

La bouteille bleue

Mode opératoire :

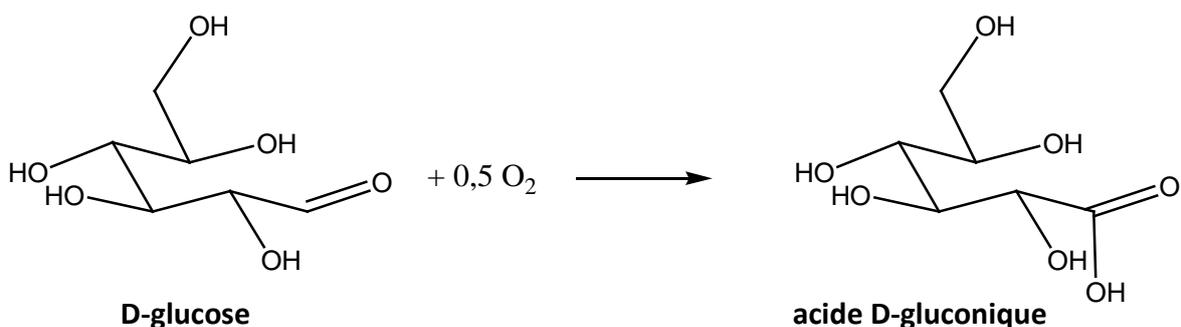
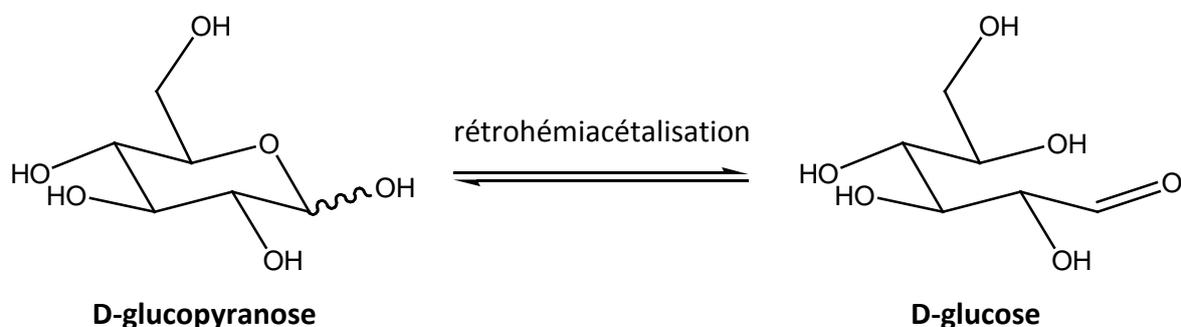
- 4,00 g soit 71,3 mmol de potasse dans 150 mL d'eau distillée. La concentration est donc de 0,475 mol/L
- 10,5 g soit 58 mmol de glucose puis environ 5 mL de bleu de méthylène.
- On agite pour solubiliser le dioxygène qui va oxyder le glucose + le bleu de méthylène.
- En pesant l' erlen rempli d'eau, on détermine qu'il contient un volume total de 285 mL, soit dans notre cas environ 130 mL d'air. Cela correspond à environ 25 mL de O₂, donc une quantité de matière :

$$n_{O_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{10^5 \times 25 \cdot 10^{-6}}{8,3 \times 300} \approx 1 \text{ mmol}$$

