

Quelques expériences chimiques sur des composés alimentaires

par M. DEFRANCESCHI

Laboratoire de Chimie

École Normale Supérieure, 92120 Montrouge

Article publié dans le B.U.P. n° 708, novembre 1988.

A - LE COCA-COLA

Avant-propos.

Les dosages prévus par les programmes peuvent parfois être appliqués à des solutions plus concrètes que les traditionnelles solutions de laboratoire sans difficultés majeures. Ils apportent ainsi un surcroît d'intérêt pour les élèves en même temps qu'une culture chimique, plus générale.

Les nombreuses « boissons chimiques » couramment vantées par la publicité sont de bons sujets d'étude. Elles offrent de nombreuses possibilités de travaux pratiques de difficultés variables.

But de la manipulation.

L'étiquetage d'un flacon commercial de coca-cola fourni par le fabricant mentionne la présence d'acide orthophosphorique et de caféine. Le premier peut être dosé par pHmétrie ou par colorimétrie, la seconde est extraite au dichlorométhane.

Expériences.

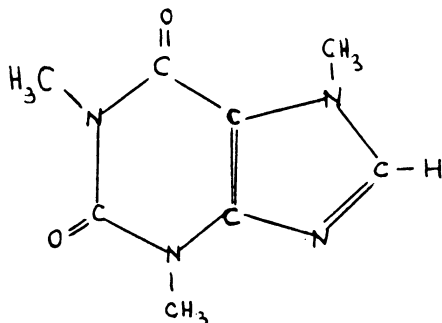
I. DOSAGES DE L'ACIDE ORTHOPHOSPHORIQUE CONTENU DANS DU COCA-COLA.

Ces manipulations ont été adaptées d'un texte publié au Journal of Chemical Education [0].

Nous ne reproduisons pas le texte de cette première partie, difficile à utiliser au niveau collège.

II. EXTRACTION DE LA CAFEINE.

La caféine a pour formule développée :



Elle est en solution dans le coca-cola. L'extraction est effectuée par du dichlorométhane dans lequel la caféine est soluble en milieu alcalin.

Prélever 400 cm³ de coca-cola dans un bécher d'un litre. Agiter la solution. Ajouter petit à petit puis goutte à goutte une solution de carbonate de sodium environ molaire jusqu'à ce que le pH du contenu du bécher ait une valeur de 9 environ (pas trop supérieure), il faut environ 30 cm³ de Na₂CO₃.

Verser 200 cm³ de dichlorométhane dans le coca-cola. Agiter sur agitateur magnétique pendant 5 minutes, sous la hotte.

Décanter et prélever la phase organique en la recueillant dans un erlenmeyer de 500 cm³ et la sécher au sulfate de magnésium.

Filtrer le contenu de l'erlenmeyer sur papier filtre en recueillant le liquide dans le ballon à distiller d'un évaporateur rotatif. Concentrer la solution à l'aide de l'évaporateur rotatif ; lorsqu'il reste environ 5 cm³ au fond du ballon, arrêter l'évaporation ; transvaser le résidu dans un bécher de 10 cm³. Finir d'évaporer sur plaque chauffante sous la hotte.

Il apparaît un résidu solide jaune pâle dont on détermine la température de fusion. La mesure est difficile, on trouve environ 210 °C, il faut effectuer une recristallisation à chaud. Dissoudre à chaud dans quelques millilitres de toluène, refroidir. Ajouter environ deux volumes d'éther de pétrole. Filtrer, récupérer les cristaux, les sécher entre deux feuilles de papier filtre.

Les cristaux sont plus blancs, la température de fusion est de 236 °C. La température donnée dans le Handbook [3] est de 237 °C. La quantité extraite ne permet pas d'effectuer un calcul de rendement.

Matériels et produits utilisés.

