de traitement/réutilisation des eaux usées ou tout autre déchets n'est employée à ce jour. Les

¹En l'absence d'anodes d'argent, l'approvisionnement en ions métalliques est fait directement par la présence de métal en solution dans le bain.

²La sciure de bois provient d'ateliers locaux de sciage ou de menuiserie.

méthodes utilisées pour la préparation des bains de traitement de surface consistent à mesurer les volumes et poids des composants chimiques nécessaires et la maintenance de ces chimies est faite par mesures de pH et analyses chimiques confiées aux fournisseurs des solutions. Lala Idouna n'est pas équipée de laboratoire interne d'analyse chimique.

Les consommations annuelles de produits chimiques ne sont pas directement disponibles au niveau de la comptabilité de la société.

C1. Les effluents liquides

Le débit. Lala Idouna consomme annuellement, d'après nos estimations³, 1 122 m³ d'eau se répartissant comme suit:

Traitement de surface	m ³ /an
Rinçage	591
Appoints de solution	8
Evaporation des bains	10
S/Total	610
Nettoyage	227
Eaux sanitaires	0
Divers	286
Total	1 122

Les rejets d'eau les plus pollués sont constitués des eaux de rinçage soit 591 m³/an, ce qui représente environ 53% du volume global rejeté.

Les contaminants. Ils sont constitués principalement des métaux lourds (Ni et Ag) et les cyanures. Ces contaminants sont entraînés sous forme de sels par les opérations de rinçage. D'après nos estimations, Lala Idouna rejeterait annuellement les quantités suivantes en kg:

Métaux lourds

Nickel	14
Argent	1.5
Total	15.5

Cyanures **385**

Les eaux usées de Lala Idouna sont rejetées dans l'Oued Boughrareb qui lui se jette dans le Wed Sebou. L'Oued Boughrareb est un cours d'eau de moyenne importance qui traverse la Medina.

³L'estimation des débits a été faite par empottage, i.e. mesurer le temps nécessaire pour remplir un volume connu.

C2. Les déchets solides

Ils sont constitués de:

- Sciures de bois utilisées pour le séchage des pièces au niveau du polissage et de traitement de surface. Ces sciures sont contaminées avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 4 kg. Les sciures usagées sont déposées dans une décharge publique locale.
- Le blanc d'Espagne, une poudre blanche ayant la consistance d'un plâtre, est utilisée pour la finition et le séchage des pièces au niveau du polissage et du traitement de surface. Ce déchet est contaminé avec des huiles et hydrocarbures provenant du polissage et avec les solutions de rinçage provenant du traitement de surface. La quantité générée par jour de ce déchet est d'environ 8 kg. Le blanc d'Espagne usagé est aussi déposé dans une décharge publique locale.
- Les chiffons utilisés pour le polissage et la finition des pièces, sont généralement peu contaminés par des produits toxiques et sont déposés dans une décharge publique locale quand usagés.

C3. Effluents Gazeux

Le bain de dégraissage au cyanure libère des émanations gazeuses potentiellement toxiques quand le courant circule dans le bain. Ces émanations sont extraites du local de traitement de surface, à l'aide d'un ventilateur mural et sont emportées par les courants d'air extérieurs. Les autres procédés de plaquage contenant des sels métalliques, développent des émanations d'hydrogène et d'oxygène, au niveau des cathodes et des anodes respectivement, et ne nécessitent généralement pas l'utilisation d'équipement de contrôle des effluents gazeux.

SECTION II

PROJET DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

SECTION II
PROJET DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

A. Projet N°1. Minimisation des rejets toxiques de nickel

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 98,7	60 200	4 438	4 600	162
Nickel 96				

A1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain de nickel.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 4 bacs de rinçage dont 1 existant.
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé à une température de 50°C.
- Installer une cellule d'électrolyse inverse pour la récupération des ions de nickel sous forme métallique (non-toxique).

A2. Description

Le procédé de nickelage est composé de deux bacs alimentés par un débit continu avec évacuation des eaux par trop plein. Le deuxième bac de rinçage après nickelage sert de premier bac de rinçage après argentage. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec de l'eau de ville, introduisant donc un degré de contamination non contrôlable.

Le bain de nickel, semble être maintenu à un niveau de contamination acceptable par un phénomène de "purge" due à l'entraînement de solution de nickel par les pièces sortant du bain. Le bain de nickel n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de Lala Idouna. Les deux bacs de nickel sont chauffés à 80°C et sont munis de balles anti-évaporation.

L'arrangement actuel des opérations de rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse. Aussi, et dans l'optique d'une récupération et revalorisation des métaux, nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après argentage et après nickelage.

A3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction de la consommation annuelle d'eau pour ce processus de 150 m³, soit 98.7%.
- Une récupération annuelle de 13.5 kg de nickel sur les 15 kg générés par la ligne de rinçage, soit 96%.

Les gains combinés sur cette opération de nickelage se montent à 4 600 Dh/an correspondant à:

- 1 500 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 3 100 Dh de récupération de nickel sur la base de 17 Dh/Kg Ni.

A4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuable à cette ligne, peut être estimée à 4 438 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 3 090 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 25% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs)
- 885 Dh/an pour l'électrolyse inverse (13,5 Kg de nickel à 65,59 Dh/Kg)
- 463 Dh/an pour l'approvisionnement en eau dé-ionisée (soit 33% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

A5. Investissement

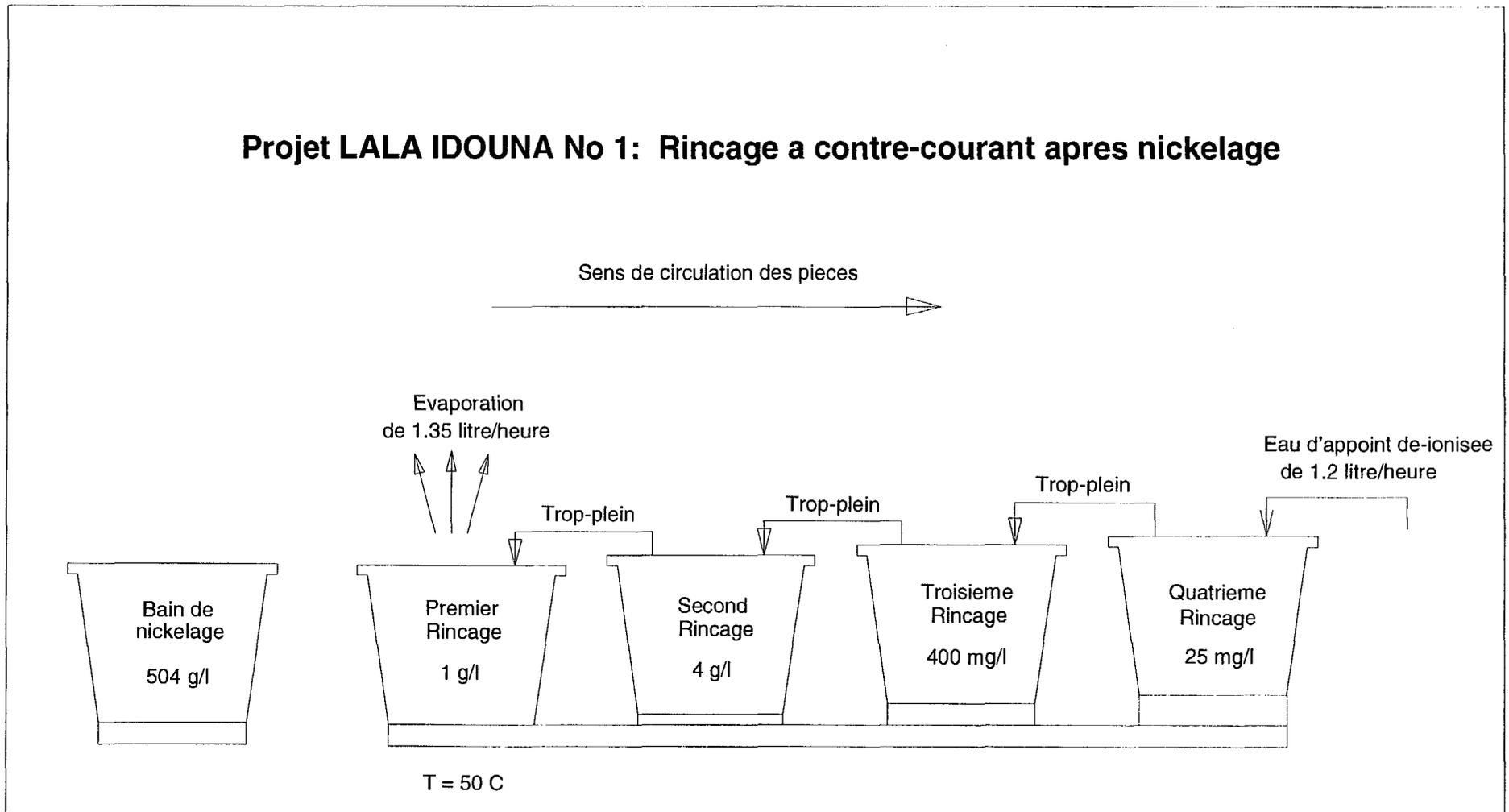
L'investissement global est estimé à 67 500 Dh se répartissant comme suit :

- 26 400 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de électrolyse inverse
- 22 000 Dh représentant 50% du prix total de l'acquisition de l'échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur
- 1 500 Dh pour élever et renforcer les bassins
- 13 200 Dh pour acquérir et disposer des bassins supplémentaires.

A6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet LALA IDOUNA No 1: Rincage a contre-courant apres nickelage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electolyse inverse

B. Projet N°2. Minimisation des rejets toxiques de cyanure d'argent

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 99,2	54 300	3 651	4 000	349
Argent 85				
Cyanure 95				

B1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et du bain d'argent.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 4 bacs de rinçage dont 2 existants.
- Installer une cellule électrolyse inverse pour la récupération des ions d'argent sous forme métallique (non-toxique).
- Installer un thermo-plongeur dans le premier bac de rinçage pour évaporer l'excédent d'eau provenant du contre courant.
- Installer une structure métallique de renforcement pour maintenir l'intégrité du premier bac de rinçage en PVC qui sera chauffé à une température de 50°C.

B2. Description

Le procédé d'argentage est organisé de manière similaire au nickelage. Cependant un bac unique de rinçage est utilisé avec débit continu et trop-plein. Ce bac de rinçage après argentage sert aussi de deuxième rinçage pour l'étape précédente de nickelage. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont réalisés avec de l'eau de ville, introduisant donc un certain degré de contamination.

Le bain d'argent, est également maintenu à un niveau de contamination acceptable par le phénomène de "purge" décrit plus haut et n'a jamais nécessité de remplacement depuis la création de Lala Idouna. L'arrangement actuel du rinçage n'est pas optimal pour la récupération des ions métalliques par électrolyse inverse. Aussi nous recommandons de séparer complètement les circuits de rinçage après argentage et après nickelage.

B3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser les économies suivantes:

- Une réduction la consommation annuelle d'eau de ce processus de 270 m³ soit 99,2%.
- Une récupération de 1.36 kg d'argent sur les 1.6 kg (85%) générés par cette ligne.
- Une destruction de 9.5 kg de cyanures sur les 10 kg générés par cette ligne, soit 95%.

136

Les gains combinés sur cette opération d'argentage se montent à 4 000 Dh/an se répartissant comme suit:

- 2 700 Dh d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 1 300 Dh de récupération d'argent sur la base de 1 000 Dh/Kg Ag

B4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 3 651 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 3 090 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le premier bac de rinçage (soit 25% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs)
- 98 Dh/an pour l'électrolyse inverse (1,5 Kg d'argent à 65,59 Dh/Kg)
- 463 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 33% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

B5. Investissement

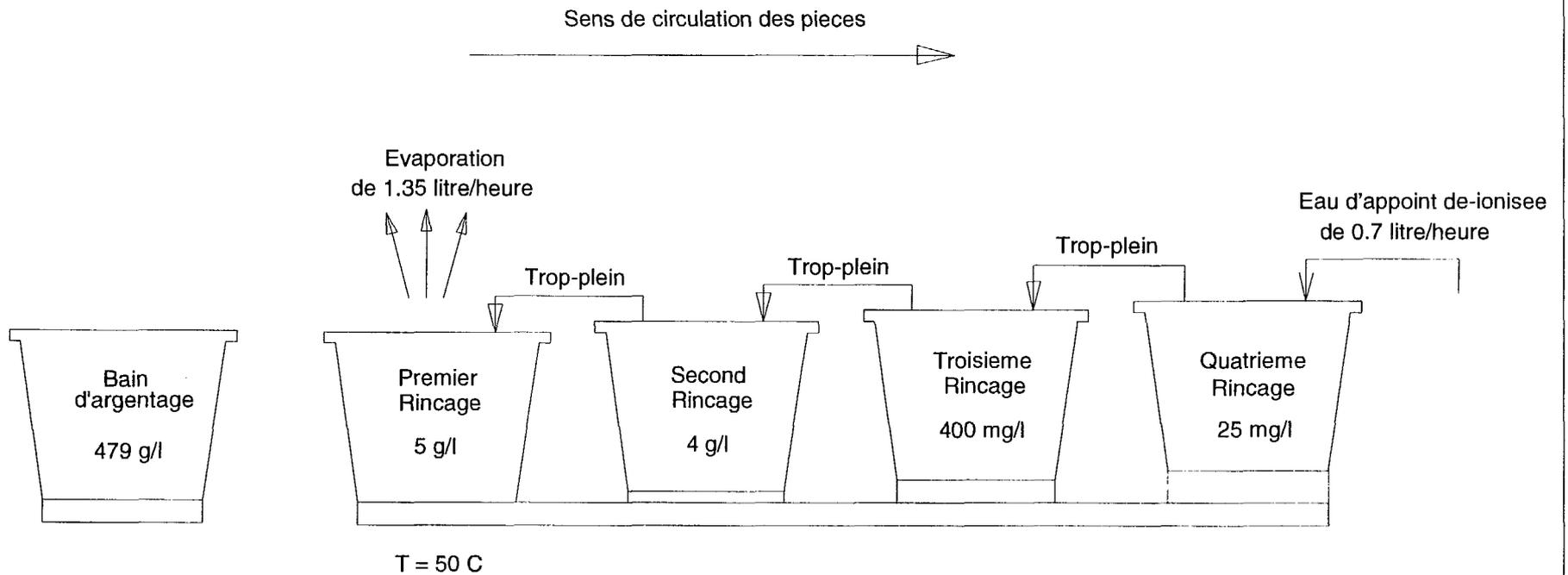
L'investissement global est estimé à 57 200 Dh

- 26 400 Dh pour l'acquisition d'une unité électrolyse inverse
- 22 000 Dh représentant 50% du montant total de l'acquisition de l'échangeur d'ions
- 8 800 Dh pour l'acquisition de deux bassins de rinçage supplémentaires
- 4 400 Dh pour le thermo-plongeur

B6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet LALA IDOUNA No 2: Rincage a contre-courant après argentage



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electolyse inverse

C. Projet N° 3. Minimisation des concentrations organiques des rejets d'eaux usées du procédé de dégraissage

Impact environnemental (en % de réduction)	Investissement (en Dh)	Coûts d'exploitation (en Dh/an)	Gains brut escomptés (en Dh/an)	Gains net escomptés (en Dh/an)
Eau 93,4	24 000	6 643	10 800	4 157
Cyanure 100				

C1. Recommandations

- Installer une unité de production d'eau déionisée pour l'appoint des bacs de rinçage et pour la préparation et l'appoint du bac de dégraissage.
- Installer un système de rinçage à contre courant composé de 3 bacs de rinçage additionnels dont deux existants et intégrant le bain de dégraissage.
- Installer un thermo-plongeur pour élever la température du bain de dégraissage à 45°C pour évaporer l'addition d'eau continue nécessaire au rinçage à contre courant.
- Eliminer les produits chimiques utilisés actuellement au profit d'une solution ne contenant pas de cyanures.

C2. Description

Le procédé de dégraissage est organisé de manière similaire aux étapes de nickelage et argentage. Il comporte deux bacs de rinçage. Ces bacs sont alimentés en eau de manière continue et constamment vidés par un trop-plein. Les appoints d'eau pour le bain et les bacs de rinçage sont également réalisés avec de l'eau de ville, introduisant donc aussi un certain degré de contamination.

A l'opposé des autres bains de traitement de surface, le bain de dégraissage, de par sa nature, n'est pas automatiquement maintenu à un niveau de contamination acceptable. Il est donc périodiquement remplacé (toutes les 120 heures de fonctionnement).

Nous recommandons dans ce projet d'utiliser un dégraissant exempt de cyanures et de faire un rinçage à contre courant intégrant même le bain de dégraissage. Ce dernier doit être maintenu à une température de 45°C pour l'évacuation par évaporation des eaux de rinçage qu'il sera amené à recevoir (voir schéma). De plus, la solution exempte de cyanure ne présentera plus l'inconvénient de produire des émanations gazeuses à base de cyanure dans l'atelier.

C3. Gains escomptés

Les installations présentées ci-dessus permettront de réaliser une réduction de la consommation annuelle d'eau de ce processus de 155 m³, soit 93,4%.

Par ailleurs, le remplacement du dégraissant actuel par un produit exempt de cyanure générerait un gain annuel à l'achat de l'ordre de 9 300 Dh/an et une élimination totale des 375 kg/an de cyanures dans les rejets d'eau et dans l'atmosphère.

Le gain global escompté sur cette opération de dégraissage s'élève à 10 800 Dh/an se répartissant comme suit:

- 1 500 Dh/an d'eau sur la base de 10 Dh/m³
- 9 300 Dh/an représentant la différence entre les coûts de dégraissage actuel et recommandé

Il est possible que l'utilisation d'eau déionisée conjointement avec la mise en place de rinçages à contre-courant augmente sensiblement la durée de vie du bain de dégraissage. Dans cette hypothèse, 10% d'augmentation de la durée de vie du bain engendrerait une économie de 1 650 Dh/an. Pour les besoins de cette étude, cette hypothèse ne sera pas évaluée à priori, puisqu'il nous faudrait réaliser et observer cette configuration de fonctionnement, sur une période de temps étendue, pour parvenir à une conclusion et un chiffrage fiables.

C4. Coût d'exploitation

La proportion du coût total d'exploitation des équipements installés, attribuables à cette ligne, peut être estimée à 6 643 Dh/an, sur les bases suivantes:

- 6 180 Dh/an pour favoriser l'évaporation dans le bain de dégraissage (soit 50% du coût total d'électricité pour les 3 thermo-plongeurs)
- Pas de coût associé avec l'électrolyse inverse puisque l'on ne génère pas de métaux en solution dans les eaux de rinçage
- 463 Dh/an pour l'approvisionnement en eau déionisée (soit 33% du coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion)

C5. Investissement

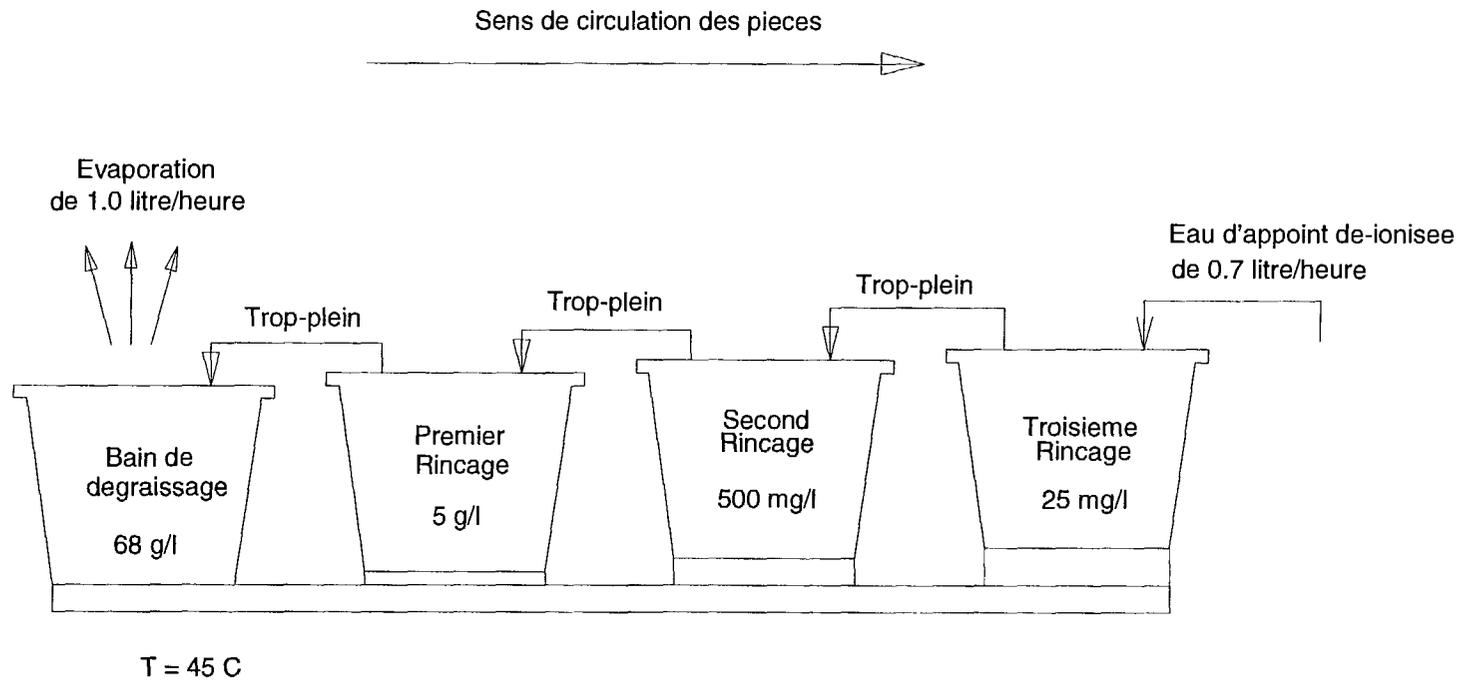
L'investissement global est estimé à 24 000 Dh comportant:

- 14 700 Dh représentant le tiers du montant total d'acquisition d'un échangeur d'ions
- 4 400 Dh pour l'acquisition d'un thermo-plongeur
- 500 Dh pour les frais de réorganisation des bacs de rinçage
- 4 400 Dh pour les bacs de rinçage additionnels

C6. Données et calculs

Voir les tableaux présentés en Annexes A, B, C, et D.