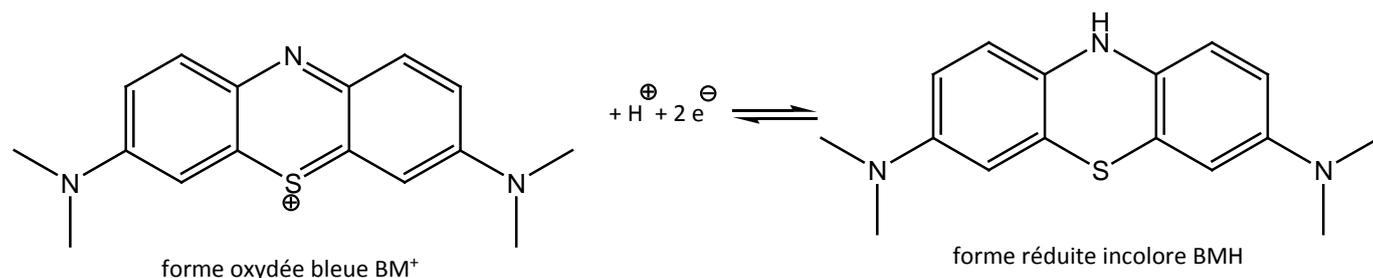
Le glucose est en large excès donc la décoloration pourra toujours être observée. Lorsque tout le dioxygène sera consommé, on ne pourra plus observer la coloration.

- La solubilité du dioxygène est de l'ordre de 10 mg. L⁻¹ soit 0,3 mmol/L, donc environ 0,05 mmol dans nos 150 mL.
- Il faudrait théoriquement faire réagir une vingtaine de fois ces 0,05 mmol pour qu'il n'y ait plus de O₂.

Pourquoi le glucose est-il réducteur ?



L'indicateur coloré utilisé est le bleu de méthylène, bleu dans sa forme oxydée et incolore dans sa forme réduite.



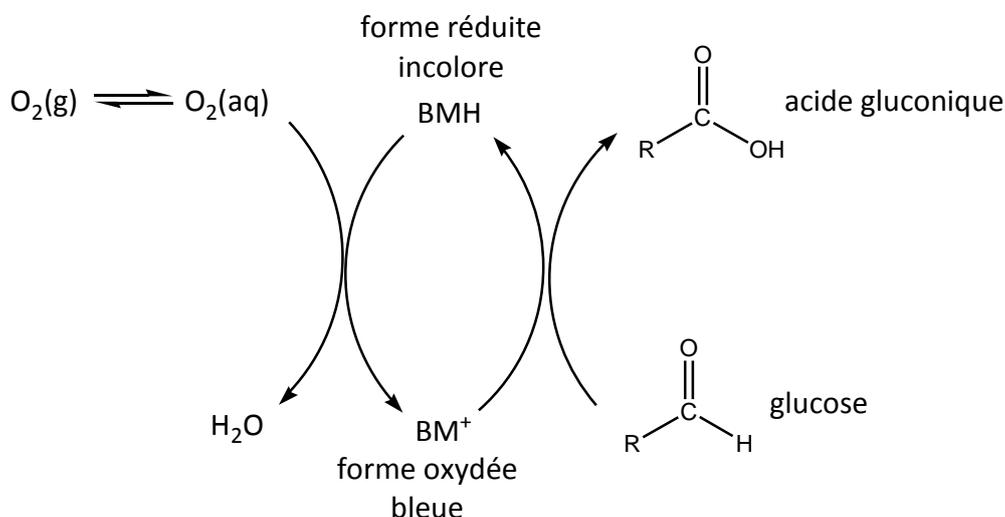
En milieu basique, le glucose réduit lentement le bleu de méthylène donc la solution devient incolore.

Lorsqu'on agite la bouteille, on dissout du dioxygène qui oxyde rapidement le bleu de méthylène et redonne une couleur bleue à la solution.

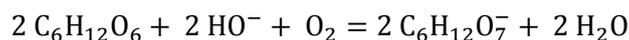
Puis le glucose réduit lentement le bleu de méthylène donc la solution devient incolore (on observe quand même un disque bleu à la surface).

On peut répéter plusieurs fois l'expérience. Agiter revient simplement à ajouter le réactif O_2 dans la solution.

Le schéma simplifié suivant permet de visualiser les réactions possibles.