- 1 ampoule à décanter de 500 cm³ et son support,
 - 1 érlenmeyer de 500 cm³,
 - 2 béchers de 10 cm³,
 - 1 entonnoir à liquide de petit format,
 - 1 évaporateur rotatif et une trompe à eau,
 - 1 plaque chauffante,
 - 1 banc Köfler ;
 - solution Na₂CO₃ environ molaire.
 - dichlorométhane,
 - sulfate de magnésium,
 - toluène,
 - éther de pétrole.
-

B - LE TANG : GOÛT ORANGE

Avant-propos.

Cet article offre, comme le précédent, des possibilités d'appliquer des techniques physicochimiques à des solutions plus concrètes que les traditionnelles solutions de laboratoire.

But de la manipulation.

Il s'agit d'étudier une boisson vendue dans le commerce : « Tang, goût orange ». La solution utilisée est celle obtenue selon les instructions du fournisseur par dissolution de la poudre dans 1 litre d'eau. La composition donnée sur l'emballage commercial mentionne la présence de sucre, d'acide citrique et de citrate de sodium, de gomme arabique, d'huile végétale et d'huiles essentielles d'orange, d'arômes artificiels, d'agent antiagglomérant E 341, de colorants E 204 et E 110.

Après extraction, les colorants alimentaires synthétiques E 204 et E 110 sont séparés par chromatographie sur couche mince puis identifiés par spectrographie UV/visible.

Expériences.

Ces manipulations ont été adaptées d'un texte publié au Journal of Chemical Education [1] duquel certaines données sont extraites.

I. EXTRACTION DES COLORANTS.

Prélever environ 10 cm³ de la boisson et les placer dans un erlenmeyer de 50 cm³, ajouter 10 cm³ d'éther et environ 5 cm³ d'acide acétique concentré. La phase colorée devient limpide.

A l'aide de la composition chimique fournie par le fabricant et des données extraites du dictionnaire de chimie fournies en Annexe I, on peut expliquer les phénomènes observés.

L'extraction à l'éther élimine les huiles végétales alors que l'acide acétique décompose la gomme en un mélange d'oses et d'acides uraniques ; il y a donc disparition des mucilages. La phase aqueuse colorée contient les colorants, les sucres, l'acide citrique, le citrate et d'autres produits provenant de la décomposition de la gomme.

La phase colorée est décantée dans une ampoule à décanter puis recueillie. La moitié de la solution ainsi obtenue est conser-

vée pour la spectroscopie, l'autre moitié est concentrée par évaporation (à l'aide d'une plaque chauffante) — réduction à la moitié de son volume — pour être utilisée en chromatographie.

II. SEPARATION ET IDENTIFICATION DES COLORANTS.

La séparation et l'identification des colorants se font par chromatographie sur couche mince et spectrographie UV/visible.

1. Chromatographie sur couche mince.

La chromatographie est réalisée sur gel de silice sur plaque de verre (Macherey-Nagel), l'éluant employé est un mélange de propanol-2 et d'ammoniaque concentrée dans le rapport 4 : 1. Mettre l'éluant au fond de la cuve à chromatographie sur une hauteur de 1 cm. Tracer un trait au crayon à papier sur la plaque de chromatographie à 2 cm du bas et y déposer à l'aide d'un capillaire, à intervalles réguliers (3 ou 4) quelques gouttes de solution préalablement concentrée par évaporation.

L'hydrolyse acide réalisée en I. a converti les colorants en acides, il convient donc de les convertir à nouveau en sels. Pour cela, lorsque les gouttes de colorants précédemment déposées sont sèches, déposer une goutte de soude (1 mol. l^{-1}) à l'aide d'un capillaire sur chacune.

Placer la plaque de chromatographie pendant 10 minutes, dans une étuve préchauffée à 140°C . Sortir la plaque de l'étuve (attention, elle est chaude), la laisser refroidir et la placer ensuite dans le bac à chromatographie pendant 75 minutes. La plaque présente alors l'aspect indiqué par la fig. 1 a.

Au bout de 75 minutes, sortir la plaque de la cuve et la regarder par transparence. Noter les positions de départ des dépôts, les positions finales des colorants, la position du front, noter enfin les couleurs des tâches. La plaque présente l'aspect indiqué par la fig. 1 b.