Projet LALA IDOUNA No 3: Rincage a contre-courant après degraissage



Note: Les concentrations mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

SECTION III

RECOMMENDATIONS

SECTION III

RECOMMANDATIONS

A. Recommandations particulières

- Sur le plan sécurité: prévoir le port de lunettes et l'accès à un rince-oeil pour les ouvriers qui manipulent les pièces à traiter d'un bassin à l'autre¹.
- Se débarrasser de manière définitive et après avoir pris soin de les nettoyer, des contenants en plastique dans lesquels se trouvaient les différents sels toxiques. En règle générale le fournisseur de la solution chimique est équipé pour recycler ces contenants.
- Minimiser les fuites d'air comprimé par une inspection journalière du circuit et le remplacement, le cas échéant, des organes défectueux.
- Nettoyer très régulièrement les différents supports et crochets utilisés dans le procédé afin de réduire le taux d'impuretés entrant dans les différents bains de manière à prolonger au maximum la durée de vie des dits bains. Ces supports peuvent être nettoyés par grattage et devraient être régulièrement re-plastifiés.
- Envelopper les crochets d'immersion par une matière isolante pour éviter des pertes de produits par électrolyse. Ceci peut être réalisé en utilisant un produit plastifiant spécifique aux opérations de plaquage.
- N'utiliser dans les différents bains (nickel et argent) que de l'eau réellement déminéralisée ou déionisée ou distillée. L'eau mise en bouteille vendue pour de l'eau déminéralisée (de type eau de batterie) est très souvent sinon toujours fortement chargée en sels minéraux qui ont pour conséquence un apport en impuretés dans les bassins.
- Réutiliser plusieurs fois les sciures de bois servant au séchage des pièces après séchage naturel sur les terrasses ou éventuellement un terrain vague près de l'usine. En effet leur niveau de contamination ne justifie pas de s'en débarrasser systématiquement après un cycle d'utilisation.
- Veiller au contrôle des différents paramètres: temps de contact, concentration des bains en produits chimiques, température, intensité de courant. A cet effet il faudrait s'équiper d'instruments de mesure tels que thermomètres, ampèremètres, minuteriers avec alarmes sonores. Il faut également réserver un petit local pour y effectuer des analyses chimiques des bains.
- Adapter l'intensité du courant au type de pièces à traiter, pour optimiser la productivité. En effet l'épaisseur du dépôt sur le métal dépend de la densité du courant et du temps de contact. Conduire le traitement de surface en se basant uniquement sur le paramètre temps, comme c'est le cas dans la dinanderie auditée, peut induire à une production

¹Voir aussi les lignes directrices de sécurité et santé présentées dans l'Annexe III Générale.

d'une sur ou sous-qualité. Cette remarque est d'autant plus vraie qu'on change souvent de surface à traiter.

Exemple: Si l'on travaille avec une densité de courant de 5 ampères/dm², l'épaisseur du dépôt de nickel augmente de 0,001 mm/mn, cela veut dire qu'au bout de 10 mn on obtiendra une épaisseur de dépôt de nickel de 0,01 mm. Or on peut obtenir la même qualité de dépôt en 6 mn pour une densité de courant de 8 ampères/dm².

B. Recommandations générales pour la réussite d'un programme de prévention de la pollution

- Sensibiliser les employés à la culture de prévention de la pollution.
- Elaborer une stratégie de prévention de la pollution sous forme d'un manuel de procédures contenant des règles écrites et précises permettant:
 - D'instaurer un inventaire systématique des produits chimiques utilisés.
 - De restreindre la manipulation de produits chimiques à un nombre limité de personnes qualifiées.
 - D'instaurer un programme d'analyses chimiques périodiques des baignes.
 - De tenir à jour un cahier d'enregistrement des analyses et des appoints des baignes.
 - De suivre une procédure écrite des séquences d'appoint.
 - D'optimiser la durée de vie des baignes de traitement.
 - D'inspecter régulièrement les baignes pour retirer les pièces insidieusement tombées dans le bain.
 - D'instaurer un programme de maintenance préventive pour les bassins.
 - De protéger les baignes contre les débordement par un système d'alarme.
 - D'installer un système de détection des fuites.
 - De procéder à l'inspection préalable des pièces avant leur introduction dans les baignes.

ANNEXE A

TABLEAUX DES ÉTAPES DU PROCÉDÉ

La Dinanderie et Argenterie Lala Idouna
Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 1: Dégraissage	Données	Unités
Renouvellement complet du bain toutes les	120	heures
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.71	m
Longueur	1.4	m
Profondeur	0.7	m
Volume total de la solution	700	litres
Soude caustique	50	Kg
Cyanure de sodium	50	Kg
Carbonate de soude	20	Kg
KW	0	Kg
Eau	580	litres
Concentration	17	Baumé
Durée de dégraissage	2	mn

Etape 2: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs de rinçage pour dégraissage	2	bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.76	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.66	m
Volume total de la solution	500	litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.76	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.66	m
Volume total de la solution	500	litres

La Dinanderie et Argenterie Lala Idouna
Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 3: Nickelage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour nickelage	3	bacs		
Bac No 1				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.73	m		
Longueur	1.2	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	700	Litres		
Sulfate de Nickel	280	Kg	1.67	Kg/Jour
Chlorure de Nickel	60	Kg	0.53	Kg/Jour
Acide Borique	12	Kg	0.27	Kg/Jour
Brillanteur	ND	Litres	0.50	L/semaine
Nivellant	ND	Litres	0.50	L/semaine
Mouilleur	ND	Litres	0.50	L/semaine
Anodes de Nickel	4	Anodes	ND	ND
Eau	348	Litres		
Durée de Nickelage	4	mn		
Chauffage électrique	80	°C		
Conc.	27	Baumé		
Bac No 2				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.73	m		
Longueur	1.2	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	700	Litres		
Sulfate de Nickel	280	Kg	1.67	Kg/Jour
Chlorure de Nickel	60	Kg	0.53	Kg/Jour
Acide Borique	12	Kg	0.27	Kg/Jour
Brillanteur	ND	Litres	0.5	L/semaine
Nivellant	ND	Litres	0.5	L/semaine
Mouilleur	ND	Litres	0.5	L/semaine
Anodes de Nickel	4	Anodes	ND	ND
Eau	348	Litres		
Durée de Nickelage	4	mn		
Chauffage électrique	80	°C		
Conc.	27	Baumé		
Bac No 3				
<i>Dimensions du bac:</i>				
Largeur	0.73	m		
Longueur	1.2	m		
Profondeur	0.8	m		
Volume total de la solution	700	Litres		
Sulfate de Nickel	280	Kg	2	Kg/Jour
Chlorure de Nickel	60	Kg	0.5	Kg/Jour
Acide Borique	12	Kg	0.3	Kg/Jour
Brillanteur (DE 3)	ND	Kg	0.01	Kg/semaine
Nivellant	ND	Litres	0.01	L/semaine
Mouilleur	ND	Litres	0.02	L/semaine
Anodes de Nickel	4	Anodes	ND	ND
Eau	348	Litres		
Durée de Nickelage	4	mn		
Chauffage électrique	80	°C		
Conc.	27	Baumé		

La Dinanderie et Argenterie Lala Idouna
Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 4: Rinçage	Données	Unités
Nombre de bacs pour chaque Nickelage	2	Bacs
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.76	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.66	m
Volume total de la solution	500	litres
Bac No 2		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.76	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.66	m
Volume total de la solution	500	litres

Etape 5: Attaque+Argentage	Données	Unités	Appoint	Unités
Nombre de bacs pour Argentage	1	bac		
<i>Dimensions du bac</i>				
Largeur	0.75	m		
Longueur	1.3	m		
Profondeur	0.72	m		
Volume total de la solution	700	Litres		
Cyanure d'Argent	15	Kg	2	Kg/Mois
Cyanure de Potassium	320	Kg	24	Kg/Mois
Brillanteur	0	Litres	ND	ND
Anodes d'Argent	ND	Anodes	ND	ND
Eau	365	Litres		
Durée de la fixation	1	mn		
Concentration	18	Baumé		

La Dinanderie et Argenterie Lala Idouna
Annexe A: Tableaux des étapes du procédé

Etape 6: Rinçage Argent	Données	Unités
Nombre de bacs pour rinçage Argent:	1	bac
Bac No 1		
<i>Dimensions du bac:</i>		
Largeur	0.76	m
Longueur	1	m
Profondeur	0.66	m
Volume total de la solution	500	litres

Etape 7: Séchage - Polissage	Données	Unités
- Séchage mécanique		
Déchets de bois	30	Kg/Jour
Poudre de polissage	20	Kg/Jour
- Séchage pneumatique		
Jet d'air comprimé	ND	ND

ANNEXE B

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES BAINS

Societe LALA IDOUNA, Fes, Maroc
Annexe B: Tableau des caracteristiques des bains

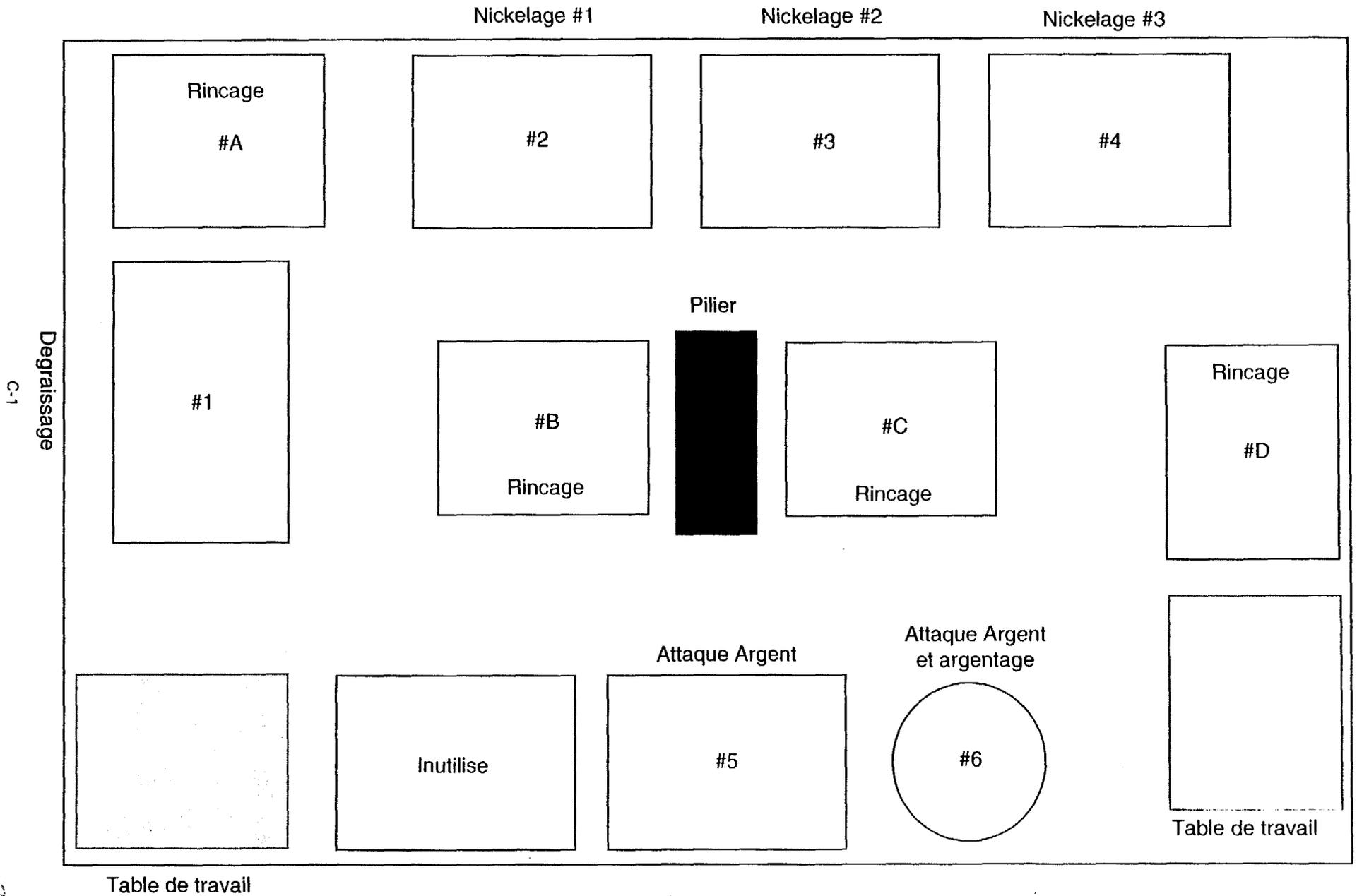
Reference de bassin	Description des bassins	Caracteristiques			Position dans le cycle	Longueur du cycle	TDS introduit fin de cycle mg/l	Metal en Pourcentage du TDS du Bain	Masses/Cycle		Masses Annuelles Kg (metal)	Masses Annuelles Kg (CNI)	Volumes Annuels Litres	Solution Entrainee en l/cycle
		Temp	TDS en mg/l	pH					Cations en grammes	CN en grammes				
1	Degraissage	A	171917	11						26499.90		353.33	9333	
A	Rincage 1		1160	10.7	1.00	6	740			81.48		20.72	127170	0.64
B	Rincage 2		520	8.4	1.00	20	100			11.01		0.87	39331	0.28
	Total						740			26592.39		374.92	166501	
2	Nickelage 1	80	503392	5.1				21.93%	Ni					
C	Rincage 1		830	7.7	1.00	5	410			44.96		13.72	152604	
D	Rincage 2		590	8.9	1.00	3	9			0.93		0.51	272507	
3	Nickelage 2	80	503392	5.4				21.93%	Ni					
C	Rincage 1		830	7.7	1.00	5	410					0.00		
D	Rincage 2		590	8.9	1.00	3	9					0.00		
3	Nickelage 2	80	503392	5				21.93%	Ni					
C	Rincage 1		830	7.7	1.00	5	410					0.00		
D	Rincage 2		590	8.9	1.00	3	9					0.00		
	Total						209					14.23	425111	
4	Placage Arge	A	478957	11.5				3.60%	Ag	CN				
D	Rincage 1		590	8.9	1.00	3	162			2.91	31.53	1.58	9.69	0.07
	Total						162				31.53	1.58	9.69	0
Total											385	591612	650.11	

51

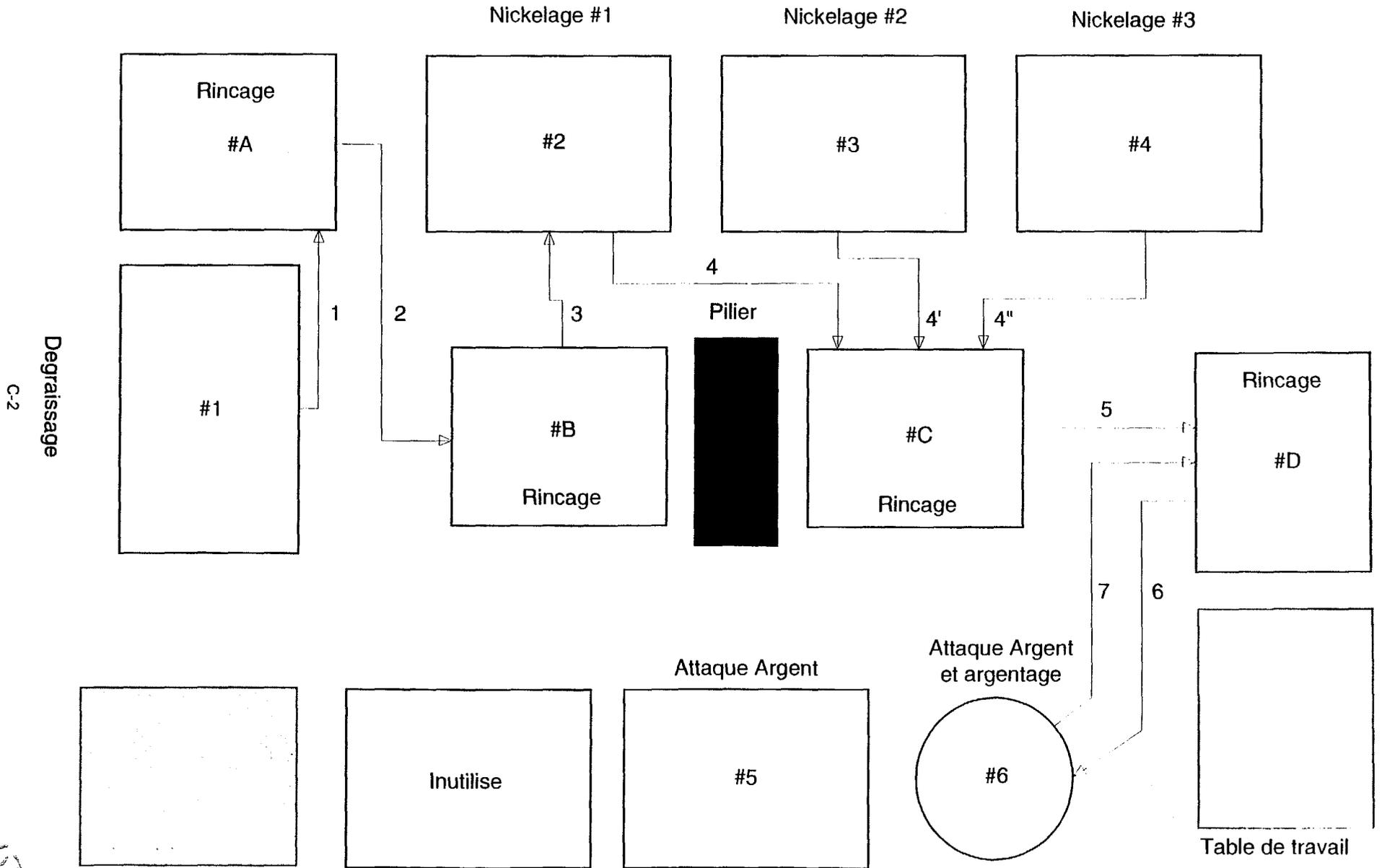
ANNEXE C

**SCHÉMAS DES IMPLANTATIONS ACTUELLES ET RECOMMANDÉES
DES BASSINS ET CIRCUITS**

Schema d'implantation du procede de traitement de surface a la societe LALA IDOUNA



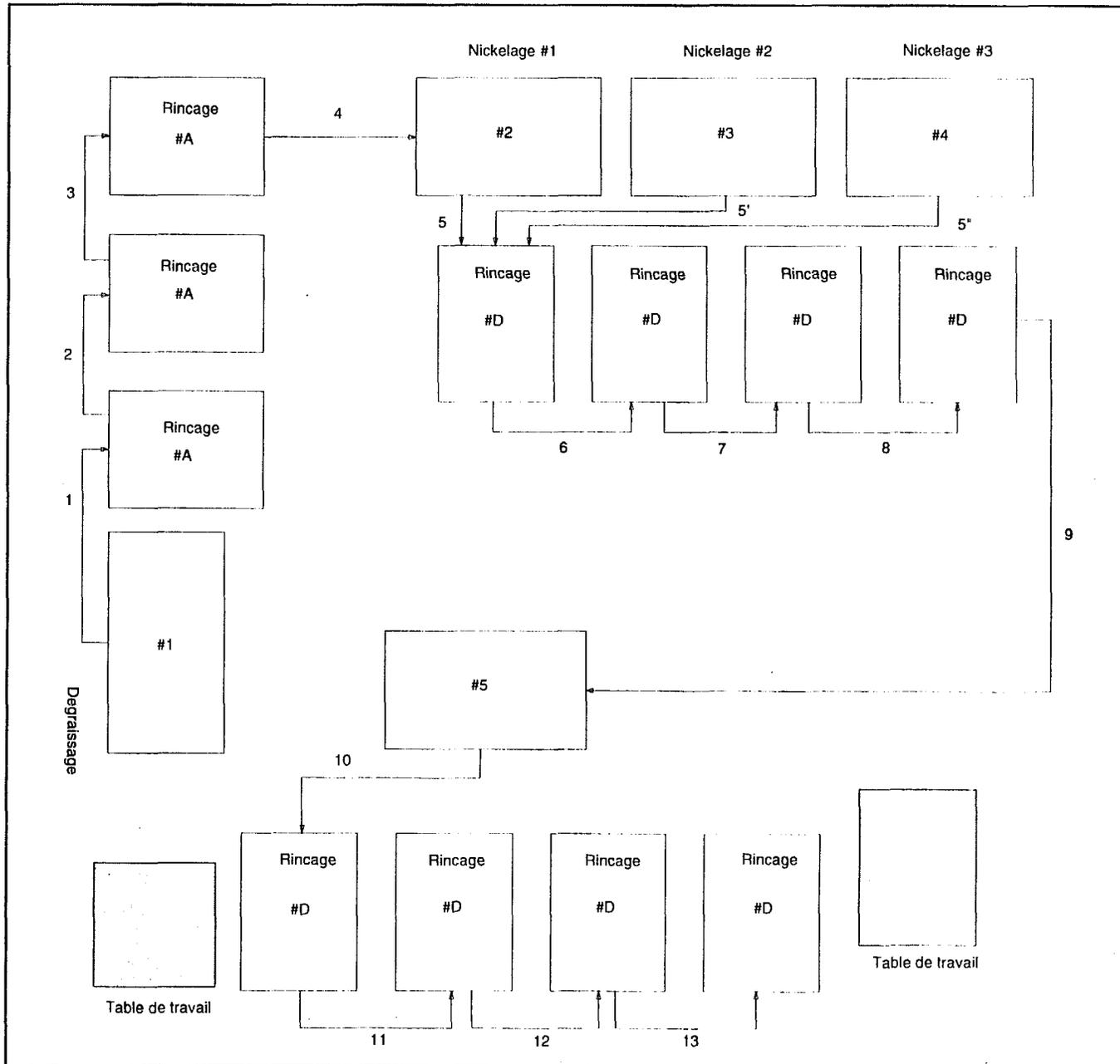
Schema de circuit de traitement de surface a la societe LALA IDOUNA (Situation actuelle)



1321

Table de travail

**Schema de circuit
de traitement de surface
a la societe LALA IDOUNA
(Situation preconisee)**



C-3

155

ANNEXE D

DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

ANNEXE D
DÉTAIL DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION

A. Estimation de coût total d'exploitation de l'électrolyse inverse pour les 6 projets

15,5 Kg de métaux lourds dont 14,725 Kg seront récupérés (95%) à un coût de 65.59 Dh/Kg¹ pour un total d'environ 966 Dh/an.