L'équation de la réaction d'oxydation du glucose par le dioxygène en milieu basique s'écrit :



On peut facilement observer le rôle de la température en réchauffant ou en refroidissant la bouteille. On verra alors que les vitesses de réaction sont fonctions croissantes de la température.

Potentiels redox standard :

- couple BM^+/BMH : 0,52 V à pH = 0

- couple du glucose : - 0,95 à pH = 14

- couple O_2/H_2O : 1,23 à pH = 0

La bouteille multicolore

Mode opératoire

Dans un erlen de 100 mL, mélanger :

- 10 mL de solution aqueuse de potasse à 27 g/L
- 10 mL de solution aqueuse de glucose à 33 g/L
- 1,5 mL de solution de benzoïne dans le méthanol à 1 g/L
- 1,2 mL de solution aqueuse de carmin d'indigo à 5 g/L

On peut « recharger » la bouteille à l'aide de carmin d'indigo.

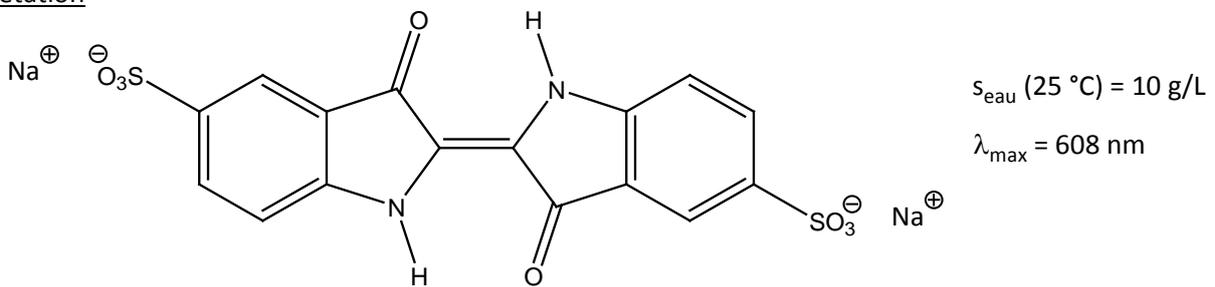
Observations

Le carmin d'indigo, d'abord bleu, devient immédiatement vert. Boucher le flacon.

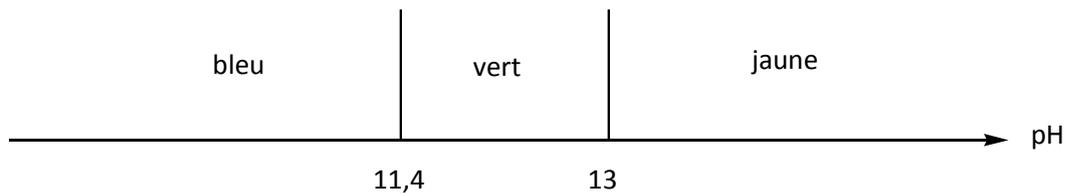
Après une courte période, la solution devient violette, rouge, orange et enfin, jaune.

On revient à la coloration verte en agitant le flacon.

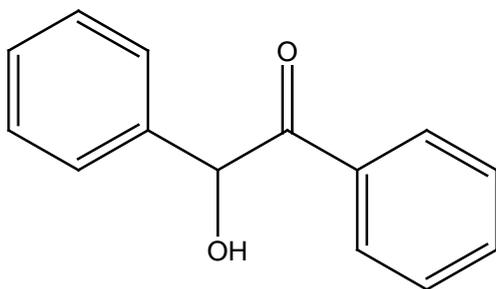
Interprétation



carmin d'indigo = E 132 extrait de l'indigotier



A propos de la benzoïne : je ne suis pas encore sûr du rôle qu'elle joue.



benzoïne

$s_{\text{eau}}(25\text{ °C}) = 0,3\text{ g/L}$

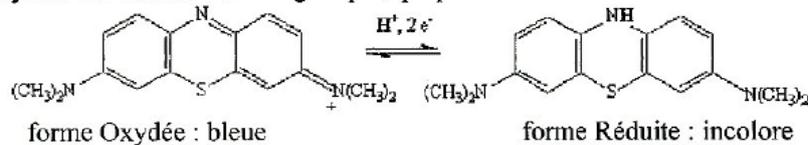
soluble dans l'alcool, le chloroforme

La bouteille bleue

Introduction

Nous allons visuellement mettre en évidence la réversibilité d'une réaction rédox.