Laisser sécher la plaque à l'air libre ou au sèche-cheveux, puis la placer à l'étuve à 140°C jusqu'à « révélation » et renouveler les observations précédentes. La plaque présente l'aspect indiqué par la fig. 1 c.

Les deux colorants ont ainsi été séparés. On peut calculer leurs coefficients de rétention frontale R_f donnés par le rapport de la distance parcourue par le colorant et la distance parcourue par le front du solvant ; on trouve respectivement 0,18 et 0,36. Les trois ou quatre dépôts effectués permettent d'avoir une incertitude expérimentale sur les valeurs des R_f . La comparaison de ces résultats avec les données fournies dans l'Annexe II permet une première identification des colorants.

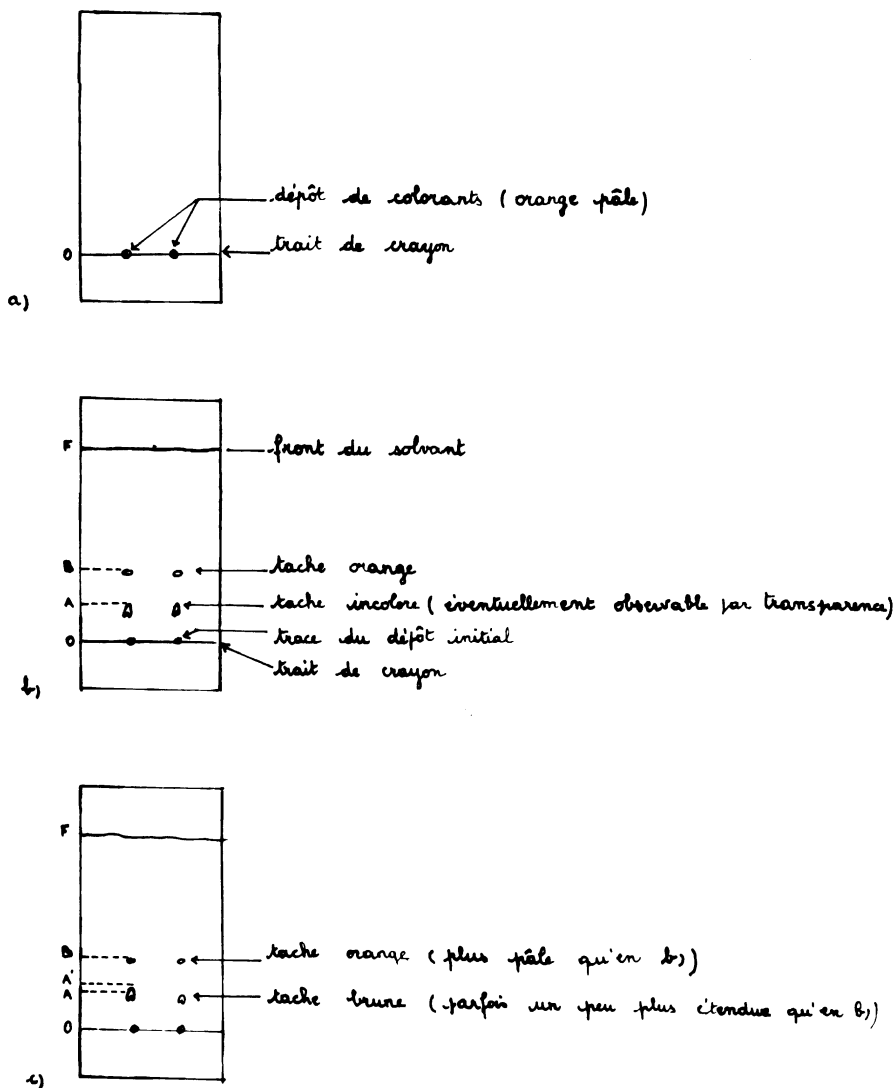


Fig. 1. — Evolution de la plaque de chromatographie :

- a) plaque prête à être chromatographiée,
- b) après chromatographie, plaque non révélée,
- c) après chromatographie, plaque révélée.