B. Estimation de coût total de l'électricité nécessaire à l'opération des 4 thermo-plongeurs

- 1,5 KWh pour la ligne de cuivrage (soit 25% du total)
- 1,5 KWh pour la ligne de nickelage (soit 25% du total)
- 3 KWh pour le bain de dégraissage (soit 50% du total)

Au total 6 KWh x 10 heures par jour x 200 jours/an x 1,03 Dh/KWh = 12 360 Dh/an

C. Estimation de coût total d'exploitation de l'échangeur d'ion pour les 6 projets

Besoin d'eau de rinçage pour alimenter les contre-courants:

3.1 litres/heure x 10 heures/jour x 200 jours/an = 6 200 litres/an

Au total 24,2 m³/an d'eau nécessaire au rinçage, appoint et pertes par évaporation du département de traitement de surface, à 58 Dh/m^{3.2} pour un total d'environ 1 404 Dh/an.

¹ NCMS and NAMF, "3.5.5.2. Operating Cost of Electrowinning Technology," p. 132 in *Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations*, 1994.

² NCMS and NAMF, "3.4.5.2. Operating Cost of Ion Exchange Technology," p. 110 in *Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations*, 1994.

ANNEXE E

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE E
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADER, *Etude de faisabilité pour une station de récupération de chrome, d'élimination des métaux lourds et des cyanures et de prétraitement à Ain Nokbi*, ADER, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Anderson, Donald F., *Development Document for Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Leather Tanning and Finishing Industry*, U.S. Environmental Protection Agency, Effluent Guidelines Division, WH-552, Washington D.C., November 1982.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la dinanderie argenterie de Fès*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Projet GEM, *Audit environnemental de la tannerie Wad Eddahab*, Projet GEM, Rabat, Maroc, Février 1995.
- Guidebook and directory issue, *Journal of Metal Finishing*, Tarrytown, New York, 1996.
- National Center for Manufacturing Sciences, and National Association of Metal Finishers, *Pollution Prevention and Control Technology for Plating Operations*, NCMS and NAMF, Washington, D.C., 1994.
- RADDEF, *Plan directeur d'assainissement liquide du grand Fès*, RADDEF, Fès, Maroc, Mars 1996.
- Rinsecalc*, logiciel spécialisé d'optimisation des configurations de rinçages, développé pour CAI ingénierie, mai 1995.

**Audit environnemental:
Tannerie Saïs**

Par:

Abdelkarim Bennani
Serge Astaud
Saïd Bouanani

octobre 1996

REMERCIEMENTS

Le Projet PRIDE et l'équipe de l'audit tiennent à remercier Monsieur Berrada, Directeur Général de la tannerie Saïs pour son chaleureux accueil et l'aide qu'il a réservée à l'équipe lors des travaux de l'audit environnemental.

De plus, nous tenons à remercier tout particulièrement le Ministère de l'Environnement du Maroc, ainsi que l'équipe du Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement, sans qui ces rapports n'auraient pu être mener à bien.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe des agents et collaborateurs, pour leur participation à la campagne de mesures et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer aux ingénieurs auditeurs, à la collecte de données et aux prises de mesures.

L'audit de la tannerie a été réalisé par:

- Abdelkarim Bennani, chef d'équipe, Ph.D., Industries chimiques, expert-conseil en énergie et environnement
- Serge Astaud, Expert International, spécialiste en prévention de la pollution dans l'industrie de traitement de surface
- Saïd Bouanani, Ph.D. Génie Chimique, expert-conseil en énergie et environnement.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE EXECUTIF	i
SECTION I	DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TANNERIE I-1
A.	Présentation de la Tannerie Saïs I-1
B.	Description sommaire du procédé de fabrication du cuir I-1
SECTION II	PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION II-1
A.	Projet N° 1. Minimisation de la consommation d'eau au trempage II-1
B.	Projet N° 2. Récupération du sulfure de sodium de l'opération de chaulage/réchauffage II-2
C.	Projet N° 3. Optimisation de la fixation du chrome II-3
D.	Projet N° 4. Récupération du chrome par recyclage direct II-4
E.	Projet N° 5. Séparation des effluents acides et alcalins II-5
SECTION III	ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET RECOMMANDATIONS III-1
A.	Consommation d'eau III-1
B.	L'eau usée et ses polluants III-2
C.	Recommandations diverses III-2
ANNEXE A	PROJETS DE LA TANNERIE SAÏS A-1
ANNEXE B	LA CONSOMMATION D'EAU DES DIFFÉRENTES ÉTAPES DU PROCÉDÉ DE LA TANNERIE SAÏS B-1
ANNEXE C	RÉSULTATS DES ANALYSES DES EFFLUENTS C-1
ANNEXE D	SCHÉMA DE PRINCIPE DE RECYCLAGE DU CHROME PAR PRÉCIPITATION D-1
ANNEXE E	ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK E-1

SOMMAIRE EXÉCUTIF

A. Introduction

Ce rapport présente les conclusions de l'audit environnemental de la tannerie Saïs, qui a été retenue pour bénéficier d'une assistance technique fournie par le Projet PRIDE.

La réalisation de cet audit a mobilisé une équipe de 2 experts nationaux (Mssrs Abdelkarim Bennani et Saïd Bouanani), et 1 international (Mr. Serge Astaud), qui ont travaillé en étroite collaboration avec le personnel de la société.

Le travail sur site s'est déroulé en deux étapes: une campagne de pré-audit le 19 juin 1996 et la campagne de mesures le 20 et 21 juin 1996.

B. Résultats

L'audit a permis de dégager 5 projets visant à réduire les pertes de produits chimiques. Les gains de ces projets s'élèvent à 528 000 Dh par an pour un investissement de 81 000 Dh. Le temps de retour moyen est de 2 mois (voir tableau ci-dessous).

Par ailleurs, la réalisation de ces projets permettrait à la tannerie, de réduire:

- les rejets en chrome de 86 %
- les rejets en sulfure et chaux de 33 %
- le volume des eaux usées de 26% et autant pour sa consommation qui pourra être ramenée à 60 l/kg de peau brute à 43 l/kg.

Il convient de mentionner que l'eau utilisée par la tannerie Saïs provient d'un puits situé dans l'enceinte de l'usine. La sensibilisation des opérateurs aux économies d'eau est quelque peu affaiblie par cet état de fait. Il a été rappelé au cours de l'audit que la loi sur l'eau récemment adoptée par les pouvoirs publics ¹ prévoit des taxes parafiscales sur les prélèvements et sur les rejets. Le coût a été estimé par conséquent à 10 Dh/m³.

Ce rapport d'audit de la tannerie Saïs à été réalisé dans un contexte conjoncturel particulier à l'année 1996. En effet, l'industrie du tannage au Maroc est temporairement affectée par la combinaison des états de fait suivants:

- 1996 à été une année exceptionnelle en terme de précipitations. En conséquence, les herbes de pâturages ont eu tendance à développer plus d'épines qui ont réduit la qualité moyenne des peaux de bétail pour cette année
- Les précipitations ont aussi eut pour conséquence d'améliorer les rendements agricoles, et donc d'inciter les éleveurs à conserver leurs cheptels au lieu de les envoyer à l'abattage.
- Des campagnes de contrôles douaniers ont ralenti les importations de peaux.

¹Dahir #1-95-154 du 16 Août 1995

Dans ces conditions particulières, l'ensemble de l'industrie du tannage a considérablement réduit ses programmes de production de peaux pour 1996. Ceci étant, de manière à tenir compte du caractère exceptionnel de l'année 1996, nous avons considéré, pour les besoins de l'étude, que la tannerie Saïs opère 300 jours par an.

Il est important de mentionner que l'ensemble des calculs qui ont été réalisés pour déterminer les gains ont été fait sur la base des relevés et mesures effectués lors du travail sur site et des informations recueillies auprès des responsables de l'usine.

Tableau 1. Liste des projets de la Tannerie Saïs

No	Intitulé du projet	Type de gain	Valeur du gain (Dh/an)	Investissement (Dh)	Temps retour (mois)	Impact environnement		
						% Chrome	% Sulfure	% Volume
1	Minimisation de la consommation d'eau au trempage	Eau	314 000	7 000	Immédiat			26
2	Récupération du sulfure de sodium	Sulfure+chaux	156 000	20 000	1,5	36	33	
		Sulfate de Cr	24 000	12 000	6	50		
3	Optimisation de la Fixation de Chrome	Sulfate de Cr	34 000	12 100	5			
4	Recyclage Direct de Chrome	Prévention		30 000				
5	Séparation des effluents							
Total			528 000	81 100	125	86	33	26

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TANNERIE

SECTION I

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TANNERIE

A. Présentation de la tannerie Saïs

La tannerie Saïs est située dans la zone industrielle de Dokkarat à Fès. Elle a été créée en 1990. L'usine est construite sur un terrain de 1 100 m² et a une superficie couverte de 1 600 m². Sa puissance installée est de 160 kVA. Elle emploie entre 20 et 60 personnes selon les saisons. La capacité installée de traitement de cette tannerie est de 2 700 peaux par jour, mais elle ne traite en moyenne que 1500 peaux par jour et fonctionne 300 jours par an. Les peaux traitées proviennent en général d'ateliers d'abattage domestiques, et une portion d'entre elles sont destinées à l'exportation vers l'Italie. Cette tannerie est donc une des plus importantes de la place. Elle consomme annuellement 130 000 kWh en électricité, équivalent à 173 000 Dh TTC. La tannerie Saïs dispose d'un puits qui assure, par le biais d'un château d'eau, tous ces besoins en eau. Aucun comptage des prélèvements d'eau n'est effectué sur ce puits, mais l'équipe d'audit a estimé la consommation de la tannerie aux alentours de 126 000 m³/an¹. La tannerie utilise également du bois à raison de 15 tonnes par an pour le chauffage de l'eau des procédés.

B. Description sommaire du procédé de fabrication du cuir

B1. Trempage et délainage

La tannerie Saïs traite environ 1 500 peaux de moutons par jour. Dès leur réception, les peaux sont trempées pendant 24 heures dans un bain d'eau pour éliminer la bouse, le sang, le sel de préservation et les protéines solubles dans l'eau. Elles subissent un premier lavage à l'eau courante pendant 3 heures avec un débit de 10 m³/h et un second lavage individuel pendant 4 heures avec un débit de 25 m³/h. Elles sont ensuite fendues et rognées avant d'être badigeonnées côté chair par de la pâte d'enchaux (mélange de chaux vive et de sulfure de sodium). Cette pâte est préparée dans des fûts de 120 litres dans les proportions suivantes:

- Sulfure de sodium: 5 kg
 - Chaux: 50 kg
- (un fût permet le badigeonnage de 100 peaux.)

L'application de cette pâte alcaline sur les peaux a pour effet l'ouverture de la structure des fibres facilitant ainsi le délainage. Ce procédé assure par ailleurs le gonflage et l'assouplissement de la peau. On parle alors de gonflage alcalin au cours duquel les peaux atteignent parfois le double de leur épaisseur initiale. Cette opération dure quatre heures au bout desquelles on procède au délainage.

La laine est récupérée après lavage et vendue pour différents usages et en particulier pour la fabrication artisanale des matelas et tapis. L'opération de lavage de la laine consomme environ 80 m³/j d'eau pour un lot initial de 1 000 peaux.

¹L'estimation des débits a été faite par empottage, i.e. mesurer le temps nécessaire pour remplir un volume connu.

Les peaux délainées sont ensuite placées dans des bacs agités conditionnés avec de la chaux à raison de 40 kg pour 500 peaux à traiter. Cette étape qui dure une nuit, soit environ 10 heures assure l'uniformisation du gonflage des peaux.

B2. Echarnage

C'est une opération mécanique qui se fait sur des machines écharneuses; elle consiste à racler les peaux côté chair en leur retirant les tissus et graisses qui leur restent collés.

B3. Déchaulage

Le déchaulage est la première étape de préparation au tannage. Elle consiste à introduire les peaux préalablement pesées dans le foulon pour être lavées afin d'éliminer la chaux. Ce lavage est suivi d'une redissolution et neutralisation de la chaux résiduelle évitant ainsi toute interférence avec les étapes de tannage ultérieures. Cette opération dure 30 mn et est assurée par l'application de sulfate d'ammonium (3 kg pour 100 kg de peau noté par la suite 3%). A l'issue de cette neutralisation, les peaux retrouvent leur épaisseur initiale.

B4. Confitage

Dans le bain précédent, on rajoute des produits enzymatiques (0,7 % de confit et 1% de dégraissant) qui ont pour effet d'éliminer tous les restes de poils et de protéines dégradées et ce par un mécanisme catalytique de destruction des ponts formés par les doubles liaisons chimiques qui caractérisent les chaînes des acides aminés.

La solution est alors évacuée après 30 mn de traitement et les peaux sont lavées à l'eau courante jusqu'à la clarification du bain. Ce lavage dure environ 2 heures.

B5. Picklage

Le picklage s'effectuant à l'aide de solutions de sel de sodium (10%), d'acide formique (0,8% dilué à 10%) et d'acide sulfurique (0,8% dilué à 10%) est destiné à donner aux peaux l'acidité nécessaire (pH=2,8) pour empêcher une précipitation ultérieure des sels de chrome sur les fibres cutanées.

Le picklage est la dernière opération de préparation au tannage, elle assure également la stérilisation des peaux.

B6. Tannage

Le tannage est la stabilisation de la structure collagène de la peau par addition du sulfate de chrome (8%). Cette opération se fait dans le même bain et dure généralement cinq heures. On procède alors à la basification du bain par addition de bicarbonate et de carbonate de sodium (1,2%). Trois heures plus tard on procède à la vidange des foulons. Les peaux sont ensuite empilées et laissées en mûrissement pendant 48 heures. La tannerie Saïs ne procède pas à la récupération du chrome par procédé chimique ou autre, mais parvient tout de même à obtenir un taux de fixation de 85%.

B7. Déraillage

Après le tannage, les peaux subissent des opérations mécaniques qui permettent d'égaliser la surface naturelle irrégulière de la matière. Cette opération permet également de retirer l'excès d'humidité.

B8. Retannage

Les peaux sont alors remises dans le foulon où elles sont lavées à l'eau courante avant de subir le retannage. Plusieurs produits chimiques sont alors successivement rajoutés dans le même bain: 0,3% d'acide formique dilué à 10%, 0,3% de dégraissant et le tannin composé de 3% de sulfate de chrome, 2% de résine acrylique, 1% de bicarbonate et 0,5% de formiate de sodium pour le masquage. Cette opération qui se déroule à 35°C, permet de donner à la peau le "plein" et l'aspect du cuir.

B9. Teinture et finissage

Après le retannage, les peaux sont lavées à l'eau courante puis à l'eau chaude (50°C) avant l'addition d'huiles synthétiques ou végétales et de colorants. Puis, elles suivent des opérations de nourriture de correction de teinture et même de retannage par résine si des caractéristiques spéciales sont requises. Enfin les peaux sont lavées, rincées et mises en piles. Elles sont ensuite séchées à l'air libre, avant de subir une succession d'opérations mécaniques pour donner au cuir le maximum de surface plane et de souplesse: palissonnage, étirage, cadrage.

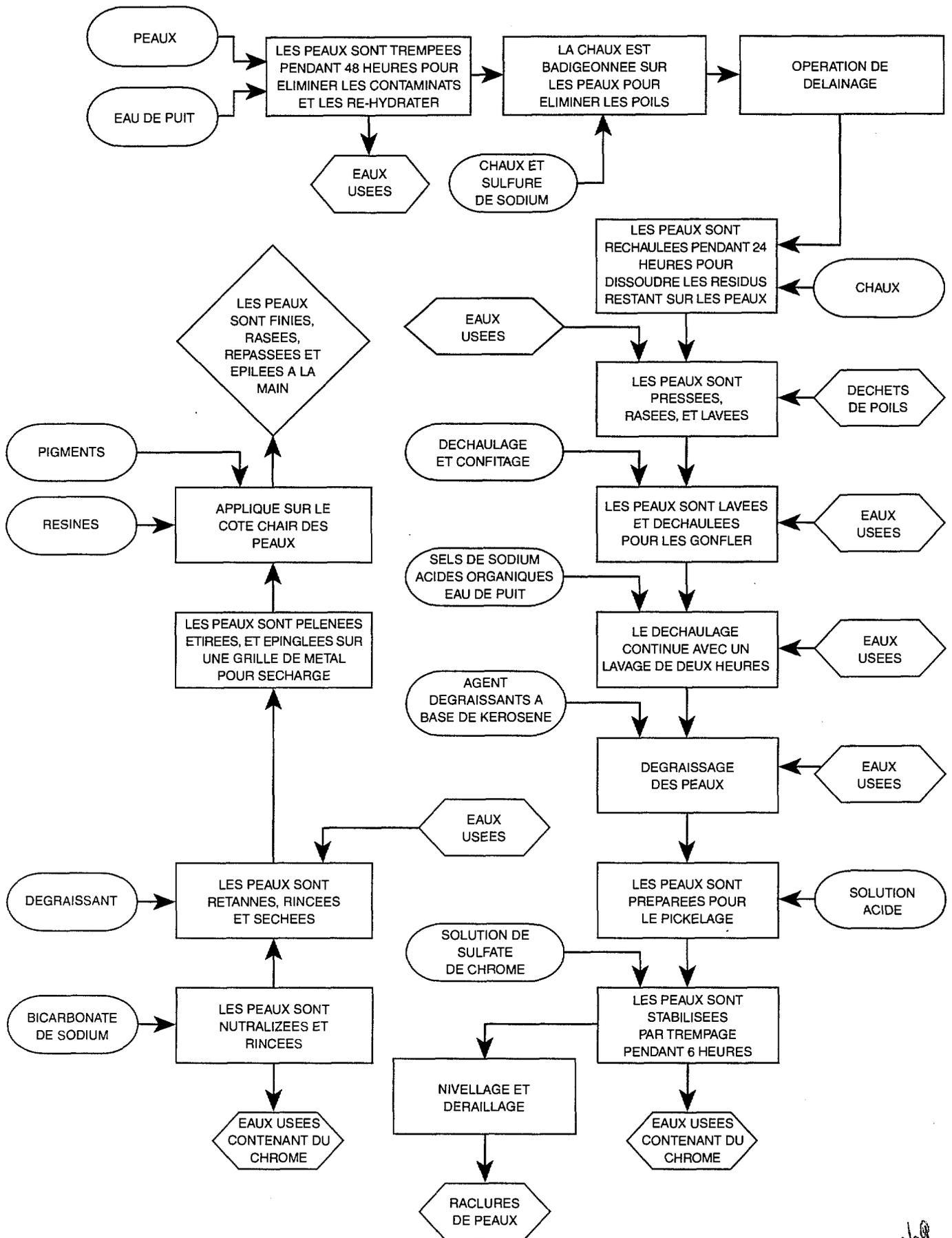
Les traitements de surface consistent en l'application de pigments par aspersion sur les cuirs. Le revêtement final se fait par des laques nitrocellulosiques.

B10. Contrôle de qualité, mesure de surface et expédition

Cette étape consiste à trier les différentes peaux selon des nuances de couleur, de touché, d'aspect et d'autres paramètres. La mesure de surface se fait par un appareil mécanique qui mesure la surface qui est ensuite marquée sur la peau.

Les opérations typiques du procédé de tannage sont reprises dans le schéma du procédé ci-joint.

Diagramme schématique des opérations de tannage



SECTION II

PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

SECTION II
PROJETS DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION

A. Projet N°1. Minimisation de la consommation d'eau au trempage

Résumé	
Economie de matières	314 000 Dh/an
Coût de mise en oeuvre	7 000 Dh
Temps de retour	immédiat

A1. Recommandations

- Alimenter les bassins de trempage par de l'eau pressurisée.
- Utiliser pour le lavage un système de jets à haute pression et faible débit.
- Remplacer le lavage continu par des batch de 15 mn.

A2. Description

Le lavage des peaux représente à lui seul plus 50% de la consommation globale de la tannerie en eau. Les peaux brutes sont très sales et la qualité du cuir produit dépend énormément du degré de nettoyage des peaux. A la tannerie Saïs, les peaux sont lavées individuellement sous un jet de 25 m³/h. Avec ce débit, l'eau est utilisée comme moyen mécanique de décapage plutôt que moyen de lavage. C'est pourquoi nous recommandons l'utilisation de robinets équipés de têtes réductrices de débit. Un supprimeur d'eau doit être installé pour alimenter ces robinets afin d'assurer un jet de haute pression.

