

## **Chimie propre à l'Université**

par J.-C. CANÉVET

Département de chimie - Faculté des sciences et des techniques  
B.P. 92208 - 44322 Nantes Cedex 3

---

### **1. OPTIMISATION**

Neuf manipulations ont été examinées, une à une, de manière à réduire à la fois les coûts, le volume ainsi que la concentration des effluents [1].

#### ***1.1. L'eau utilisée***

D'ordinaire, les solutions sont préparées dans les laboratoires d'enseignement par quatre techniciens ayant une grande pratique. Ils utilisent de l'eau permutée pour laquelle la seule mesure de contrôle est la conductance. L'eau produite, puis utilisée ne présente sans doute pas les mêmes caractéristiques selon le lieu et la date.

Une étude de la variation de ces caractéristiques resterait à faire si son intérêt était manifeste. La qualité du service d'eau a-t-elle une influence sur l'eau produite après passage sur résines échangeuses d'ions ?

S'engager dans des études de teneur en dioxyde de carbone, est un choix qui permettrait certes de diluer les solutions un peu plus, avec toutefois pour limite absolue, la dissolution du dioxyde de carbone atmosphérique dans la solution.

Sans doute est-il préférable de rehausser, tout simplement, le seuil des concentrations de manière arbitraire, de façon à n'être plus gênés par ces phénomènes aux limites.

#### ***1.2. Limites des manipulations***

La faisabilité de chaque manipulation a été étudiée en allant à l'extrême limite de la dilution. Une concentration que nous appellerons « optimisée » a été choisie entre deux et dix fois la concentration limite.

---



---

**SÉCURITÉ – POLLUTION – ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ – POLLUTI**


---



---

**1.3. Valeurs optimisées**

Telles que nous les pratiquons, certaines manipulations correspondent déjà au «cahier des charges». Ainsi, la polarimétrie, la calorimétrie, l'équilibre en phase homogène, la pH-métrie, sont-elles soit déjà optimisées, soit, par nature, peu optimisables.

**Dosages volumétriques**

	HCl/NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub> /FeSO <sub>4</sub> *	I <sub>2</sub> /NaS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
c en mol L <sup>-1</sup>	2,5 10 <sup>-2</sup>	5 10 <sup>-3</sup>	5/6 10 <sup>-2</sup> 5 10 <sup>-2</sup>	1,5 10 <sup>-3</sup> /2,5 10 <sup>-3</sup>
* Les protons qui stabilisent Fe II suffisent à eux seuls et permettent un déroulement correct du dosage. Il n'est pas nécessaire d'en ajouter d'autres. De même que subsiste parfois dans de vieux modes opératoires, l'addition d'eau, qui n'est pas plus nécessaire.				

**Conductimétrie**

	Électrolyte fort NaCl	Électrolyte faible CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	Dosages	
			NaOH/H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub> /HCl
c en mol L <sup>-1</sup>	Nouvelles mesures		5 10 <sup>-3</sup> ; 2,5 10 <sup>-3</sup>	2 10 <sup>-3</sup>
	2 10 <sup>-3</sup>	5 10 <sup>-3</sup> ; 10 <sup>-3</sup>		

**Potentiométrie**

	Pile DANIELL	AgNO <sub>3</sub> /KBr
c en mol L <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup> plus une diminution des volumes	5 10 <sup>-3</sup>

**Cinétique S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup> + 2 I<sup>-</sup> → 2 S<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup> + I<sub>2</sub>**

Méthode des vitesses initiales	Méthode de dégénérescence d'ordre*
Diminution des volumes totaux par quatre	Diminution des concentrations des solutions mères et des volumes totaux
* Des flaconnages permettant de délivrer de petits volumes ont été mis en service avec succès.	

---

---

**SÉCURITÉ – POLLUTION – ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ – POLLUTI**

---

---

**1.4. Gains annuels**

Cette économie a été chiffrée à plus de 10 kF annuels. Elle a été réalisée essentiellement sur la cinétique et la potentiométrie et représente 5 % du budget annuel des travaux pratiques de première année.

**2. ACTION SUR LES EFFLUENTS**

Une fois les concentrations ramenées à la valeur «optimisée», les effluents peuvent être dépollués de manière plus aisée. Déversés en Loire, ils auraient contribué à augmenter la pollution en métaux lourds de 2 ‰.

Tout d'abord, six litres d'effluents ont été récupérés et traités. Ils contenaient d'une part, les ions cuivre et zinc provenant de la pile DANIELL, et d'autre part, du chrome III, du fer II et du manganèse II issus d'un dosage en retour d'une solution de bichromate de potassium.

**2.1. Le cuivre et le zinc**

Le mélange Cu II, Zn II est précipité sous forme d'hydroxyde à pH compris entre 7 et 8. Des essais montrent que la précipitation des deux ions a lieu au-delà de 99 %. Le précipité est essoré sur Büchner.

Le filtrat ne réagit pas en présence de sulfure d'ammonium en milieu ammoniacal. Ceci prouve bien l'absence quasi totale de l'ion  $Zn^{2+}$ .

**2.2. Le mélange Cr III, Fe II, Mn II**

Les solutions sont d'abord traitées par de l'hydrogénosulfite pour réduire tous les ions. Un ajout de magnésie suivi par un dosage à l'hydroxyde de sodium fait précipiter les hydroxydes. Le saut de pH est facilement détectable, l'essorage ultérieur assez peu aisé.

Après cet essai, une solution de 80 L a été traitée selon un principe différent. Au lieu de l'essorage, c'est la décantation qui a été utilisée dans des bacs larges et plats.

---

---

**SÉCURITÉ – POLLUTION – ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ – POLLUTI**

---

---

La partie aqueuse s'écoule au-dessus des boues qu'on laisse sécher au soleil. 1 kg d'hydroxydes de métaux lourds a ainsi été récupéré.

A Nantes, le problème est cette fois de traiter jusqu'à 2 m<sup>3</sup>, éventuellement en continu. Cela requiert :

- la sensibilisation et la formation des enseignants-chercheurs (quarante intervenants en première année),
- la sensibilisation des étudiants à la récupération des solutions,
- un appareillage adéquat que notre collègue Michel SPIESSER met actuellement au point,
- un local agréé par le comité d'hygiène et de sécurité,
- du temps de technicien pour la manutention et le traitement de solutions.

**CONCLUSION**

Notre étude a permis une double diminution du coût de nos travaux pratiques : coût financier d'une part, coût écologique d'autre part. La mise en œuvre du génie chimique reste à faire. La sulfato-réduction biologique pourrait-elle aussi être une solution élégante. Dans les sédiments profonds des rivières, diverses souches de bactéries sulfato-réductrices ont été isolées. Elles réduisent les sulfates en sulfures, dans leur mécanisme de respiration. Les sulfures sont des agents de précipitation des métaux lourds [2]. Il s'agit en fait, d'une dernière main apportée aux concentrations en métaux lourds afin qu'elles soient de l'ordre du ppm.

Les résultats obtenus ont été mis en application à l'ensemble des deux mille étudiants de première année.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Yannick GOAZIOU, rapport de stage première année BTS, **1993**.
- [2] M. CRINE, Tribune de l'eau n° 561, **1993**, pp. 3 à 18, Liège, Belgique.