- Le bleu de méthylène est une molécule organique, qui peut exister sous les deux formes :



de potentiel apparent E_{app} (pH=14) = 0,10 V.

- Le glucose est un réducteur (fonction aldéhyde) :
 $\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CHO} + 3 \text{OH}^- \longrightarrow \text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CO}_2^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$,
de potentiel apparent E_{app} (pH=14) = - 0,95 V
- Enfin, le dioxygène est un oxydant :
 $1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow 2 \text{OH}^-$ E_{app} (pH=14) = 0,39 V

Le bleu de méthylène sert de catalyseur à la réaction globale :

$\text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CHO} + \text{O}_2 \text{ (g)} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{HOCH}_2(\text{CHOH})_4\text{CO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$. En effet, son potentiel apparent à pH=14 (0,1 V) est compris entre ceux des deux autres couples (O_2/OH^- : 0,39 V et ion gluconate/glucose : -0,95 V).

Précautions

Porter des lunettes de protection, au cas où le bouchon viendrait à sauter car l'hydroxyde de potassium (potasse caustique) est une base forte.

Matériel

Flacon de 500 mL (ballon, erlenmeyer ou autre), muni d'un bouchon bien adapté
Glucose en poudre
Hydroxyde de potassium KOH en poudre ou pastille
Bleu de méthylène en poudre

Protocole expérimental

Dans le flacon contenant 100 mL d'eau, dissoudre :

2 g d'hydroxyde de potassium

2 g de glucose

0,025 g de bleu de méthylène en poudre (soit une très petite quantité).

Homogénéiser et attendre quelques secondes que la solution devienne incolore. Si elle ne devient pas incolore, rajouter un peu de glucose.

Agiter doucement puis de plus en plus fortement la bouteille (bien fermée !) jusqu'à voir une coloration bleue apparaître.

Laisser reposer la solution et observer sa décoloration en quelques secondes.

Répéter les deux derniers points plusieurs fois.

Explications

Lorsque la bouteille est agitée, le dioxygène O_2 qui se trouve dans l'air de la bouteille se mélange et se dissout dans la solution. Le bleu de méthylène est incolore lorsqu'il est sous sa forme réduite mais prend une couleur bleue lorsqu'il est oxydé (par le dioxygène, lors de l'agitation).

Puis une autre réaction intervient, avec une cinétique plus lente : le glucose est oxydé en milieu basique. Le dioxygène dissout sert alors à oxyder le glucose, le bleu de méthylène reprend sa forme réduite et la solution se décolore.

Tant qu'il reste du dioxygène dans l'air contenu dans la bouteille, on peut le dissoudre et changer la couleur. Lorsqu'il n'en reste plus, il n'y a plus de coloration possible. Il faut alors ouvrir la bouteille et refaire entrer de l'air chargé en dioxygène. Ceci marchera quelques fois, jusqu'à ce que tout le glucose soit oxydé. La solution restera alors bleue sans redevenir incolore. On peut alors rajouter du glucose pour rétablir la solution incolore.

On peut donc, par ce moyen, avoir une indication de la présence de dioxygène. L'air en contient environ 20%, ce qui est suffisant pour obtenir la coloration. On peut noter que d'autres expériences peuvent montrer la présence de dioxygène : la bouteille multicolore ou la combustion dans l'oxygène pur.