A3. Gains escomptés

Les gains relatifs à ce projet sont évalués à 31 400 m³/an, ce qui représente un gain monétaire annuel de 314 000 Dh, en se basant sur un coût unitaire du m³ d'eau de 10 Dh

A4. Investissement

L'investissement est estimé à 7 000 Dh. Il correspond à l'acquisition et l'installation d'un supprimeur et d'un jeu de robinets.

A5. Critères de rentabilité

Le temps de retour est immédiat.

A6. Données et calculs

Les calculs sont effectués sur la base des relevés de l'audit et sont sous forme de fichier en Quattro-Pro. Un résumé des résultats des calculs est présenté ci-joint (Annexe A).

Projet N°1

minimisation de la consommation d'eau au trempage

Quantité d'eau pour 1000 peaux	m3	139.89
Quantité d'eau de lavage laine pour 1000 peaux	m3	76.30
pourcentage de réduction au trempage	%	0.50
Quantité de peau traité par an	peaux	450000.00
Gain annuel d'eau	m3/an	31475
	Dh/an	314746
nouveau ratio de consommation d'eau de la ta	L/Kg	42.78
Investissement (surpresseur + limiteurs)	Dh	7000.00
Temps de retour	mois	immédiat

B. Projet N°2. Récupération du sulfure de sodium de l'opération de chaulage/réchauffage**Résumé**

Economie de sulfure de sodium	156 500 Dh/an
Coût de mise en oeuvre	20 000 Dh
Temps de retour	1,5 mois

B1. Recommandations

Récupérer une partie des liqueurs de chaulage, les conditionner et les réutiliser pour préparer les pâtes d'enchaux.

B2. Description

Après le délainage manuel, les peaux badigeonnées par une pâte de sulfure de sodium et de chaux sont introduites dans des bassins remplis d'eau, où elles passent la nuit. Les peaux sont ensuite retirées de ces bassins et la liqueur est évacuée à l'égout. D'après nos estimations cette liqueur, une fois filtrée, contient 14 g/l de sulfure de sodium et 134 g/l de chaux, d'où l'intérêt de sa réutilisation pour la préparation de la pâte d'enchaux. Il faut mentionner que les volumes récupérables sont plus importants (3.2 m³ par cycle) que le volume nécessaire pour la préparation de la pâte (1,2 m³), ce qui implique la non-utilisation de la totalité du volume de l'effluent. D'après nos calculs, le taux net de récupération de sulfure de sodium et de chaux est d'environ 33%.

Cette opération se fera au moyen d'un bac de stockage intermédiaire, d'un filtre d'une maille de 1 mm et d'une pompe de transfert. Ci-joint un schéma de principe.

Remarque: On peut utiliser le même circuit que celui du projet N°5.

B3. Gains escomptés

Les gains relatifs à ce projet sont de l'ordre de 7,636 tonnes/an de sulfure de sodium, 72,447 tonnes/an de chaux et 540 m³/an d'eau, soit un gain monétaire global de 156 500 Dh/an.

B4. Investissement

L'investissement est estimé à 20 000 Dh. Il comprend essentiellement un bac de stockage intermédiaire, un filtre, une pompe de transfert et leur installation.

B5. Critères de rentabilité

Le temps de retour brut est de 1,5 mois.

B6. Risque

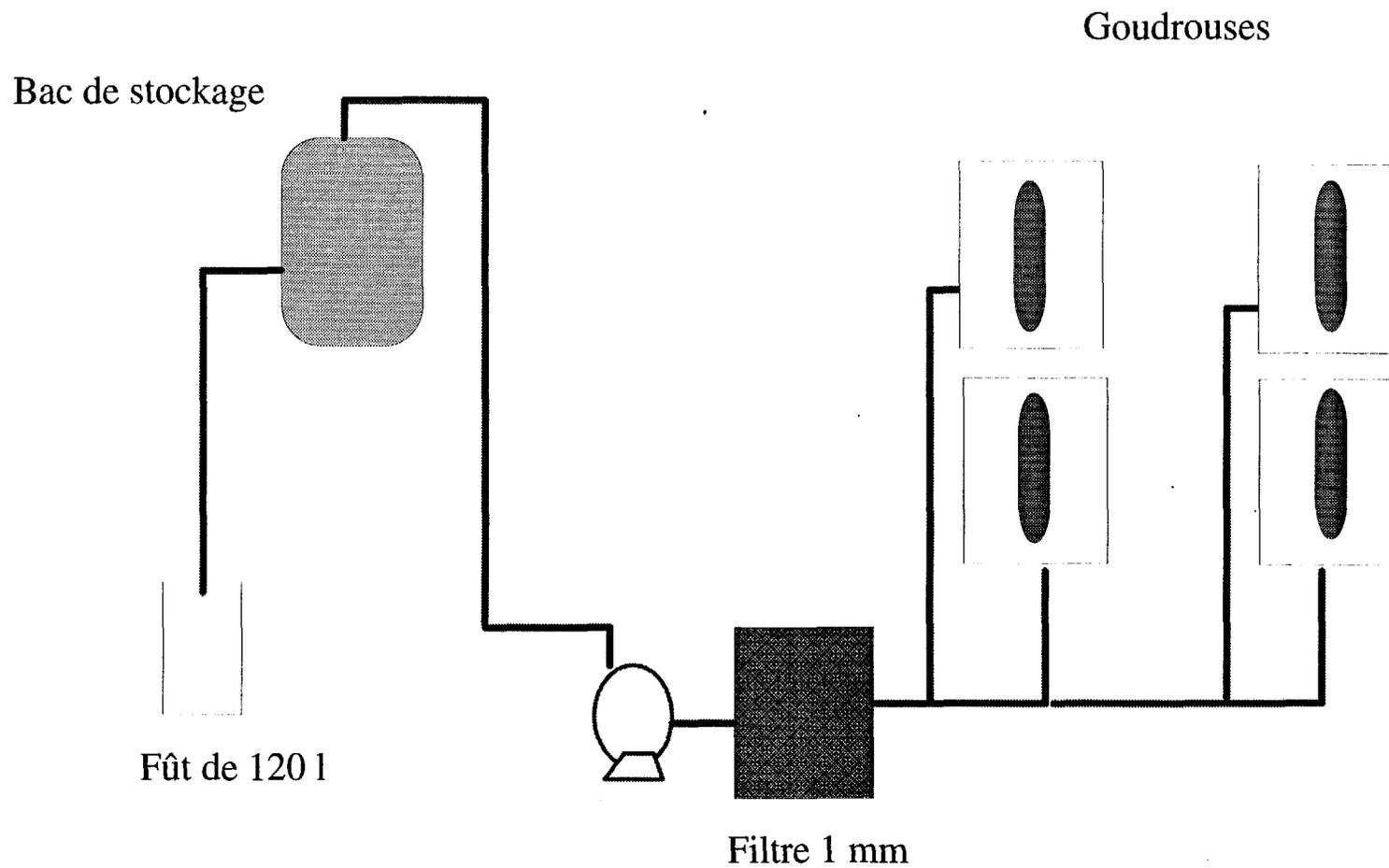
La réutilisation de la liqueur de sulfure peut avoir un impact sur la qualité du gonflement de la peau. On peut perdre 4 à 5% de gonflement en utilisant ce procédé.

B7. Données et calculs

Les calculs sont effectués sur la base des relevés de l'audit et sont présentés sous forme de fichier en Quattro-Pro. Ci-joint un récapitulatif des résultats des calculs (Annexe A).

Projet N°2		
Récupération du sulfure de sodium		
Quantité de sulfure de sodium pour 1000 peaux	Kg	50
Concentration en sulfure de sodium de la pate	g/l	41.6667
Quantité de chaux pour 1000 peaux	Kg	480
Concentration en chaux de la pate	g/l	400
Volume d'eau usée du bain de chaulage/1000 peaux	m3	6.44
Taux de récupération de solution,		0.5
volume de la solution récupérable	m3/cycle	3.22
Taux de récupération global de sulfure		0.9
Taux de récupération global de la chaux		0.9
Quantité de sulfure récupérable/1000 peaux	kg	45
Quantité de chaux récupérable/1000 peaux	kg	432
Concentration du bain de chaulage en sulfure	g/l	7.76398
Concentration du bain de chaulage en chaux	g/l	74.5342
concentration du filtrat en sulfure	g/l	13.9752
concentration du filtrat en chaux	g/l	134.161
Quantité réutilisée	m3	1.2
Quantité de sulfure réutilisée	Kg	16.7702
Quantité de chaux réutilisée	Kg	160.994
Taux net de récupération du sulfure	%	0.3354
Taux net de récupération de la chaux	%	0.3354
consommation annuelle sulfure	tonne	22.5
Consommation annuelle chaux	tonne	216
Gain annuel sulfure	Dh/an	64146
Gain annuel chaux	Dh/an	86937
Gain en eau	Dh/an	5400
Total gain	Dh/an	156483
Investissement	Dh	20000
Temps de retour	mois	1.5

Récupération de la liqueur de sulfure Tannerie Saïs



175

C. Projet N°3. Optimisation de la fixation du chrome

Résumé

Economie de chrome	24 000 Dh/an
Coût de mise en oeuvre	12 000 Dh
Temps de retour	6 mois
Taux de réduction de chrome dans le rejets	36%

C1. Recommandations

Améliorer la fixation du chrome par les actions suivantes:

- Remplir les foulons à leur niveau minimum.
- Chauffer l'eau dans les foulons et maintenir le bain à une température de 35°C.
- Prolonger dans la mesure du possible la durée de tannage.
- Utiliser un instrument plus précis de mesure pour contrôler le pH.

C2. Description

Les mesures du Laboratoire National d'Etudes et de Surveillance de la Pollution et des Nuisances du Ministère de l'Environnement du Maroc, effectuées sur un échantillon de la liqueur de tannage prélevé durant la campagne d'audit, ont donné une concentration en Cr(III) de 4 660 ppm. D'après nos calculs, (voir page II-8), cette concentration correspond à un taux de fixation du chrome de 82%. Bien que ce résultat est satisfaisant comparé à ce que nous sommes habitués à voir dans les autres tanneries à Fès, il est possible, moyennant les recommandations citées ci-dessus d'atteindre un taux de fixation de 88%. Plusieurs tanneries à travers le monde réussissent, par un contrôle rigoureux du process, à des taux de fixation du chrome sur les peaux de l'ordre de 90%.

Actuellement, à la tannerie Saïa, l'opération de tannage se fait à l'aide d'un sulfate de chrome auto-basifiant, ce qui explique la valeur convenable du taux de fixation, mais nous avons toutefois noté que le tannage s'opère à une température de l'ordre de 25°C (mesuré durant la campagne d'audit), que les quantités d'eau mises en oeuvre ne sont pas mesurées et que les mesures de pH se font à l'aide d'un indicateur coloré.

Pour pouvoir réaliser nos recommandations, la tannerie Saïa, doit impérativement équiper les foulons d'appareils de mesures de température, de pH et surtout d'un compteur d'eau.

C3. Gains escomptés

Les gains de ce projet s'élèvent à 24 000 Dh par an correspondant à une économie de 2,280 tonnes de sulfate de chrome. Le contrôle du procédé va permettre également des économies, difficiles à chiffrer, sur les autres sels et produits chimiques utilisés.

Notons enfin, que l'impact de ce projet sur l'environnement est important puisque les rejets en chrome de la tannerie seront réduits de 36%.

C4. Investissement

L'investissement global est estimé à 12 000 Dh et correspond à l'acquisition d'appareils de mesures.

C5. Critères de rentabilité

Le temps de retour brut est de 6 mois.

C6. Données et calculs

Les calculs sont effectués sur la base des relevés et analyses durant l'audit et sont sous forme de fichier en Quattro-Pro. Un résumé des résultats des calculs est présenté ci-joint (Annexe A).

Projet N°3
Optimisation de la Fixation de Chrome

Fixation de Chrome	
Charge de Chrome par Cycle (1000 peaux)	
La charge du composé de tannage	120 kg Cr ₂ (SO ₄) ₃
Le charge des peau par cycle	1,500 kg peau
La charge du composé par 100 kg de peau	8 kg Cr ₂ (SO ₄) ₃ /100 kg peau
Le poid moléculaire du composé	392 g/mole
Le poid moléculaire de Chrome	104 g/mole
Pourcent du Chrome en poids	26.5%
Charge de Chrome par cycle	31.8 kg Cr/cycle
Chrome rejeté dans l'eau de tannage	
La concentration de Chrome - Laboratoire	4,660 mg Cr/L
Quantité d'eau Usée par cycle	1,200 Litres
Chrome total Rejeté par cycle	5,592,000 mg
Chrome total Rejeté par cycle	5.59 kg

Chrome Fixé	26.23 kg/cycle
	82%

GAINS	
Les Gains en Chrome	
Nouveau pourcentage de fixation de Chrome	88%
Nouvelle Quantité de Chrome	29.8 kg Cr/cycle
Nouvelle Quantité du composé de tannage	112.4 kg/cycle
Le gain sur le composé de tannage	7.6 kg/cycle
Le coût du composé	10.5 Dh/kg
Le gain par cycle	80 Dh/cycle
Nombre de cycle par an	300
Gains annuels	23,934 Dh/an

INVESTISSEMENTS	
Actions:	
Chauffer à une température de 35 C	
Remplir le foulon à son niveau minimum	
Prolonger la durée de tannage	
Utiliser un instrument plus précis pour contrôler le pH	
Investissement approché	12,000 Dh/an

Temps de Retour	6 mois
------------------------	---------------

D. Projet N°4. Récupération du chrome par recyclage direct**Résumé**

Economie de chrome	34 000 Dh/an
Coût de mise en oeuvre	12 000 Dh
Temps de retour	5 mois
Taux de réduction de chrome dans les rejets	50%

D1. Recommandations

Récupérer les liqueurs de chrome après tannage, les conditionner et les réutiliser pour le retannage.

D2. Description

Après l'application des recommandations du projet précédent, on va obtenir après chaque opération de tannage, 1 200 litres de solution, titrant 11,24 g/l de sulfate de chrome. Nous recommandons la réutilisation de cette liqueur, après avoir réajusté sa concentration en sel de Cr à 63 g/l, à l'étape de retannage.

Cette opération se fera au moyen d'un bac de stockage intermédiaire et d'une pompe de transfert. Ci-joint un schéma de principe.

D3. Gains escomptés

Les gains relatifs à ce projet sont de l'ordre de 3,237 tonnes/an (ou 50% de la consommation totale annuelle) de sulfate de chrome, soit environ 34 000 Dh par an.

Notons par ailleurs, que l'impact global de ce projet et du projet précédent sur l'environnement est très important puisque les rejets en sulfate de chrome de la tannerie seront réduits de 86%. Une telle réduction amènerait la tannerie Saïs, à un rejet annuel de chrome métal d'environ 858 kg. Cette amélioration serait un premier pas indispensable pour atteindre les objectifs qualité fixés par la Stratégie Nationale pour la Protection de l'Environnement et le Développement Durable². Cette Stratégie recommande la stabilisation du niveau de chrome dans les rejets liquides des tanneries Marocaines à la valeur moyenne nationale, atteinte en 1992, de 300 Kg/an/tannerie. L'effort ainsi décrit représente le premier objectif fixé pour cette industrie avec une échéance à l'an 2005. La période 2005-2020 fera l'objet d'un deuxième effort visant cette fois à une réduction des rejets de chrome de 43% par rapport aux niveaux précédemment atteints.

D4. Investissement

L'investissement est estimé à 12 100 Dh. Il comprend essentiellement un bac de stockage intermédiaire, une pompe de transfert et leur installation.

²Projet PNUD/UNESCO: Mor./90/001.

D5. Critères de rentabilité

Le temps de retour brut est de 5 mois.

D6. Risque

Le risque de ce projet reste lié à la proportion de différents constituants des solutions de tannage qui peut varier. On recommande donc de faire des essais et ajuster la concentration en produits chimiques au fur et à mesure de l'utilisation de l'effluent récupéré.

D7. Données et calculs

Les calculs sont effectués sur la base des relevés de l'audit et sont présentés sous forme de fichier en Quattro-Pro. Ci-joint un récapitulatif des résultats des calculs (Annexe A).

Projet N°4

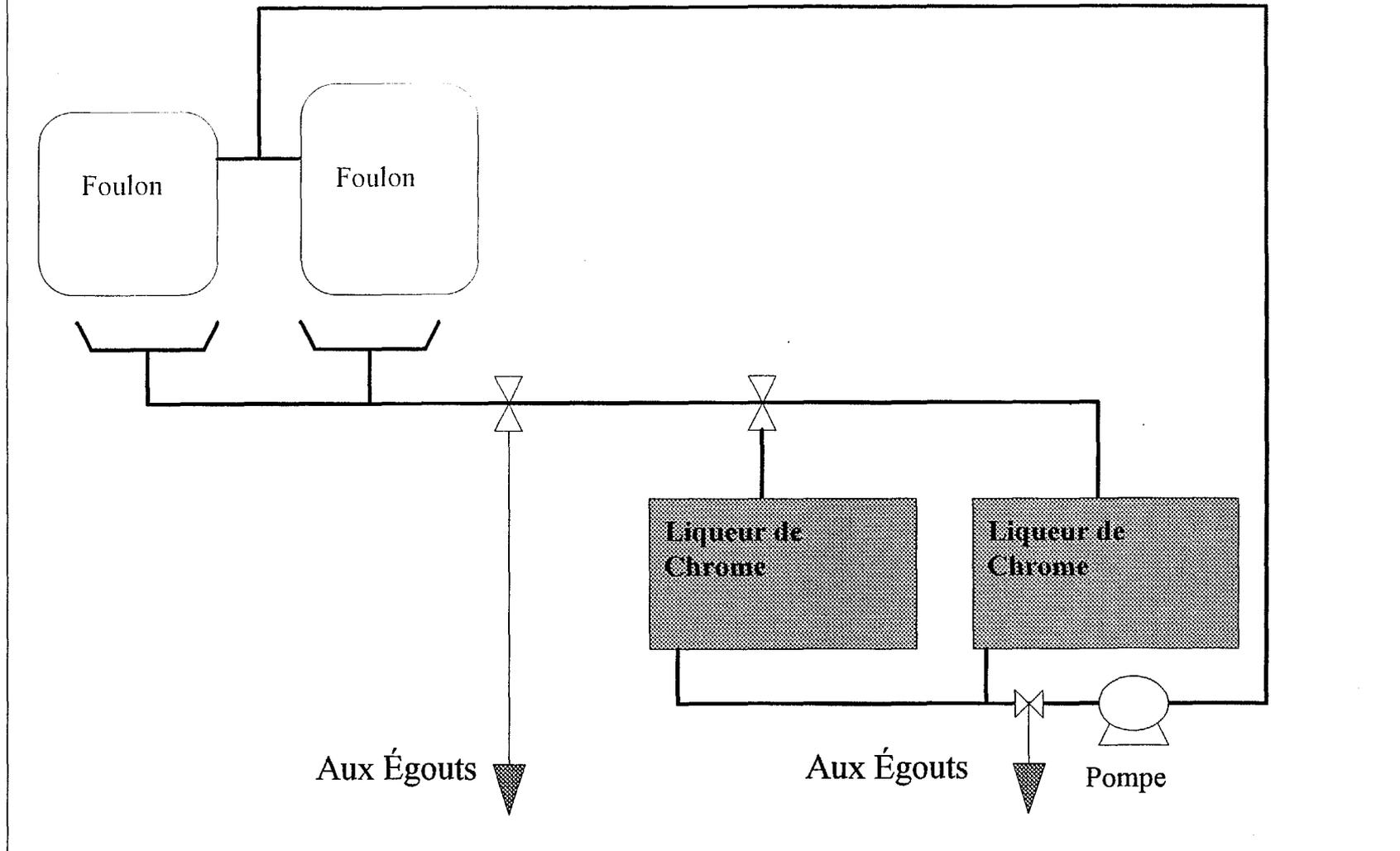
Recyclage Direct de Chrome

GAINS	
Les Gains de Chrome	
Quantité de composé de chrome rejeté	3.58 kg Cr/jr
Quantité équivalente de composé de chrome	13.49 kg Cr ₂ (SO ₄) ₃ /jr
Portion du Chrome recyclable	80%
Quantité équivalente de composé de chrome recyclé	10.79 kg Cr ₂ (SO ₄) ₃ /jr
Coût de composé de chrome	10.5 Dh/kg
Le gain equiv. de composé de chrome recyclable	113.3 Dh/jr
Gains annuels	33,990 Dh/an

INVESTISSEMENTS	Qté	Coût unitaire, Dh	Total
Bac de Stockage: Liqueur de Chrome, 1.5 m ³	2	3,000	6,000
Pompe de transfert	1	2,000	2,000
Plomberie et électricité			3,000
Imprévus	10%		1,100
Investissement Totale		Dh	12,100

Temps de Retour	5 mois
------------------------	---------------

Schéma de principe pour le recyclage direct du Chrome



E. Projet N°5. Séparation des effluents acides et alcalins

Résumé	
Economie de matières	0 Dh/an
Coût de mise en oeuvre	30 000 Dh
Temps de retour	N.D

E1. Recommandations

- Construire des égouts d'évacuation des eaux usées de chaulage et réchauffage.
- Brancher ces égouts à ceux des eaux de détrempeage.
- Isoler l'évacuation des eaux de déchauffage, confitage, pickelage, tannage et retannage et de leur rinçage et les canaliser à part (utiliser le réseau existant).
- Construire deux fosses pour recevoir les eaux usées, alcalines, des opérations de détrempeage, lavage laine, chaulage et réchauffage, d'une part et les usées acides des postes de pré-tannage, tannage et retannage, d'autre part.