Les positions relatives de O, A, B et F sont des résultats effectivement obtenus expérimentalement.

2. Spectrographie UV/visible.

Pour une complète identification, la détermination des maximums d'absorption en spectrographie UV/visible doit être faite.

Tracer le spectre d'absorption de la solution colorée obtenue en I. entre 325 et 600 nm, en utilisant une cuve de verre de 1 cm de côté. La solution de référence utilisée est le solvant ayant servi à l'extraction, dilué (10 cm³ d'eau, 10 cm³ d'éther et 5 cm³ d'acide acétique concentré).

La courbe de la densité optique de la solution en fonction de la longueur d'onde est donnée fig. 2. A l'aide de quelques maximums d'absorption de colorants alimentaires fournis en Annexe III, les deux colorants peuvent être identifiés comme étant le *Jaune Sunset* et la *Tartrazine* dont les structures sont données en Annexe IV.

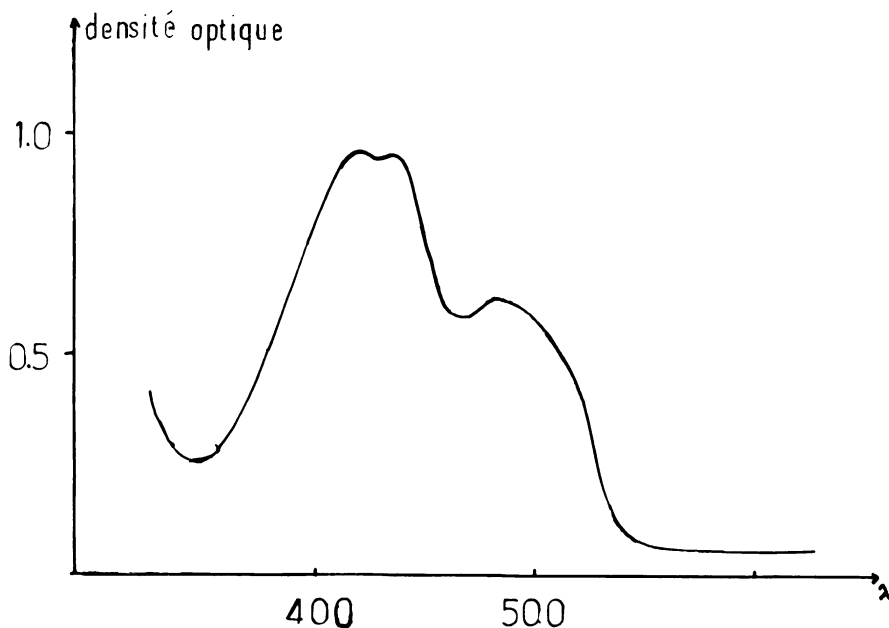


Fig. 2. — Spectre d'absorption de la solution colorée en fonction de la longueur d'onde entre 325 et 600 nm.

III. CONCLUSION.

La législation en matière de colorants alimentaires, varie d'un pays à l'autre et pour un même pays, elle varie au cours du temps.

La manipulation présentée peut être reproduite sur de nombreuses « boissons chimiques » vendues dans le commerce, seule l'extraction des colorants sera différente.

Matériels et produits utilisés.

Le matériel nécessaire à cette manipulation comporte, outre la verrerie classique de laboratoire :

- 1 spectrophotomètre UV/visible muni de 2 cuves de verre d'un cm de côté,
- 1 étuve pouvant chauffer à 140 °C,
- 1 ou 2 plaques de chromatographie de gel de silice sur plaque de verre 20 × 5 cm (Macherey-Nagel, réf. : 809 011),
- 1 cuve à chromatographie pouvant contenir ces plaques,
- 2 capillaires ou pipettes Pasteur (Laboverre),
- 1 sèche-cheveux (éventuellement),
- 1 plaquette chauffante,
- 1 pipette de 5 ml, 2 de 10 ml,
- 1 propipette,
- 1 ampoule à décanter de 50 ml avec son support.