E2. Description

La figure A, ci-jointe illustre le circuit d'évacuation des eaux usées de la tannerie. Elle montre en effet qu'il y a deux circuits séparés se rejoignant dans la fosse finale. Ces deux circuits concernent respectivement le poste de détrempeage et lavage de la laine d'une part, et les autres postes d'autre part. Nous recommandons d'isoler de ce dernier circuit, les eaux usées alcalines de l'opération de chaulage/réchauffage, des eaux usées acides du poste pré-tannage, tannage et retannage, comme le montre la figure B. Cette recommandation à un double intérêt puisqu'elle permet:

- de mieux contrôler le pH et donc le traitement de l'effluent final
- d'enlever le risque d'émanation, à l'intérieur de l'atelier, du gaz très toxique: l'hydrogène sulfuré

En effet, les eaux usées, sortant des bassins de chaulage/réchauffage, sont souvent chargées de sulfures. Ces sulfures sont susceptibles de se convertir en milieu acide en hydrogène sulfuré H₂S.

E3. Gains escomptés

Il n'y a pas de gain financier pour ce projet, mais il faut le considérer comme complémentaire du projet N°2.

E4. Investissement

L'investissement est estimé à 30 000 Dh. Il correspond à la réalisation d'à peu près 100 m de tranchées, à leurs revêtements, à leur grillage, à l'achat de la tuyauterie nécessaire, et à la réalisation de deux fosses supplémentaires. On peut utiliser pour ce projet la même pompe de transfert que celle du projet N°2.

Projet N°5

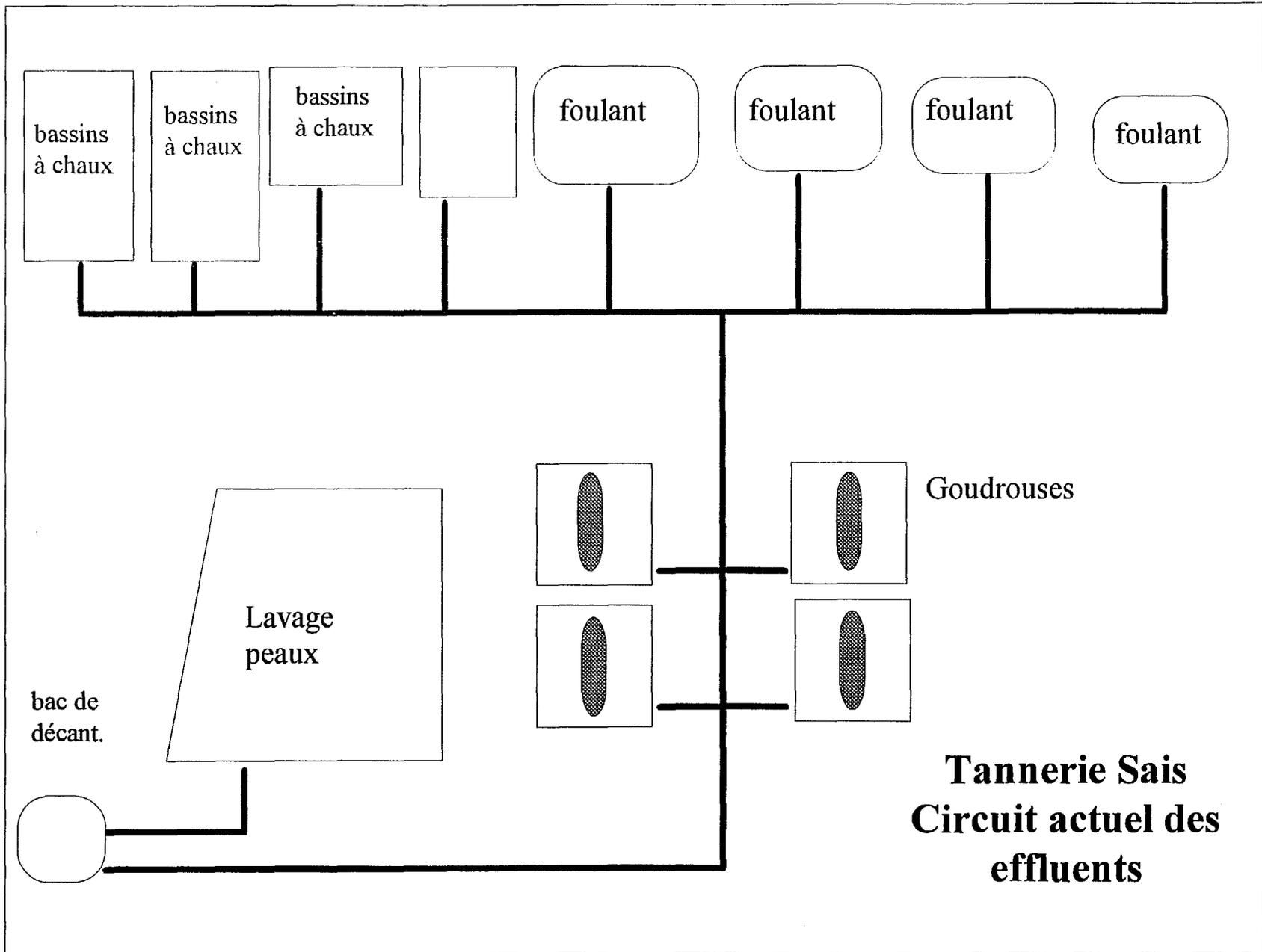
Les Concentrations des Polluants

Polluant	Effluent final	Moyenne	Moyenne
	SAIS mg/L	PNUE mg/L	USA mg/L
DBO	2,200	900	1364
DCO	nd	2500	3357
Chrome	286	70	79
Sulfures	28	160	36
Ammonium	157	70	90
Azote total	265	120	274
MES	3483	2500	3793

Les Charges des Polluants

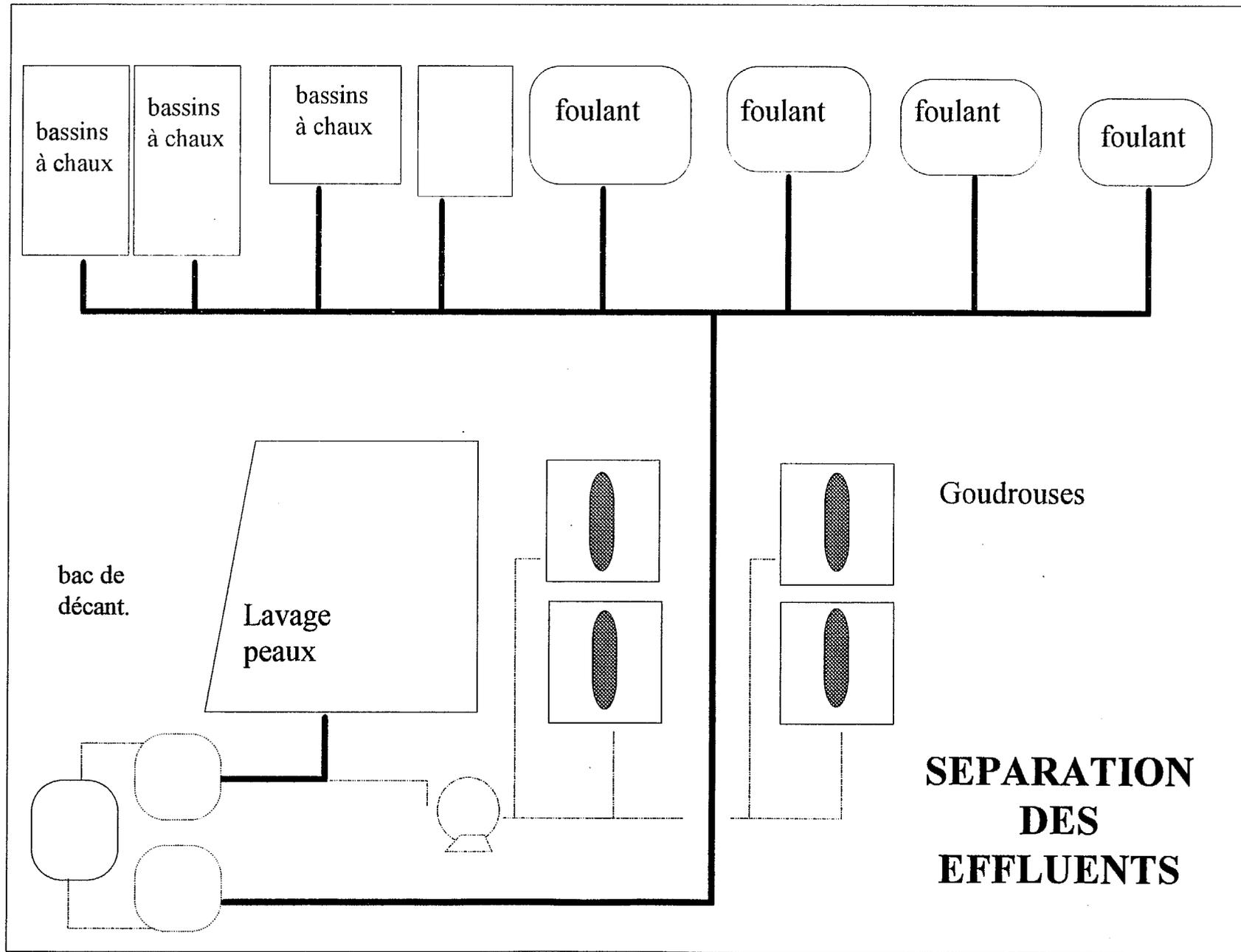
Polluant	Effluent final Tannerie Saïs				Reference - PNUE		Reference - USA		Limites de EPA	
	Analyse mg/L	Débit total m3/jr	Charge totale kg/jr	Charge totale kg/T produit	Moyenne kg/T produit	Échelle kg/T produit	Moyenne kg/T produit	Échelle kg/T produit	max.journalier kg/T produit	moy.mensuelle kg/T produit
DBO	2,200	268.811	591	131	60	40 -100	67.31	14 - 224	8.2	3.7
DCO	nd	268.811	0	nd	10	-	161	62 - 252		
Chrome (Cr)	286	268.811	77	17	4.5	-	4.76	0.38 - 43.7	0.21	0.08
Sulfures (S)	28	268.811	8	2	7	-	1.94	1.47 - 4.71		
Ammonium (NH4)	157	268.811	42	9	3	-	4.07	3 - 4.21		
Azote	265	268.811	71	16	10	-	12.76	7.90 - 24.81		
MES	3483	268.811	936	208			199	24 - 656	11.8	5.4

Figure A



184

Figure B



SECTION III

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET RECOMMANDATIONS

SECTION III

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET RECOMMANDATIONS

A. Consommation d'eau

La tannerie Saïs consomme des quantités importantes d'eau. En effet, selon le PNUE, une tannerie typique consomme 25 à 80 l/kg (litres par kilogramme de peaux brutes). La moyenne aux USA des tanneries de type Saïs est de 48,4 l/kg. L'équipe d'audit a estimé ce ratio pour la tannerie Saïs à plus de 60 l/kg (voir annexe B).

L'examen des différents postes de consommation a montré, que hormis le poste de détrempage qui représente à lui seul plus de 50% de la consommation, les consommations des autres opérations sont beaucoup plus faibles que celles des tanneries américaines (voir figures et tableaux ci-après).

Le projet N°1 présenté dans le chapitre précédent permet à la tannerie Saïs de réduire de moitié la consommation d'eau au détrempage et donc de ramener son ratio global de consommation d'eau à 43 l/kg.

Ce ratio reste malgré tout au dessus des valeurs trouvées dans d'autres tanneries à Fès et nous pensons qu'on peut encore l'améliorer moyennant les recommandations suivantes:

A1. Changement des portes des foulons

Les portes actuelles des foulons présentent des difficultés de manipulation pour les agents qui les utilisent. Des portes dotées d'un mécanisme aisé du genre "quick-release" contribueront à améliorer l'efficacité du travail des agents et le rinçage par "batch" pourrait être ainsi réalisé plus facilement.

A2. Passer au rinçage discontinu (ou batch) dans les foulons

Les nouvelles portes permettront de procéder à un rinçage en discontinu. Pendant le rinçage, les foulons seront fermés. A la fin de chaque rinçage, la porte sera ouverte pour évacuer l'eau de rinçage. Une économie de 50% est possible grâce à cette procédure. Un cycle typique peut être décrit comme suit:

- Premier nettoyage pendant 20 minutes et puis évacuation.
- Deuxième nettoyage pendant 20 minutes et puis évacuation.

A3. Diminuer la quantité d'eau nécessaire à chaque cycle de foulons

Il faut installer des compteurs d'eau sur les foulons afin de contrôler et minimiser les volumes d'eau introduits pendant les opérations de traitement. Ce contrôle permet de réduire indirectement la quantité des produits chimiques sans pour autant affecter la qualité du cuir produit.

A4. Une session de sensibilisation

Nous recommandons une session de sensibilisation des ouvriers à l'économie d'eau. Les ouvriers devraient être informés du coût réel de l'eau même si elle est produite par un puits.

A5. Vannes à flotteur

Nous recommandons d'utiliser, quand cela est possible, des vannes à flotteur dans les bacs d'eau. Ces vannes permettront incontestablement d'éviter des gaspillages d'eau inutiles surtout si le remplissage se fait manuellement et dépend donc des agents.

B. L'eau usée et ses polluants

L'équipe d'audit a procédé à un prélèvement de plusieurs échantillons composites d'eau usée à différentes étapes du procédé. Les résultats des analyses des échantillons sont donnés en annexe B.

Les résultats des analyses de l'effluent final (échantillon composite prélevé durant 24 heures de fonctionnement) sont utiles pour évaluer la pollution de la tannerie audité par rapport à celle d'autres tanneries de part le monde. Les tableaux et graphiques suivants permettent d'établir la comparaison

C. Recommandations diverses

On recommande de monter une station de dosage des produits chimiques à la hauteur du foulon afin de pouvoir mieux respecter les consignes de dosage et de faciliter le travail pour les agents.

On recommande aussi d'équiper les bacs de chaux d'agitateurs mécaniques pour gagner du temps lors des opérations de traitement.

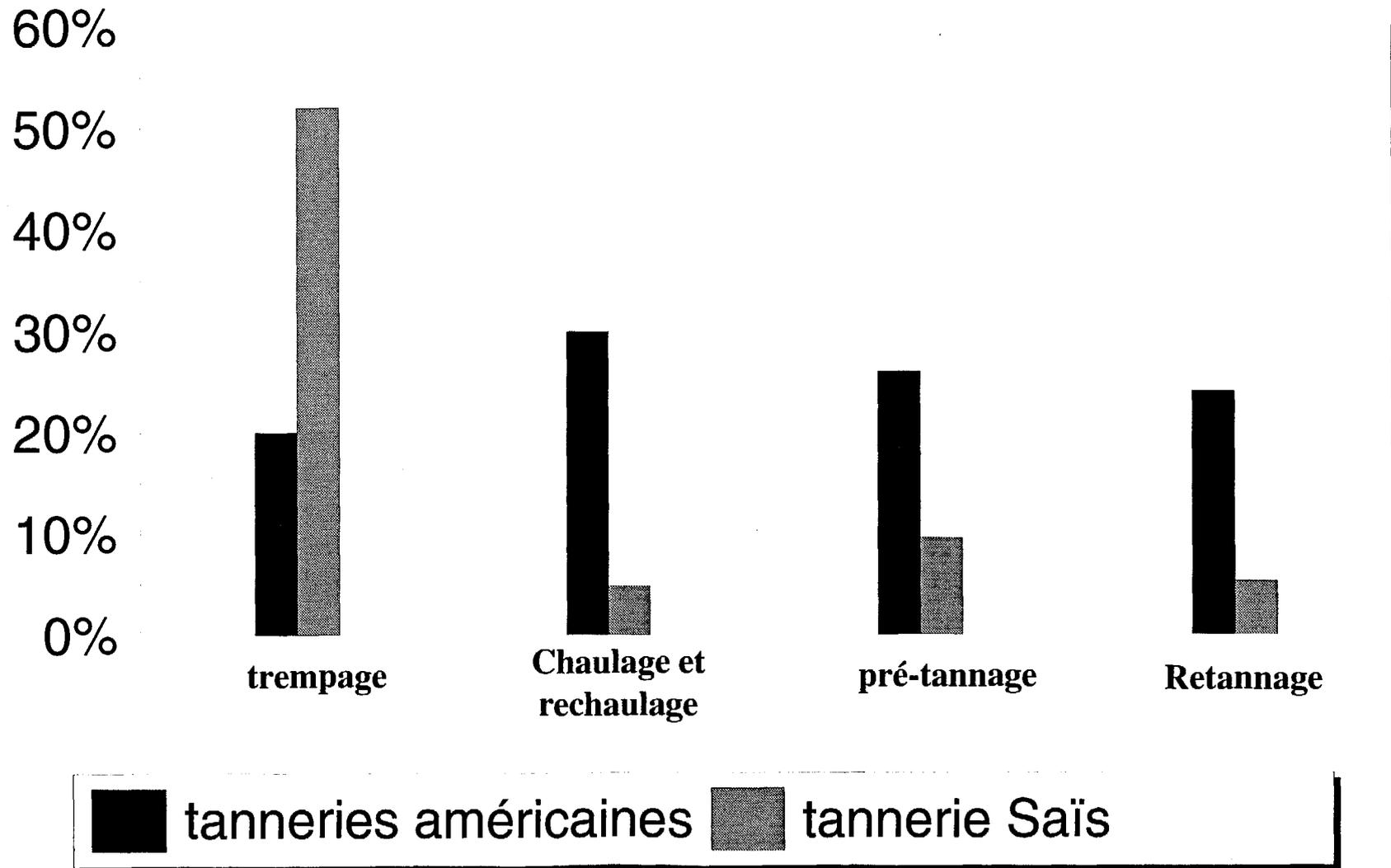
Les facteurs suivants affectent sensiblement l'efficacité de pigmentation:

- type d'équipement
- distance entre le pistolet et la peau
- taille de la peau
- géométrie de la peau
- vitesse d'air dans la cabine de pigmentation
- pression d'air d'atomisation
- débit de pigments à travers le pistolet
- taille de passe avec le pistolet sur la peau

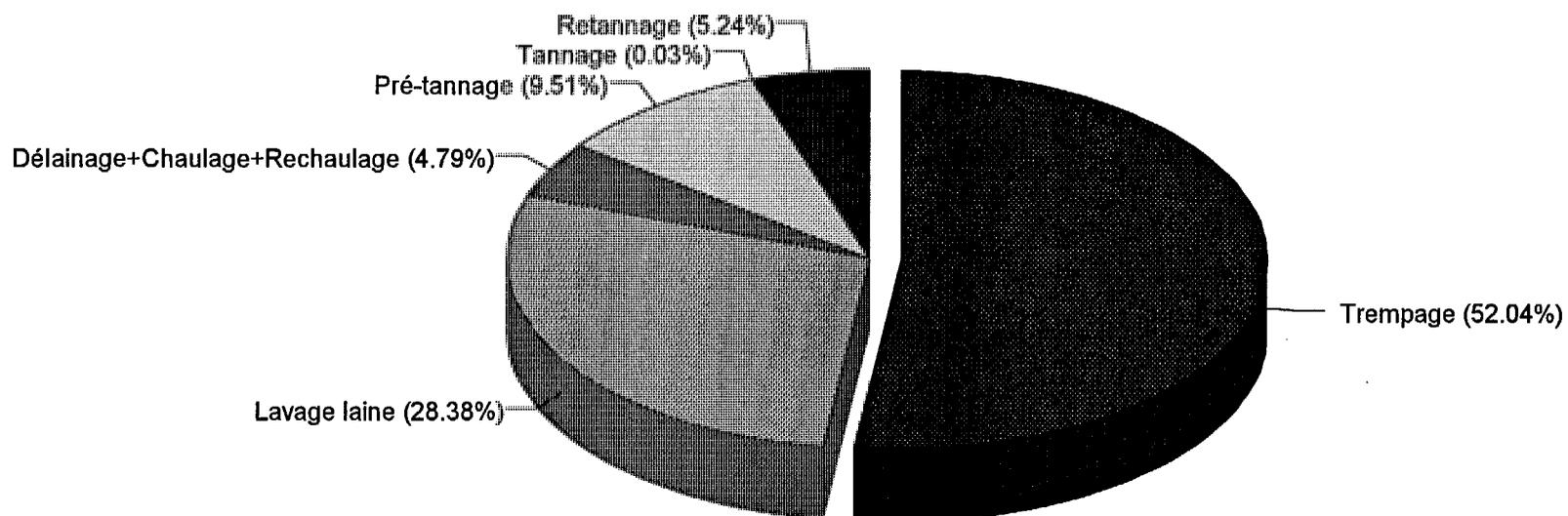
Voir aussi annexe C.

A titre d'information, il existe un système de récupération du chrome par précipitation, filtration et dissolution utilisé dans plusieurs pays. Ce système est d'autant plus rentable que la quantité de chrome est grande (ex; groupement de plusieurs tanneries). Voir schéma de principe ci-joint en annexe D.

Répartition de la consommation d'eau Comparaison avec les tanneries des USA

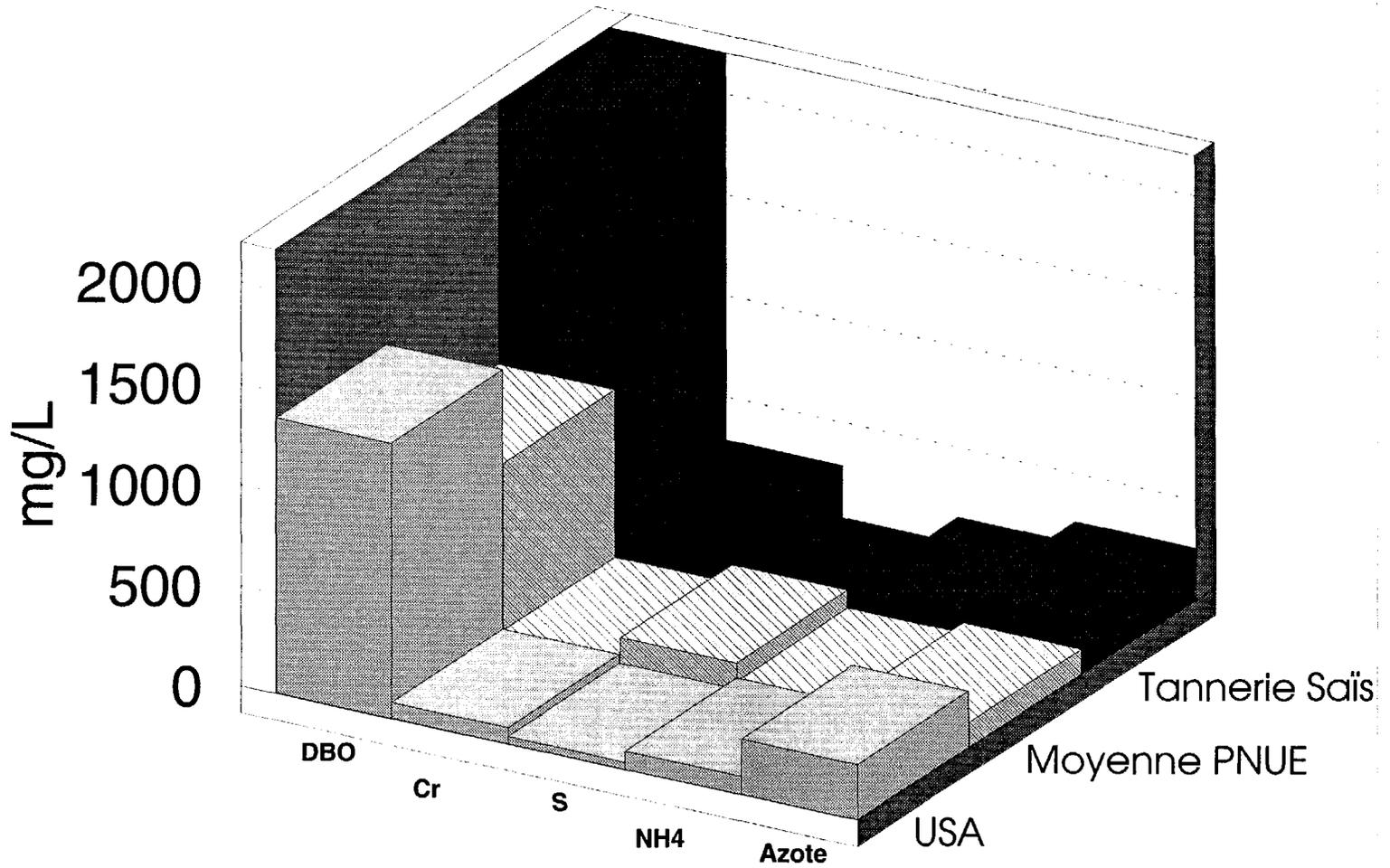


Répartition de la consommation d'eau du procédé de la Tannerie Saïs



Concentrations des Polluants

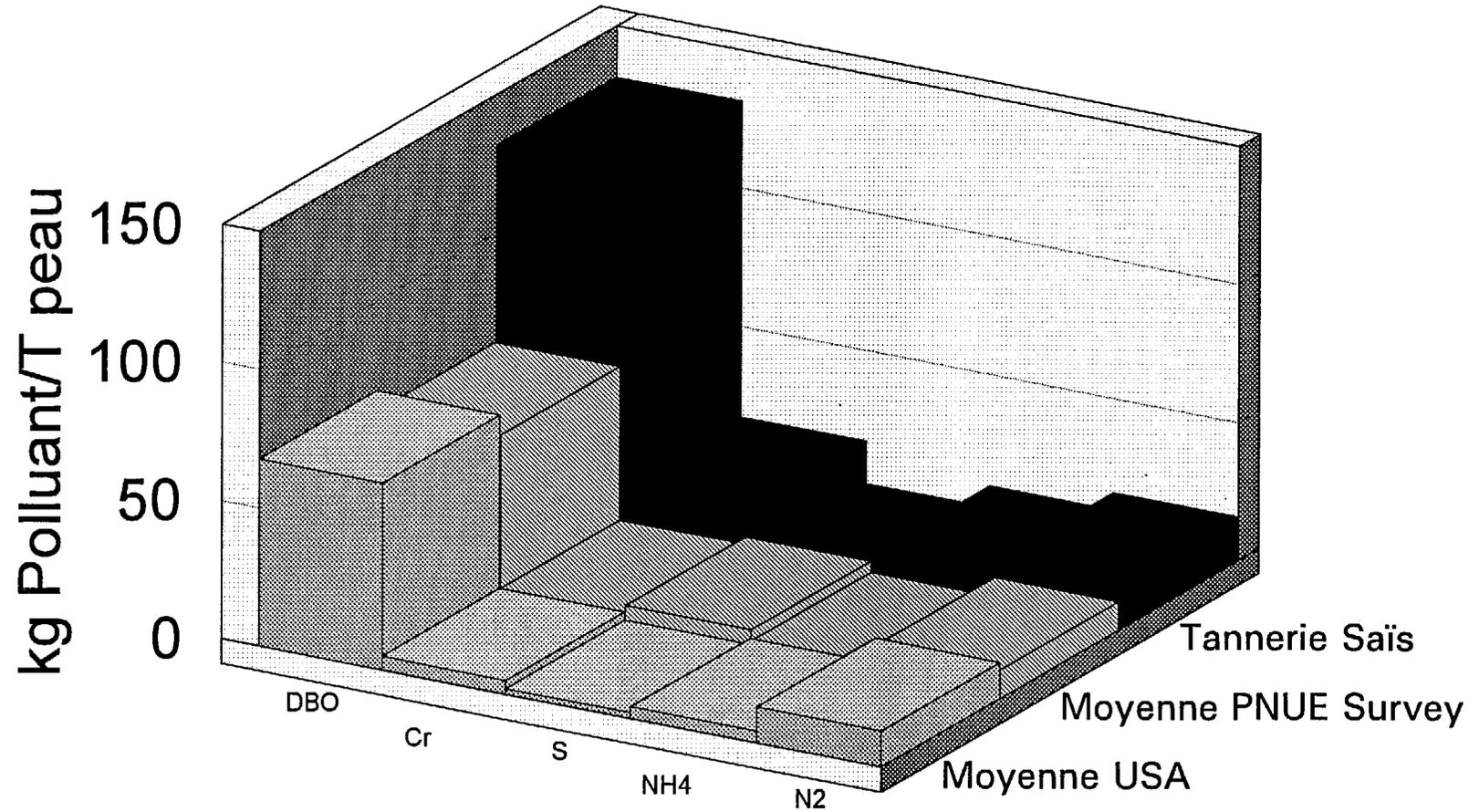
Tannerie Saïs vs Moyenne d'PNUE Survey



191

Charge des Polluants

Tannerie Saïs vs Moyenne d'PNUE Survey



ANNEXE A

**LA CONSOMMATION D'EAU DES DIFFÉRENTES ÉTAPES
DU PROCÉDÉ DE LA TANNERIE SAÏS**

**La consommation d'eau
Tannerie Saïs Fes**

L'eau du Foulon

Débit d'eau au Foulon, m3/hr		6.36
Étape	Temps Robin. Overt,hr	Quantité d'eau m3/1000 peaux
Rinçage Initiale (Déchaulage)	2.0	12.72
Enzyme	0.0	0.00
Rinçage d'enzyme	0.1	0.53
Dégraissant	0.0	0.00
Rinçage dégraissant	1.8	11.13
Picklage	-	1.20
Tannage	-	0.08
Mûrissement	-	0.00
Lavage	-	1.20
Retannage	-	1.05
Rinçage Retannage	0.5	3.18
Teinture	-	1.25
Retannage	-	1.05
Rinçage Retannage	1.0	6.36
Total d'eau d'un Foulon	5.33333	39.74
Nombre de Foulons		1
total foulon		39.742

Autres		
Detrempage	4	139.89
Lavage Laine	8	76.30
Chaulage		6.44
Pelenage		6.44
Total autres		229.07
Total D'eau/1000 peaux		268.8

Production journalier	1000 peau/jr
Estimation kg/peau brute	4.5 kg/peau
Production journaliere	4500 kg/jr
Débit d'eau, L/kg peau	60 L/kg

Repartition de la consommation d'eau	m3/j	SAIS
Trempage	139.887	52.04%
Lavage laine	76.302	28.38%
délainage +chaulage +rechaulage	12.88	4.79%
pré-tannage	25.5743	9.51%
Tannage	0.08	0.03%
Retannage	14.0878	5.24%
	268.811	100.00%

ANNEXE B

RÉSULTATS DES ANALYSES DES EFFLUENTS

Résultats des analyses							
Parametre mg/l	Effluent final	Effluent trempage	Effluent Chaulage	Effluent Rechaula	Effluent Déchaula	Effluent tannage	Effluent Retannage
DBO	2200			2500	1550		
DCO							
Cr	286					4660	158
S	28		367	63			700
NH4	157				6482		
Azote	265				6989		
MES	3483	962	12687	8553	1171		
Huile et graisses	nd		4483	2380	5881		

Remarques:

1 - le taux de sulfure de l'échantillon prélevé du bain de chaulage nous parait excessivement faible.

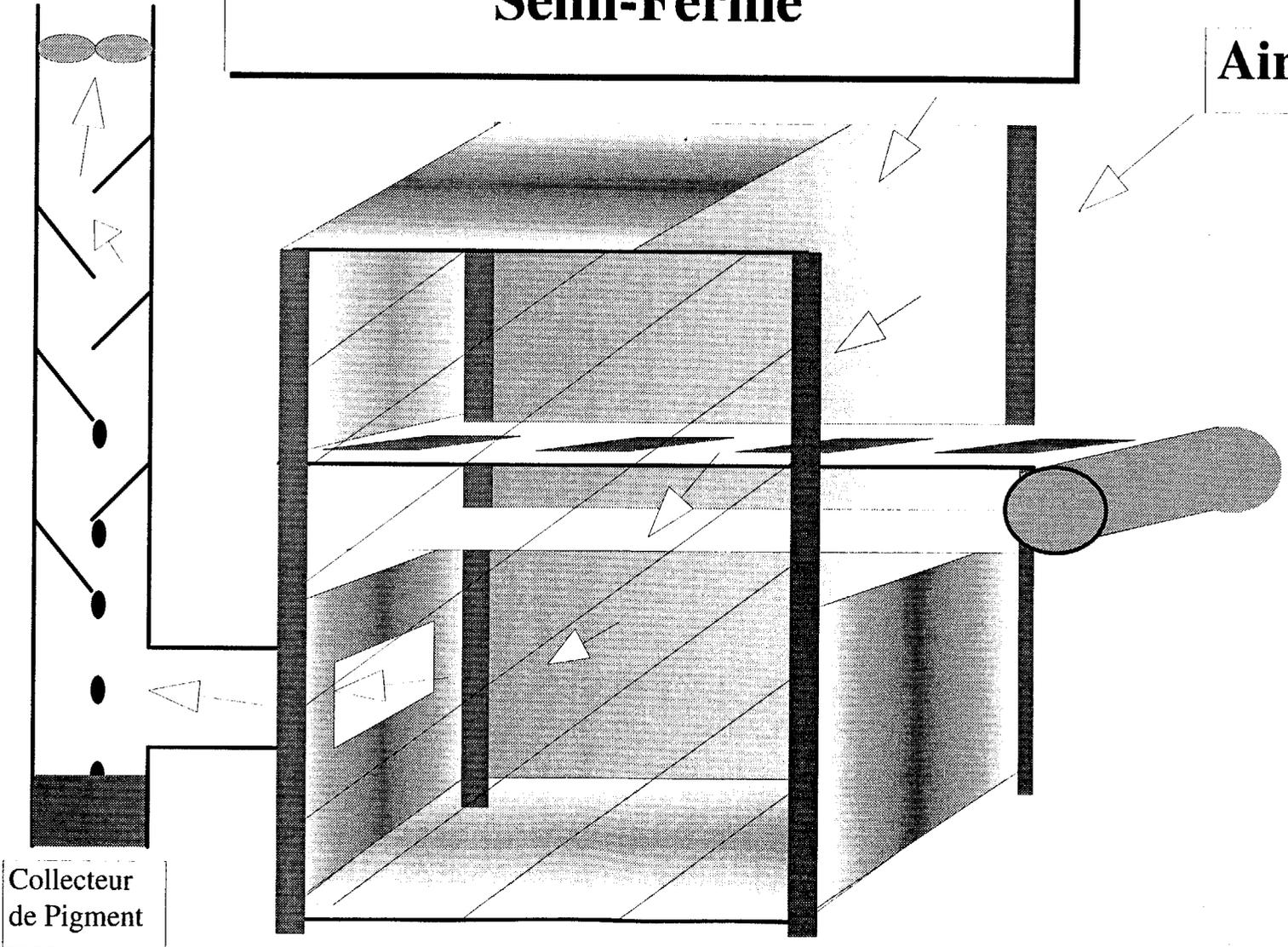
ANNEXE C

SCHÉMA DE PRINCIPE DU PROCÉDÉ DE PIGMENTATION

Ventilateur
de depression

La Cabine de Pigmentation Semi-Fermé

Air



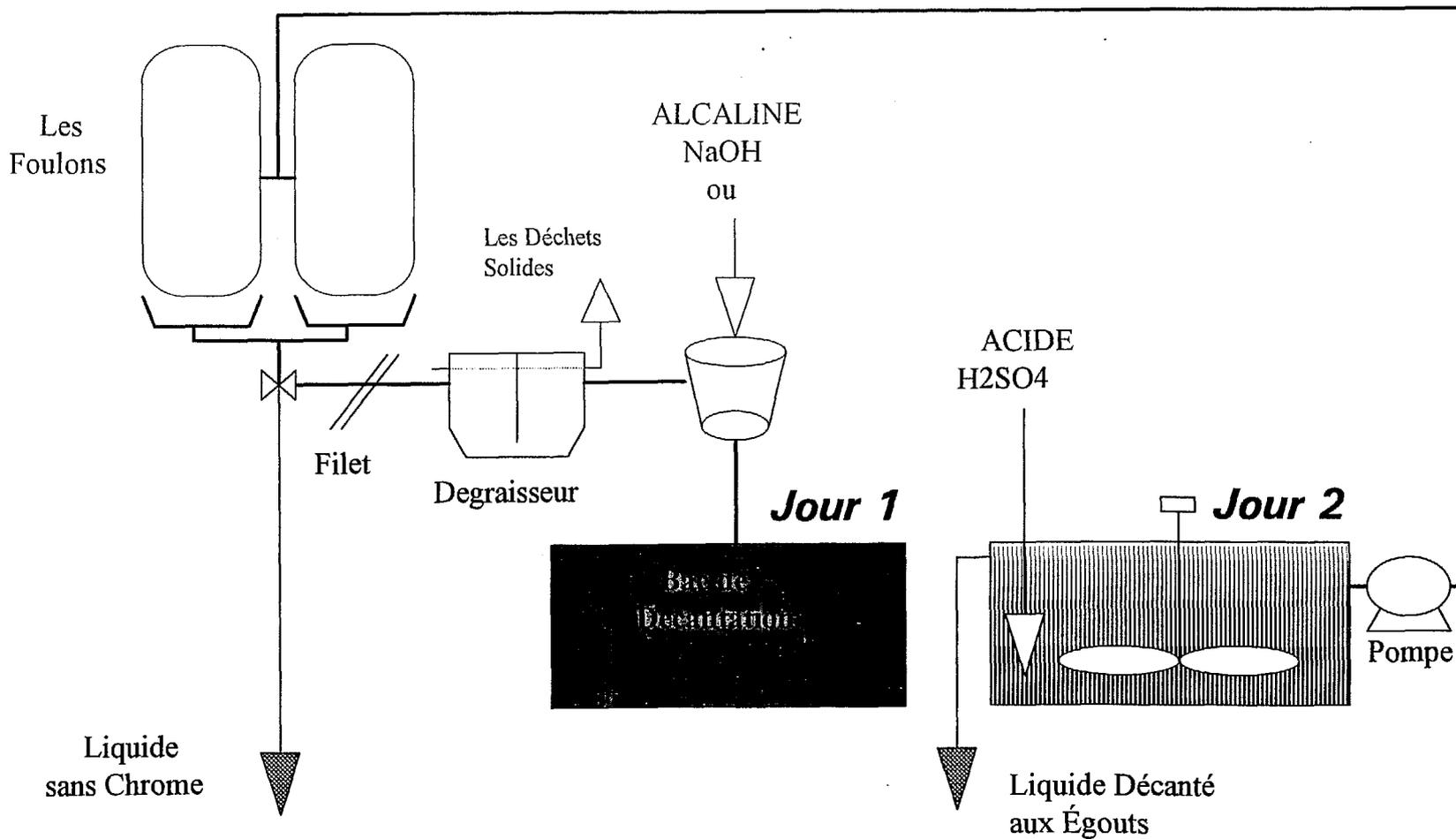
Collecteur
de Pigment

198

ANNEXE D

SCHÉMA DE PRINCIPE DE RECYCLAGE DU CHROME PAR PRÉCIPITATION

Schéma de principe du Recyclage du Chrome par précipitation



ANNEXE E

ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK

TANNERIE SAÏS ANNEXE E
ÉTAT RÉCAPITULATIF DE STOCK

Fournisseur	Désignation	Quantité	P. unitaire	Montant
Sandoz Maroc	Relcafinish HG Pate	519.4	47.7	24 775,19
	Melio WF 5230	86.57	149.9	12 976,24
	Brun Derma DR 100%	865.66	213.8	185 078,11
	Tergotane FG	216.42	40.8	8 829,73
	Blac Discover Conc. V	519.4	48.9	25 398,46
	Noir Supronil HK	519.4	129	67 002,08
	Rubis Discover	519.4	95.2	49 446,50
	Bleu Discover N	519.4	90.8	47 161,16
A.T.C.M.	Actan PAC	216.42	29	6 276,04
	PC 9125	519.4	32	16 620,67
	Biocide B7	17.31	91.2	1 578,96
	Biocide C3	17.31	221.8	3 840,07
	Actan AC	432.83	29.5	12 768,49
Alpha Chemicals	Synektan TBM Poudre	865.66	39	33 760,74
	Bicarbonate De Soude	1 471,62	5	7 358,11
	Coriacide Brun 3J	1 082,08	162	175 296,15
	Violet S	1 082,08	360	389 547,00

Fournisseur	Désignation	Quantité	P. unitaire	Montant
BASF	Fond Corial IF	1 038,79	32.2	33 449,10
	Lepton Noir	519.4	36	18 698,26
	Relugan GT 50	216.42	63.5	13 742,35
	Lepton Brun	519.4	58	30 124,97
	Lepton Filler H	519.4	51.09	26 535,94
	Luganil Noir NT	1 082,08	190	205 594,25
	Lurazol Brun PM	1 082,08	127.95	138 451,50
	Relugan GT SU	649.25	63.5	41 227,06
	Lipodermlicker IC	649.25	63.5	41 227,06
Bayer	Chromosal B	14 636,00	10.5	15367800
	Provol BA	2 272,36	30	68 170,73
	Novalton MAP	432.83	31.4	13 590,86
	Supralan 80	1 829,50	37.6	68 789,20
Consortium	Lipsol BSF - R	2 272,36	35.75	81 236,78
	Neosyn DFS - 3	865.66	23.2	20 083,31
	Pancreol EG 98	1 280,65	11.2	14 343,28
	Quimifeller 60	259.7	37.7	9 790,61
	Idrosol Maron	519.4	49	25 450,40
	Syntan ZN	519.4	16	8 310,34
	Dermap Blanc SE	519.4	43.7	22 697,61
	Dermap Bordeaux	519.4	73.8	38 331,42
	Dermap Caramel D	519.4	28.4	14 750,85
	Dermap maron	519.4	29.2	15 166,36
	Dermap Rouge B	519.4	58.2	30 228,85
Abdellaoui	Chaux	7 318,00	1.2	8 781,60
	Acide Formique	3 293,10	12.5	41 163,75
	Acide Sulfurique	1 463,60	2.3	3 366,28

Fournisseur	Désignation	Quantité	P. unitaire	Montant
Bennani	Formate	216.42	8.5	1 839,53
	Sulfure	3 659,00	8.5	31 101,50
	Sel	18 295,00	0.6	10 977,00
	Sulfate	5 488,50	1.3	7 135,05
Total H.T.:				2 280 669,32
T.V.A.:				433 327,17
Total T.T.C.:				2 713 996,49

204

ANNEXES GÉNÉRALES

ANNEXE I GÉNÉRALE
PROGRAMME DU WORKSHOP DU 16 JUILLET 1996

A. Contexte général de l'étude

- Problématique de l'environnement à Fès
- Caractérisation des rejets liquides industriels à Fès
- Projets prévus par le schéma directeur d'assainissement liquide (RADEEF)

B. Contribution du projet PRIDE

- Travaux antérieurs de l'USAID à Fès
- Futur projet WRS (USAID/MOE)
- Apport du projet actuel : audits de 3 dinanderies et 1 tannerie

C. Travaux d'audits et améliorations proposées à l'issue de cette mission

- Dinanderie SADF
- Dinanderie SODAQ
- Dinanderie Lala IDOUNA
- Tannerie Saïs

D. Recommandations générales et spécifiques

- Secteur des dinanderies
- Secteur des tanneries

E. Conclusions

ANNEXE GÉNÉRALE II
COMPTE RENDU VISITE D'ÉVALUATION

• Société visitée:

 Adresse:

 Téléphone et fax:

 Directeur Général:

 Directeur Technique:

• Date:

• Personnel:

.....

.....

.....