Pour les solutions ou les extractions :

- soude 1 M,
- acide acétique concentré à 99 - 100 %,
- éther,
- isopropanol,
- ammoniac ($d = 0,92$).

ANNEXE I

DEFINITIONS ET PROPRIETES DE « GOMME » ET « GOMME ARABIQUE »

(Extrait des dictionnaires de chimie [2, 3])

Gomme :

Nom générique de substances végétales produites par la sève de nombreux végétaux, de nature glucidique, de condensation éle-

vée. Incolore et de translucide à jaune brun et opaque, la gomme peut présenter trois propriétés différentes :

- soluble dans l'eau ou formant avec elle des mucilages (ex. : gomme arabique, gomme des arbres à fruits...),
- insoluble dans l'eau, mais soluble dans les solvants organiques (gomme congo, Manille...),
- est une émulsion de gommages insolubles, d'huiles, d'essences volatiles de matières odorantes...

Gomme arabique :

Substance d'exsudation fournie par l'Acacia arabica et diverses autres espèces de légumineuses. La gomme arabique artificielle est préparée à partir de la dextrine. Utilisée comme agent adhésif ou émulsif, la gomme arabique a la propriété de donner avec l'eau des solutions colloïdales précipitables par l'alcool. Une hydrolyse acide la décompose en un mélange d'oses et d'acides uraniques.

ANNEXE II

VALEURS RELATIVES DES $R_f \times 100$ (MESUREES AU SOMMET DE LA FLAMME) POUR DES COLORANTS ALIMENTAIRES SUR GEL DE SILICE SUR PLAQUE DE VERRE (MACHEREY-NAGEL)

Colorants	$R_f \times 100$
Amaranthe	12 - 14
Tartrazine	17 - 20
Jaune Sunset	32 - 36
Ponceau SX	22 - 29
Erioglaurine	20 - 25

ANNEXE III

LONGUEURS D'ONDE DES MAXIMUMS D'ABSORPTION DE QUELQUES COLORANTS ALIMENTAIRES (OU DE LEURS MELANGES)

colorants	longueurs d'onde (nm) en milieu acide
Amaranthe (rouge)	218, 247 (F) 281 (F), 335 (f) 526
Ponceau SX (rouge)	206, 230, 290 (f) 375, 506, 532 (F)
Tartrazine (jaune orange)	204, 260, 434
Erioglaucine (bleue)	205, 313 (f), 396 586 (F), 630
Amaranthe mélange + Tartrazine + Jaune Sunset	208, 235 (F) 260 (F), 320 (f) 400 (F), 480 508 (F)

(F : fort ; f : faible).

ANNEXE IV

DEFINITIONS ET PROPRIETES DES COLORANTS JAUNE SUNSET ET TARTRAZINE (Extrait des dictionnaires de chimie [2, 3])

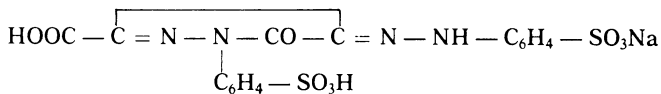
Jaune Sunset :

Matière colorante orange constituée par l'hydroxy-2 naphthyl-sulfonate de sodium-6 azophénylsulfonate de sodium-4'.



Tartrazine :

Matière colorante jaune obtenue en condensant la phénylhydrazine sulfonée avec l'acide dioxo-tartrique donnant un noyau pyrazolonique :



- [0] J. MURPHY. – J. Chem. Ed., 60 (1983), 420.
- [1] E. A. DIXON, G. RENYK – J. Chem. Ed., 59 (1982), 67.
- [2] L. M. GRANDERYE – *Dictionnaire de Chimie*, Dunod (1962).
- [3] Cl. DUVAL, R. DUVAL, R. DOLIQUE – *Dictionnaire de Chimie*, Pr. Scientifique Internationale (1959).