• Secteur activité de la société:

• Personnes rencontrées:

Nom	Fonction	Motivation ¹

• Nombre employés:

Total	Permanent		Saisonniers	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes

• Nombre de cadres:

¹Donner note de 1 à 10.

207

Électricité - consommation

K Wh/an	
P. max	
Coûts moyens	

Energie - consommation

Fioul (T/an)	
Gasoil (m ³ /an)	
Propane (T/an)	
Eau (m ³ /an)	

Facture (Dh/an)

Électricité	
Fioul	
Gasoil	
Propane	
Eau	

Eau procédé

Quantité		
Provenance		
Contaminants	Métaux lourds	
	Matières organiques	
Traitement	Eaux de rinçage	
	Bains	

Eau chaufferie

Quantité	
Provenance	
Traitement	

Comptage

Électricité	
Eau	
Combustible	

Système de gestion

Manuel	
Informatisé	

Matières premières/chimies

Matières/Chimies	Quantités

Produits manufacturés

Produits	Quantités

Effluent final

Effluent (Source)	Quantité	Etat physique	Composition

État des équipements techniques par procédé

	Caractéristiques	Très bon	Bon	Mauvais	Très mauvais
Bassins					
Redresseurs					
Instrumentation					
Autres					

Effluents par procédé

Effluents	Quantité	Etat physique	Composition

Projets probables:

Projet	Potentiel d'économie

ANNEXE III GÉNÉRALE

RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ

Cette annexe est fournie pour donner l'orientation générale des consignes de santé et de sécurité associées avec la manipulation de substances toxiques, dans un environnement de travail. L'information contenue dans les paragraphes suivants est basée sur les recherches et développements effectués par l'U.S. EPA et OSHA, et applicables aux industries de traitement de surface et de tannage. Ces recommandations sont génériques et n'ont la prétention, ni d'être complètes, ni de remplacer les recommandations spécifiques pour la manipulation de produits chimiques propriétaires tels que fournis par les fabricants chimiques. Les fiches techniques de sécurité des produits pourraient contenir des recommandations spécifiques, et doivent donc être systématiquement fournies avec chaque solution chimique achetée, faire l'objet d'une étude attentive par les responsables produits-chimiques de l'usine, être mises à la disposition des employés, et permettre de constituer un dossier de référence dans chaque société. En outre, l'information contenue dans les pages suivantes fournira au lecteur, une base nécessaire à la compréhension de l'importance des efforts de prévention de pollution, et en particulier au besoin de minimiser les rejets incontrôlés de produits chimiques toxiques dans les égouts ou la nappe phréatique.

Les solutions chimiques rencontrées lors des quatre audits environnementaux devaient essentiellement leur toxicité à 4 métaux lourds: le cuivre, nickel, argent, or et chrome (trivalent et hexavalent). Le cyanure était présent en tant que composant essentiel de l'électrolyte de plusieurs chimies. En conséquence, nous allons passer en revue quelques caractéristiques de chacun de ces composants en terme d'impact potentiel sur l'être humain.

A. Le cyanure de cuivre

A1. Identification

Le cyanure de cuivre est une poudre verte. Il est employé dans l'industrie de traitement de surface, comme un insecticide et un catalyseur.

A2. Résumé des dangers pour la santé

- L'inhalation de cyanure de cuivre peut être toxique.
- Au contact des yeux, il peut causer des brûlures très sévères avec perte totale de vision.
- En contact avec la peau, il peut causer de sévères irritations ou brûlures.
- L'inhalation de cyanure de cuivre peut causer des irritations, des plaies ou saignement de nez. L'irritation des voies aériennes est aussi possible.
- A haute température, le cyanure de cuivre libère un gaz cyanurique mortel.

A3. Limites d'exposition dans le lieu de travail aux U.S.A.

Ces limites d'exposition sont recommandées pour les condensations et poussières contenant du cuivre sous forme métallique.

- OSHA: La loi limite de l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) a 1 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum de 1 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8-heures de travail.

A4. Recommandation supplémentaires concernant les limites d'exposition dans le lieu de travail (recommandations particulières aux solutions à base de cyanures)

- OSHA: La loi limite de l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) a 5 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- NIOSH: Cette administration recommande une exposition maximum de 5 mg/m³, à ne pas dépasser durant n'importe quelle période de 10 minutes consécutives durant une journée de travail.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum de 5 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.

A5. Quelques méthodes de réduction de l'exposition

- Dans la mesure du possible, il est recommandé pour les opérations en milieu fermé, d'utiliser des équipements de ventilation ou d'extraction des fumées. Si des équipements de ventilation ou d'extraction ne sont pas disponibles, il est recommandé de fournir des respirateurs aux employés.
- Des panneaux d'information doivent être installés dans le lieu de travail. En outre, en tant que partie intégrante d'un programme d'instruction et de formation, toute information sur les risques de sécurité et santé liés au cyanure de cuivre doit être communiquée aux ouvriers potentiellement exposés.

A6. Information sur les risques pour la santé

A6a. Effets immédiats sur la santé

Les effets suivants peuvent survenir aussitôt ou brièvement après l'exposition au cyanure de cuivre:

- Le contact peut sévèrement brûler et endommager les yeux et causer des brûlures ou irritations de la peau.
- Les inhalations de cyanure de cuivre irritent le nez. Des saignements de nez ou des ulcères peuvent en résulter. L'irritation des voies aériennes survient aussi, accompagnée de toux.

A6b. Effets chroniques sur la santé

Des effets chroniques suivant peuvent se développer un certain temps après l'exposition au cyanure de cuivre et peuvent persister pendant des mois ou même des années:

- Le risque de cancer: Le Département de la Santé du New Jersey, U.S., ne dispose pas d'information permettant d'établir si le cyanure de cuivre peut causer le cancer chez les animaux.
- Risque concernant la reproduction: Le Département de la Santé du New Jersey, U.S., ne dispose pas d'information permettant d'établir si le cyanure de cuivre peut causer des problèmes au niveau des mécanismes de reproduction.
- Autres effets à long-terme:
 - Des expositions répétées peuvent causer une accumulation de cuivre dans le foie entre autre organes, et causer de sérieux dommages.
 - Des accumulations de cuivre sur la peau et dans la chevelure peuvent aussi se produire, et se traduire par une apparence de couleur verte.
 - L'exposition répétée peut aussi créer une atrophie de la doublure intérieure du nez, avec des écoulements de nez.
 - Le goût métallique peut aussi apparaître.
 - L'exposition prolongée peut aussi causer des réactions allergiques de la peau, avec éruptions et démangeaisons.
 - Si des allergies se produisent, de future expositions, même à très faibles doses, peuvent déclencher une éruption.
 - L'état actuel des recherches scientifiques n'a pas encore permit d'établir si l'exposition au cyanure de cuivre peut endommager les poumons.

A7. Information écologique

Le cuivre est un élément présent dans notre eau naturelle. A basses concentrations, il est un élément essentiel pour les plantes et animaux. A concentrations plus hautes il est toxique pour la vie aquatique. La toxicité du cuivre pour la vie aquatique varie avec les conditions chimiques et physiques de l'eau. Des facteurs tels que la dureté, l'alcalinité et le pH de l'eau, influence le niveau de toxicité liée a la présence du cuivre.

A8. Accumulation biologique dans les organismes aquatiques

Certaines substances augmentent en concentration, ou s'accumulent biologiquement, dans des organismes vivants. Cette accumulation se produit par le biais de l'absorption d'air, d'eau et de nourriture contaminée. Ces produits chimiques ainsi accumulés ont tendance à se concentrer dans les tissus et organes internes des animaux et des humains. La concentration de cuivre

accumulée dans les tissus de poisson peut être considérablement plus élevée que la concentration de cuivre mesurable dans l'eau où le poisson était pris.

B. Les solutions à base de sulfate de nickel

B1. Identification

Le sulfate de nickel est composé de cristaux bleus, bleus-verts, au goût sucré. Il est employé en tant que composant de chimies à base de nickel pour le traitement de surface et comme agent de teinture pour les textiles, des enduits, et céramiques.

B2. Résumé des dangers pour la santé

- L'inhalation de sulfate de nickel peut être toxique.
- Le sulfate de nickel peut causer des mutations. Il est à manier avec extrême prudence.
- Il peut aussi causer la stérilité chez les hommes.
- Le contact avec la peau peut créer des allergies, démangeaisons, rougeurs, et ultérieurement des éruptions.
- Les expositions répétées peuvent endommager les poumons.
- Les expositions prolongées peuvent causer de fortes toux, pertes d'haleine, et entraîner des conditions mortelles telles que la présence de fluide dans les poumons (oedèmes pulmonaires).
- Le sulfate de nickel peut causer des allergies pulmonaires identiques à des crises d'asthme.

B3. Limites d'exposition dans le lieu de travail aux U.S.A.

- OSHA: La loi limite de l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) à 1 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- NIOSH: Cette administration recommande une exposition maximum de 0.015 mg/m³, à ne pas dépasser durant une journée de travail de 10 heures.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum de 0.1 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- Ces restrictions sont applicables aux composés solubles de nickel et sont mesurés par la concentration de Nickel [Ni].
- Le sulfate de nickel peut causer des mutations. Tout contact avec ce produit chimique doit être réduit au niveau le plus bas possible.

B4. Quelques méthodes de réduction de l'exposition

- Dans la mesure du possible, il est recommandé pour les opérations en milieu couvert, d'utiliser des équipements de ventilation ou d'extraction des fumées. Si des équipements de ventilation ou d'extraction ne sont pas disponibles, il est recommandé de fournir des respirateurs aux employés.
- Porter des vêtements de protection.
- Laver entièrement aussitôt après contact avec le sulfate de nickel.
- Des panneaux d'information doivent être installés dans la lieu de travail. En outre, en tant que partie intégrante d'un programme d'instruction et de formation, toute information sur les risques de sécurité et santé liés au cyanure de cuivre doit être communiquée aux ouvriers potentiellement exposés.

B5. Information sur les risques pour la santé

B5a. Effets immédiats sur la santé

Les effets suivant peuvent survenir aussitôt ou brièvement après l'exposition au sulfate de nickel:

- Le contact avec la peau ou les yeux peut causer de graves irritations.
- Les expositions prolongées peuvent causer de fortes toux, pertes d'haleine, et entraîner des conditions mortelles telles que la présence de fluide dans les poumons (oedèmes pulmonaires).

B5b. Effets chroniques sur la santé

Des effets chroniques suivants peuvent se développer un certain temps après l'exposition au sulfate de nickel et peuvent persister pendant des mois ou même des années:

- Le risque de cancer: Le sulfate de nickel peut causer des mutations (changements génétiques) au niveau cellulaire. Il faudrait poursuivre plus de recherches pour savoir si oui ou non ces mutations sont capables de poser un risque de cancer
- Risque concernant la reproduction: Le sulfate de nickel peut causer la stérilité chez l'homme; cet effet est habituellement réversible si le risque d'exposition est réduit.
- Autres effets à long-terme:
 - Le contact peut causer des réactions allergiques de la peau. Les symptômes incluent des brûlures, démangeaisons, rougeurs, et inflammations ou autre éruption. Les éruptions peuvent se propager à d'autres parties du corps que celles exposées et durer plusieurs semaines après la fin de l'exposition au sel toxique, mais habituellement on peut discerner une amélioration dès la première semaine.

- Les allergies pulmonaires (asthme) sont occasionnellement accompagnées de difficultés à respirer et/ou d'une impression de pesanteur dans la poitrine.
- Les fortes expositions uniques ou les faibles exposition répétées peuvent endommager les poumons, en créant des plaies dans les tissus pulmonaires, et peuvent aussi endommager les muscles cardiaques, le foie, et/ou les reins.

B6. Information écologique

Le nickel est un des métaux couramment trouvés dans les eaux de surface. Il est introduit naturellement dans les eaux de surface à la suite de l'érosion de certaines roches. Parmi les autres sources de nickel, on peut noter la combustion de charbon et d'autres matériaux fossiles, les rejets industriels tels que le traitement de surface et les fonderies de métaux.

B7. Accumulation biologique dans les organismes aquatiques

Certaines substances augmentent en concentration, ou s'accumulent biologiquement, dans des organismes vivants. Cette accumulation se produit par le biais de l'absorption d'air, d'eau et de nourriture contaminée. Ces produits chimiques ainsi accumulés ont tendance à se concentrer dans les tissus et organes internes des animaux et des humains. La concentration de cuivre accumulée dans les tissus de poisson peut être considérablement plus élevée que la concentration de cuivre mesurable dans l'eau où le poisson a été pêché.

C. Solutions à base d'argent

C1. Identification

L'argent est un métal blanc, brillant, et de faible dureté. Il est employé dans la bijouterie, l'argenterie et la fabrication de miroirs. Il est aussi employé dans la photographie, la soudure et le traitement de surface.

C2. Résumé des dangers pour la santé

- L'inhalation de cyanure d'argent peut être toxique.
- L'exposition fréquente aux vapeurs ou poussières fines d'argent peut causer le développement de taches bleues-grises dans les yeux, la bouche, la gorge, la peau et les organes internes. Cela se produit lentement et peut prendre des années à se développer. Les effets sont définitifs et peuvent être très défigurants.
- Au contact avec la peau, il peut s'incruster dans de petites coupures de la peau, et former une tache permanente.

C3. Limites d'exposition dans le lieu de travail aux U.S.A.

- OSHA: La loi limite de l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) a 0.01 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum tolérable dans l'air de 0.1 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8-heures de travail.

- Certaines solutions d'argent peuvent former des vapeurs toxiques présentant des risques différents de ceux généralement associés au métal même.

C4. Quelques méthodes de réduction de l'exposition

- Dans la mesure du possible, il est recommandé pour les opérations en milieu fermé, d'utiliser des équipements de ventilation ou d'extraction des fumées. Si des équipements de ventilation ou d'extraction ne sont pas disponibles, il est recommandé de fournir des respirateurs aux employés.
- Porter des vêtements de protection.
- Se laver entièrement aussitôt après contact avec le cyanure d'argent.
- Des panneaux d'information doivent être installés dans la lieu de travail. En outre, en tant que partie intégrante d'un programme d'instruction et de formation, toute information sur les risques de sécurité et santé liés au cyanure d'argent doit être communiquée aux ouvriers potentiellement exposés.

C5. Information sur les risques pour la santé

C5a. Effets immédiats sur la santé

Les effets suivant peuvent survenir aussitôt ou brièvement après l'exposition au cyanure d'argent:

- Le contact peut sévèrement brûler et endommager les yeux et causer des brûlures ou irritations de la peau.
- Des fragments de métal peuvent s'incruster dans de petites coupures de la peau, ou causer des irritations des yeux et former des taches définitives.
- Les inhalations de cyanure d'argent irritent le nez. Des saignement de nez ou des ulcères peuvent en résulter. L'irritation des voies aériennes survient aussi, accompagnée de toux.

C5b. Effets chroniques sur la santé

Des effets chroniques suivants peuvent se développer un certain temps après l'exposition au cyanure d'argent et peuvent persister pendant des mois ou même des années:

- Le risque de cancer: Le Département de la Santé du New Jersey, U.S., ne dispose pas d'information permettant d'établir si le cyanure d'argent peut causer le cancer chez les animaux.
- Risque concernant la reproduction: Le Département de la Santé du New Jersey, U.S., ne dispose pas d'information permettant d'établir si le cyanure d'argent peut causer des problèmes au niveau des mécanismes de reproduction.
- Autres effets à long-terme:

- L'inhalation de vapeurs ou fines poussières d'argent peut graduellement causer les yeux, les ongles, le nez, la bouche, la gorge, la peau et les organes internes à tourner au bleu-gris. Cela peut prendre entre 2 et 20 années à se développer mais est généralement permanent, et très défigurant. Cette condition est appelée "dargyriad."
- L'exposition répétée à l'argent peut causer l'obscurcissement dans la cornée de l'oeil. Cela peut causer des problèmes de vision, surtout la nuit.
- L'exposition répétée, à de hautes concentrations d'argent peut endommager les reins.

C6. Information écologique

L'argent est un métal trouvé à l'état naturel dans la croûte terrestre. Il est employé dans la fabrication de couverts, miroirs, bijouterie, l'industrie du traitement de surface et dans des conducteurs électriques. L'argent est aussi un composant chimique employé dans la photographie, en tant qu'un anti-infectieux, comme un réactif, et pour provoquer les précipitations de systèmes nuageux. Parce qu'il se prête à une grande variété d'utilisations, l'argent trouve des points d'entrée dans l'environnement, à la fois très entendus et très spécifiques tels que dans les effluents municipaux et industriels.

C7. Accumulation biologique dans les organismes aquatiques

Certaines substances augmentent en concentration, ou s'accumulent biologiquement, dans des organismes vivants. Cette accumulation se produit par le biais de l'absorption d'air, d'eau et de nourriture contaminée. Ces produits chimiques ainsi accumulés ont tendance à se concentrer dans les tissus et organes internes des animaux et des humains. La concentration de cuivre accumulée dans les tissus de poisson peut être considérablement plus élevée que la concentration de cuivre mesurable dans l'eau où le poisson était pris.

D. Les solutions à base d'or

Aucune information concernant la toxicologie spécifique à l'or n'est tenue à jour et proposée sur le centre internet de l' U.S.A EPA. Le lecteur devra donc se référer à la présentation précédente sur les solutions à base d'argent.

E. Solutions à base de chrome hexavalent

E1. Identification

L'acide chromique est un liquide de couleur rouge sombre, presque noire, solidement cristallin, et inodore. Il est employé pour le chromage, dans certain médicaments, pour la fabrication de céramique et de certaines peintures.

E2. Résumé des dangers pour la santé

- L'inhalation d'acide chromique peut être toxique. La solution peut même traverser plusieurs couches de la peau.

- L'acide chromique est **cancérogène** et doit être manié avec **extrême prudence**.
- Au contact des yeux, il peut sévèrement endommager la vue ou même causer une perte totale de la vision.
- L'inhalation d'acide chromique peut causer des plaie vives à l'intérieur du nez, avec saignements, dégorgeement et encroûtement. L'irritation du nez, de la gorge et des bronches peut aussi survenir avec de fortes toux et/ou problèmes respiratoires.
- L'acide chromique est un produit chimique extrêmement **corrosif** et peut causer des ulcères profonds ou des éruptions allergiques de la peau.

E3. Limites d'exposition dans le lieu de travail aux U.S.A

- OSHA: La loi limite de l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) à 0.1 mg/m³, à ne pas dépasser à tout moment de la journée.
- NIOSH: Cette administration recommande une exposition maximum tolérable dans l'air de 0.025 mg/m³ en moyenne sur une journée de 10 heures de travail, et 0.05 mg/m³, à ne pas dépasser pendant n'importe quelle période de 15 minutes de travail.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum tolérable dans l'air de 0.05 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.

E4. Quelques méthodes de réduction de l'exposition

- Dans la mesure du possible, il est recommandé pour les opérations en milieu fermé, d'utiliser des équipements de ventilation ou d'extraction des fumées. Si des équipements de ventilation ou d'extraction ne sont pas disponibles, il est recommandé de fournir des respirateurs aux employés.
- Porter des vêtements de protection.
- Se laver entièrement aussitôt après contact avec l'acide chromique.
- Des panneaux d'information doivent être installés dans la lieu de travail. En outre, en tant que partie intégrante d'un programme d'instruction et de formation, toute information sur les risques de sécurité et santé liés au cyanure d'argent doit être communiquée aux ouvriers potentiellement exposés.

E5. Information sur les risques pour la santé

E5a. Effets immédiats sur la santé

Les effets suivant peuvent survenir aussitôt ou brièvement après l'exposition à l'acide chromique:

- Le contact avec la peau ou les yeux peut causer de graves irritations ou même une perte totale de la vision.

- Au contact de la peau il peut causer de graves irritations. Les solutions concentrées peuvent causer de sévères brûlures de la peau. Dans les cas de contact prolongé avec la peau l'acide chromique peut s'infiltrer dans le corps à travers de petites coupures sur la peau.

E5b. Effets chroniques sur la santé

Des effets chroniques suivant peuvent se développer un certain temps après l'exposition à l'acide chromique et peuvent persister pendant des mois ou même des années:

- Le risque de cancer: Le chrome hexavalent ou chrome VI ainsi que toute solution dérivée, ont été démontrés cancérigènes chez l'être humain. L'acide chromique est une solution dérivée du chrome hexavalent et en conséquence doit être manié avec la plus extrême prudence.
- Risque concernant la reproduction: Le Département de la Santé du New Jersey, U.S., ne dispose pas d'information permettant d'établir si le cyanure d'argent peut causer des problèmes au niveau des mécanismes de reproduction.
- Autres effets à long-terme:
 - L'acide chromique peut ronger les cartilages osseux du nez. L'irritation, les saignements et/ou la formation de croûtes à l'intérieur du nez sont des symptômes typique d'une exposition prolongée à l'acide chromique.
 - Les personnes exposées peuvent développer une allergie de la peau accompagnée d'éruption similaire à un eczéma. Dans de tels cas, toute exposition ultérieure, même à de très faibles doses, peut déclencher une réaction allergique très sévère.
 - Quand l'acide chromique pénètre la peau par l'intermédiaire de plaies ou coupures, il peut conduire à la formation d'ulcères très difficiles à guérir.
 - L'exposition prolongée peut fragiliser et décolorer les dents, et causer des croissances (polypes) sur les cordes vocales.
 - Les allergies pulmonaires (asthme) sont occasionnellement accompagnées de difficultés à respirer et/ou d'une impression de pesanteur dans la poitrine.
 - Les fortes expositions instantanées ou les faibles expositions répétées peuvent endommager les poumons, en créant des plaies dans les tissus pulmonaires, et peuvent aussi endommager les muscles cardiaques, le foie, et/ou les reins.

E6. Information écologique

Le chrome est un métal gris et lustré employé dans la fabrication d'aciers ou aciers inoxydables, et dans le traitement de surface d'autres métaux. Le chrome existe essentiellement dans deux états d'oxydation: 3+ (III) ou 6+ (VI). Il est présent dans les eaux naturelles, et chaque état d'oxydation peut être converti à l'autre état sous des conditions écologiques appropriées. Le chrome peut entrer dans le cycle écologique par l'intermédiaire d'effluents

industriels ou municipaux. Le chrome est très stable dans l'eau, avec une durée de vie de plus de 400 jours.

E7. Accumulation biologique dans les organismes aquatiques

Certaines substances augmentent en concentration, ou s'accumulent biologiquement, dans des organismes vivants. Cette accumulation se produit par le biais de l'absorption d'air, d'eau et de nourriture contaminée. Ces produits chimiques ainsi accumulés ont tendance à se concentrer dans les tissus et organes internes des animaux et des êtres humains. La concentration de cuivre accumulée dans les tissus de poisson peut être considérablement plus élevée que la concentration de cuivre mesurable dans l'eau où le poisson a été pêché.

F. Les solutions à base de chrome trivalent

F1. Identification

L'oxyde de chrome (III) est une poudre inodore, de couleur verte employée comme un pigment de peinture, un fixatif pour certaines teintures textile ou un catalyseur.

F2. Résumé des dangers pour la santé

- L'inhalation de d'oxyde de chrome (III) peut être toxique.
- L'oxyde de chrome (III) est **cancérogène** et peut être un **térogène**. Il doit être manipulé avec extrême prudence.
- Au contact de la peau peut causer des irritations, surtout si l'exposition est répétée ou prolongée.
- Des allergies de la peau peuvent parfois apparaître, accompagnées de démangeaisons, rougeurs et/ou eczéma. Dans de tels cas, une exposition ultérieure, même à faibles doses, peut déclencher des symptômes similaires.
- Au contact des yeux, il peut causer des irritations.

F3. Limites d'exposition dans le lieu de travail aux U.S.A.

- OSHA: La loi limite l'exposition maximum tolérable dans l'air (PEL aux U.S.) à 1 mg/m³, en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- ACGIH: Cette administration recommande une exposition maximum tolérable dans l'air de 0.5 mg/m³ en moyenne sur une journée de 8 heures de travail.
- L'oxyde de chrome (III) est **cancérogène** chez les êtres humains. Il ne peut y avoir aucun niveau satisfaisant d'exposition à un produit cancérogène, en conséquence, tout contact devrait être réduit au niveau le plus bas possible.

F4. Quelques méthodes de réduction de l'exposition

- Dans la mesure du possible, il est recommandé pour les opérations en milieu fermé, d'utiliser des équipements de ventilation ou d'extraction des fumées. Si des équipements de ventilation ou d'extraction ne sont pas disponibles, il est recommandé de fournir des respirateurs aux employés.
- Porter des vêtements de protection.
- Une surface contrôlée, destinée à la manutention et le stockage de l'oxyde de chrome (III), devrait être mise en place.
- Se laver entièrement aussitôt après contact avec l'acide chromique.
- Des panneaux d'information doivent être installés dans le lieu de travail. En outre, en tant que partie intégrante d'un programme d'instruction et de formation, toute information sur les risques de sécurité et de santé liés au cyanure d'argent doit être communiquée aux ouvriers potentiellement exposés.

F5. Information sur les risques pour la santé

F5a. Effets immédiats sur la santé

Les effets suivants peuvent survenir aussitôt ou brièvement après l'exposition à l'oxyde de chrome (III):

- Le contact avec la peau ou les yeux peut causer de graves irritations ou même une perte totale de la vision.
- Au contact de la peau il peut causer de graves irritations. Les solutions concentrées peuvent causer de sévères brûlures de la peau.
- Dans les cas de contact prolongé avec la peau l'acide chromique peut s'infiltrer dans le corps à travers de petites coupures sur la peau.

F5b. Effets chroniques sur la santé

Des effets chroniques suivants peuvent se développer un certain temps après l'exposition à l'oxyde de chrome (III) et peuvent persister pendant des mois ou même des années:

- Le risque de cancer: L'oxyde de chrome (III) est **cancérogène** pour l'être humain. Il a été démontré qu'il peut causer le cancer de la gorge et des poumons. La communauté scientifique considère qu'il n'y a aucun niveau satisfaisant d'exposition à un cancérogène.
- Risque concernant la reproduction: L'oxyde de chrome peut être un **térogène** pour l'être humain, puisqu'il est apparu être un térogène chez certains animaux.
- Autres effets à long-terme: Des allergies de la peau peuvent se développer, accompagnées de rougeurs, démangeaisons, et éruptions similaires à un eczéma. Dans

de tels cas, une exposition ultérieure, même à faibles doses, peut déclencher une réaction similaire.

F6. Information écologique

Le chrome est un métal gris et lustré employé dans la fabrication d'aciers ou aciers inoxydables, et dans le traitement de surface d'autres métaux. Le chrome existe essentiellement dans deux états d'oxydation: 3+ (III) ou 6+ (VI). Il est présent dans les eaux naturelles, et chaque état d'oxydation peut être converti à l'autre état sous des conditions écologiques appropriées. Le chrome peut entrer dans le cycle écologique par l'intermédiaire d'effluents industriels ou municipaux. Le chrome est très stable dans l'eau, avec une durée de vie de plus de 400 jours.

F7. Accumulation biologique dans les organismes aquatiques

Certaines substances augmentent en concentration, ou s'accumulent biologiquement, dans des organismes vivants. Cette accumulation se produit par le biais de l'absorption d'air, d'eau et de nourriture contaminée. Ces produits chimiques ainsi accumulés ont tendance à se concentrer dans les tissus et organes internes des animaux et des humains. La concentration de cuivre accumulée dans les tissus de poisson peut être considérablement plus élevée que la concentration de cuivre mesurable dans l'eau où le poisson a été pêché.

ADDENDA

LES AUDITS ENVIRONNEMENTAUX DES SOCIÉTÉS DE DINANDERIE

ADDENDA
LES AUDITS ENVIRONNEMENTAUX DES SOCIÉTÉS DE DINANDERIE

A. Introduction

Dans le cadre du projet d'audits environnementaux à Fès, les chefs des entreprises auditées ont été invités à se rendre aux Etats Unis pour participer à un programme de visites d'usines. Les discussions techniques et concrètes illustrations technologiques engendrées lors de ce voyage d'étude ont permis aux chefs d'entreprise marocains de mieux visualiser les possibilités décrites dans les rapports d'audit.

Pour le secteur des dinandiers, le voyage d'étude a permis, à travers les visites d'usines, de mettre en évidence le fonctionnement de nombreuses alternative technologiques permettant le traitement et/ou recyclage des eaux de rinçage.

De plus, une présentation technique détaillée de la ligne d'argentage de l'une des sociétés américaines visitées a permis d'identifier une étape supplémentaire dans le procédé de recouvrement, qui améliore la résistance à l'oxydation du dépôt d'argent. Cette information semble apporter une réponse à un problème que les trois dinanderies auditées ont rencontré.

Cet addenda présente une synthèse de ces combinaisons technologiques qui ont le plus retenu l'attention des chefs d'entreprise marocains.

B. Projet de traitement/recyclage des eaux de rinçage

Ce projet présente une alternative au système séparatif de rinçage préconisé dans les rapports d'audits. Il consiste essentiellement à:

- Utiliser une seule ligne de 4 bassins de rinçage à contre-courant, pour le procédé de dégraissage, d'argentage, de cuivrage et de dorure
- Utiliser un évaporateur atmosphérique pour optimiser la concentration des eaux de rinçage sur cette ligne de 4 bassins
- Conserver la ligne de rinçage à contre-courant (3 bassins) spécifique au procédé de nickelage
- Conserver une cellule d'électrolyse inverse, en recirculation sur le premier bassin pour chaque ligne de rinçage (2 cellules au total)

B1. Description

Le mode opératoire de ce nouvel arrangement (ligne de rinçage unique pour 4 procédés différents) est très similaire aux projets décrits dans les rapports d'audit originaux. Un courant d'eau déionisée est introduit dans le dernier bassin et circule par débordement dans le sens opposé au rinçage des pièces. Cependant la masse de solution entraînée par les pièces vers la ligne de rinçage est approximativement 4 fois plus importante. De ce fait, pour maintenir une qualité constante de l'eau du bassin de rinçage final, nous sommes obligés d'augmenter la quantité d'eau déionisée (introduite dans le dernier bassin de rinçage) dans les mêmes proportions. En conséquence, le besoin en évaporation de cette ligne de rinçage nécessite l'utilisation d'un évaporateur atmosphérique.

Une autre conséquence de cette nouvelle approche se traduit par la contamination du dépôt d'argent sur les cathodes de la cellule d'électrolyse inverse, par le cuivre. Après vérification auprès d'une usine de récupération de métaux située à proximité de la ville de Fès, il semblerait que la dévalorisation du dépôt d'argent ne serait que de l'ordre de 20%.

B2. Tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de ce projet optionnel par rapport aux recommandations initiales

Avantages	Inconvénients
Adaptation à la place disponible, car nécessitant moins de bassins de rinçage	Mélange du dépôt d'argent et de cuivre sur les cathodes de l'électrolyse inverse, se traduisant par une moindre valeur
Les cellules d'électrolyse inverse étant fixes, cette solution permet une installation définitive avec plombage en dur, donc moins de risques de fuites, débordements, etc.	Les besoins en maintenance mécanique sont plus importants du fait de l'évaporateur
Moins de main-d'oeuvre nécessaire au fonctionnement du système	Les frais de fonctionnement sont plus importants du fait d'un besoin accru en énergie pour évaporer 4 fois plus d'eau
Meilleur contrôle des émissions atmosphériques puisque pratiquement tous les évaporateurs commercialisés utilisent des éléments filtrants avant rejet des vapeurs d'eau	Le système est plus intolérant en cas de pannes, puisque son fonctionnement conditionne l'opération de 4 lignes de traitement de surface avec une seule ligne de rinçage

C. Protection du dépôt d'argent contre l'oxydation

Ce projet consiste à ajouter un bassin supplémentaire après l'argentage, rempli d'une solution de chromate (chrome hexavalent avec éléments additifs propriétaires). Les pièces subissent simplement un recouvrement électrolytique supplémentaire permettant de déposer une couche protectrice d'environ 1/10ème de micron. Le brillant du dépôt d'argent est ainsi maintenu plus longtemps, et donc nécessite moins de "re-placage" pour restaurer le brillant initial. Il est à noter que chaque dinanderie auditée consacre une partie de ses ressources à maintenir le brillant des pièces argentées, en particulier lorsque le temps de stockage du produit fini excède 2 mois.

Jusqu'à ce jour les articles en stock sont déballés, inspectés et re-polis si nécessaire, avant d'être envoyés chez le client.

Ce procédé peut présenter une très bonne opportunité pour conquérir d'autres marchés, surtout pour les entreprises tournées vers l'export.

D. Procédé de traitement des eaux usées des ateliers de traitement de surface

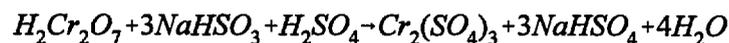
Au cours du voyage d'études, les chefs d'entreprises audités ont été également sensibilisés à l'importance des traitements in situ des eaux usées, en vue de se conformer aux normes et standards en vigueur dans les états visités (Maine, New Hampshire et Massachusetts).

Pour l'industrie du "Metal Finishing", le procédé utilisé dans les unités visitées comporte les opérations suivantes:

- Réduction chimique du chrome hexavalent
- Destruction des cyanures
- Neutralisation des effluents acides/basiques
- Flocculation/décantation
- Filtration
- Séchage

D1. Réduction chimique du chrome hexavalent

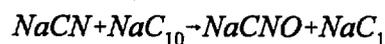
La réduction chimique du chrome hexavalent toxique en chrome trivalent moins toxique, s'effectue en milieu acide, par addition de bisulfate de sodium, selon la réaction chimique suivante:



A très faible pH (pH < 2,5), cette réaction est instantanée. Le seuil critique de pH à ne pas dépasser est de 3,5.

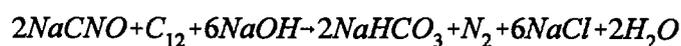
D2. Destruction des cyanures

Cette destruction est réalisée en milieu alcalin, et comporte deux étapes successives qui permettent d'oxyder les cyanures en cyanates et ensuite le passage à l'état d'azote et bicarbonate. L'oxydant utilisé est l'hypochlorite de sodium selon la réaction suivante:



C'est une réaction qui requiert de 30 minutes à 2 heures de temps de contact et s'effectue généralement à un pH supérieur à 12.

La deuxième réaction qui permet de passer du cyanate à l'azote s'écrit comme suit:

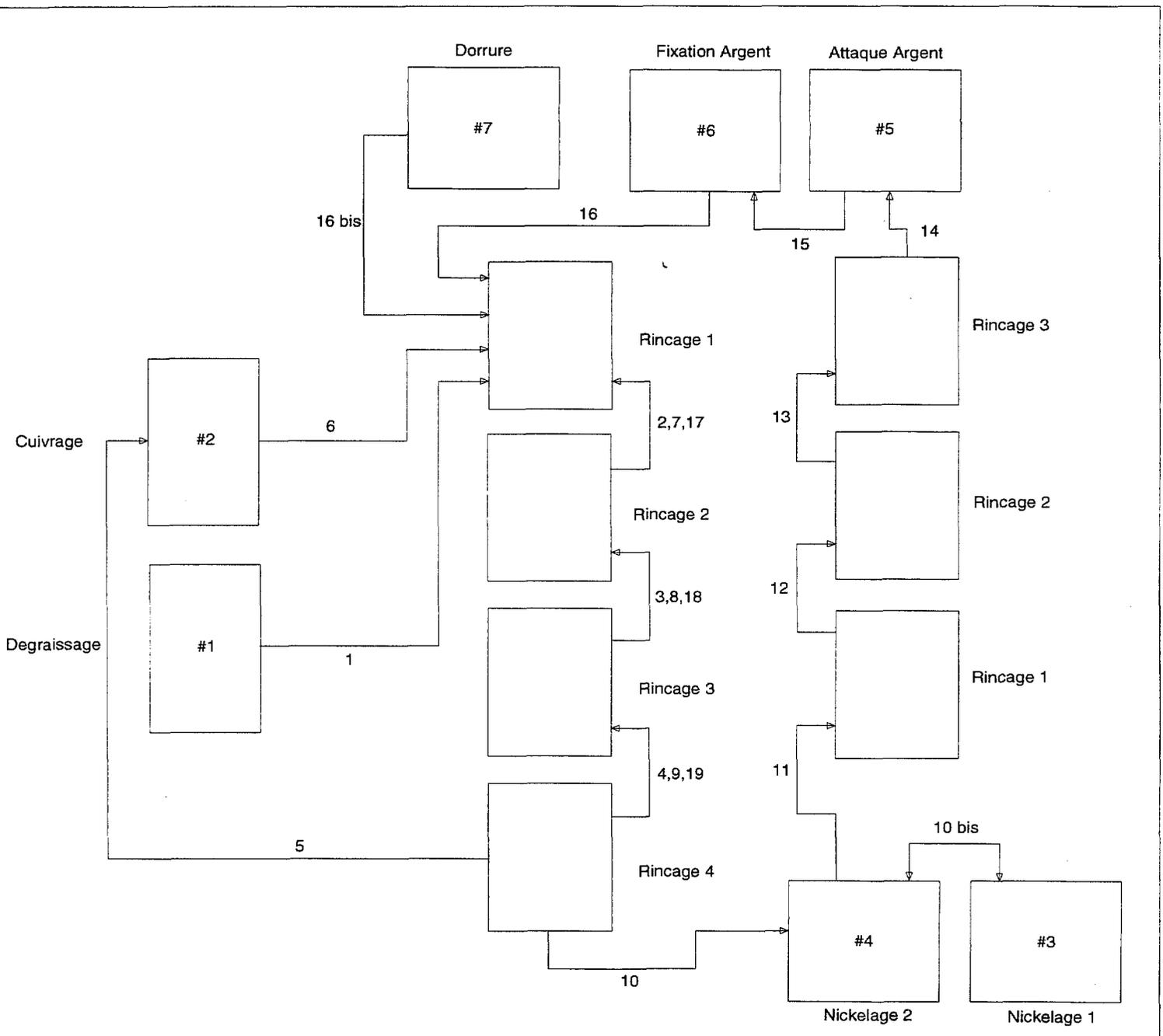


Le pH doit être aussi supérieur à 12 et le temps de réaction est de l'ordre de 45 mn à 3 heures.

D3. Destruction des cyanures, neutralisation des effluents acides/basiques, floculation/décantation, filtration et séchage

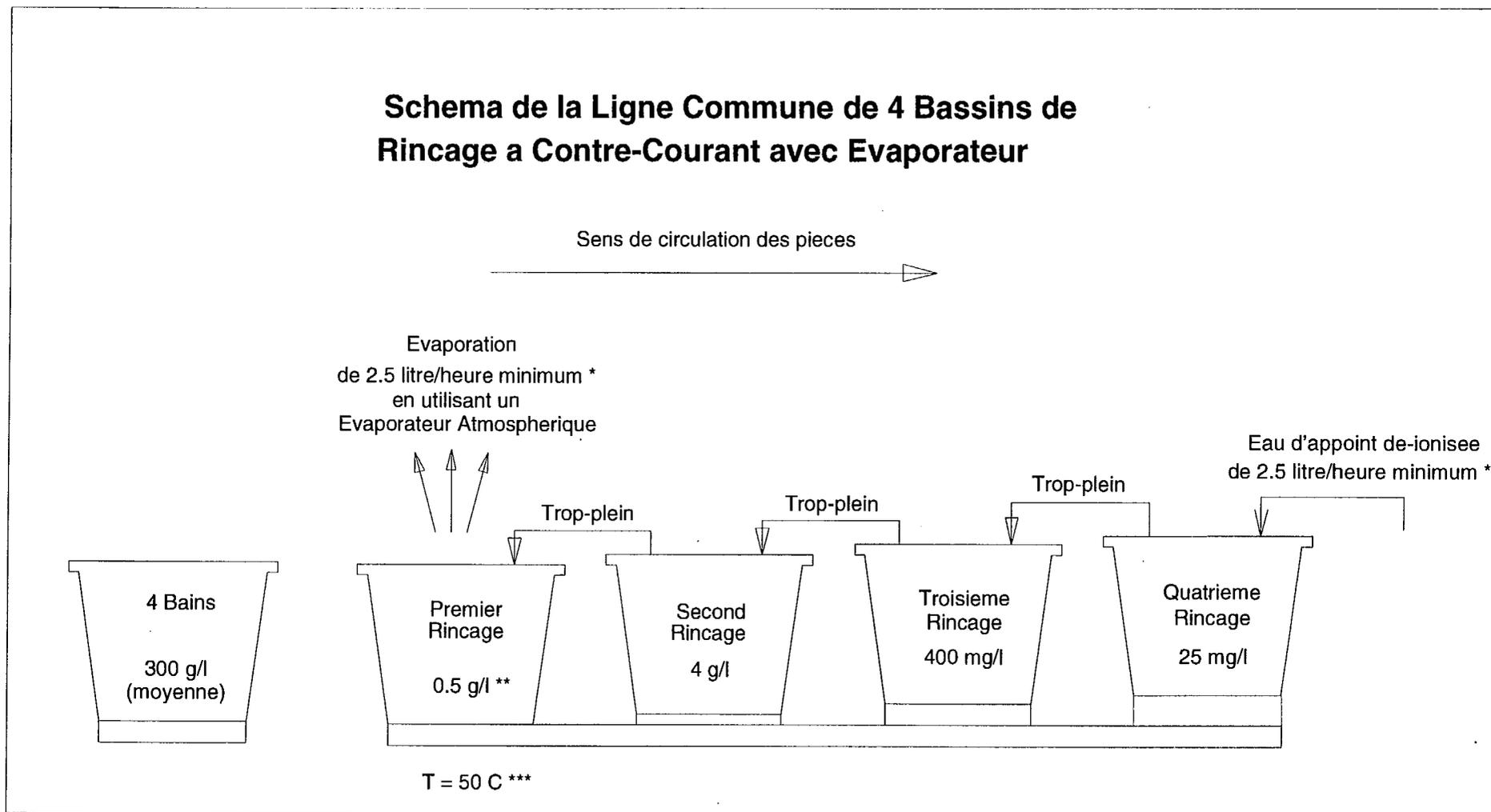
L'ensemble des effluents des ateliers de fabrication, à l'exception toutefois des effluents chargés de chrome hexavalent et de cyanures, qui eux subissent les traitements mentionnés plus haut avant de rejoindre les bacs de neutralisation, sont neutralisés puis pompés dans les bassins de floculation et de décantation. Cette neutralisation concerne également les effluents traités de chrome et de cyanures. La phase légère, issue de la décantation, est assainie et peut être réutilisée dans le traitement. La phase lourde, constituée de boues de décantation, passe dans un filtre presse. Le liquide est recyclé et le gâteau est séché avant d'être envoyé à une société spécialisée.

Schema de Principe du Projet de Traitement/Recyclage des Eaux de Rincage



230

Schema de la Ligne Commune de 4 Bassins de Rincage a Contre-Courant avec Evaporateur



Note: Les valeurs mentionees ci-dessus sont issues d'un modele mathematique et n'ont qu'une valeur indicative.

*: Ce taux d'evaporation represente une valeur minimum pour le fonctionnement de la ligne de rincage. Un evaporateur de petite taille sera amplement suffisant pour atteindre cette valeur.

** : Cette concentration est obtenue grace a l'operation en continu de l'electrolyse inverse.

*** : La temperature indiquee est une valeur maximum. L'evaporation de 2.5 LPH ne requiert pas plus de 40 C.