

## Regroupement 5 : Chimie organique

### C30S-5-01

Comparer la chimie organique à la chimie inorganique, entre autres, l'apport de Friedrich Wöhler en ce qui concerne le rejet du vitalisme;

### S3C-0-U1

Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie, *par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### S3C-0-R1

Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.

### Connaissances du niveau d'entrée

Il se peut que les élèves connaissent de nombreux composés organiques, sans savoir que ceux-ci entrent effectivement dans la catégorie générale des produits « organiques ». Ils diront peut-être que l'expression « produit organique » signifie « produit cultivé sans engrais chimiques ou sans aides chimiques ».

### Renseignements pour l'enseignant

Dans les années 1950, on a procédé au « métissage » des plantes pour en améliorer la résistance aux maladies telles que la rouille. On a attribué à un Manitobain de Shoal Lake, M. S. Joseph Murachy, la mise au point d'une variété de blé résistante à la rouille 15B. Il a ensuite croisé cette variété avec les variétés « Exchange » et Redman » pour créer une forme très résistante de blé qui est devenue célèbre. On l'a communément appelée « Selkirk Wheat ». On peut consulter le site [http://res2.agr.ca/winnipeg/v1\\_f.htm](http://res2.agr.ca/winnipeg/v1_f.htm) d'Agriculture Canada pour réunir des renseignements à ce sujet.

### Activité d'amorce

Donnez aux élèves une définition de ce qu'est un composé organique, puis demandez-leur d'en énumérer autant qu'ils le peuvent. Demandez-leur de décrire dans leur journal personnel comment leur vie changerait si, soudainement, tous les composés organiques dont ils se servent maintenant cessaient d'exister. Ils pourraient brosser un tableau sommaire d'un monde dépourvu de toute matière organique.

### Événement inattendu / Démonstration

*Indications des réactions chimiques – Discussion*

Cette démonstration porte sur la réaction typique de l'acide sulfurique concentré avec le sucre, réaction qui engendre du carbone solide et un certain nombre d'autres produits toxiques. Il faut faire la démonstration sous une hotte de laboratoire en observant toutes les consignes de sécurité applicables décrites dans l'explication fournie dans le Module 3 (annexe 6).

Avant de procéder, il faut se munir de la fiche de sécurité sur l'acide sulfurique concentré.

### Activité de laboratoire

*Transformation du bois*

Cette expérience de laboratoire est complexe; il ne faut la faire qu'après que l'enseignant l'a lui-même exécutée et ne la faire faire que par les élèves qui possèdent de bonnes habiletés en laboratoire et un bon sens de l'éthique. Il s'agit en fait de procéder à la distillation destructrice du

bois pour produire du méthanol et plusieurs produits gazeux. La démonstration peut-être faite par l'enseignant ou par des élèves (voir l'**annexe 1**).

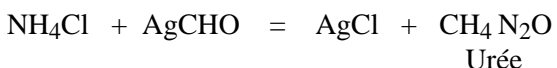
### **Renseignements pour l'enseignant**

En 1800, la chimie s'était fermement établie parmi les sciences; au cours de la décennie suivante, les scientifiques se sont vivement intéressés à l'étude de la composition des substances et à la manière dont elles pouvaient être modifiées. Par suite de recherches, ils ont commencé à faire la distinction entre deux genres de composés : ceux qui étaient issus de sources végétales ou animales ont été appelés composés organiques, et ceux qui provenaient de constituants minéraux de la Terre ont été appelés « inorganiques ».

Les chimistes connaissaient l'existence de très nombreux composés organiques telles que les teintures, les savons, le vinaigre, le sucre, les parfums, les gommes et le caoutchouc, pour n'en mentionner que quelques-uns, mais ils n'arrivaient pas à expliquer comment tant de composés pouvaient être faits à partir de quelques éléments seulement. Le chimiste suédois Berzelius venait d'expliquer que les composés inorganiques étaient formés d'atomes aux charges opposées. Toutefois, cela n'expliquait en rien les composés organiques tels que le  $C_2H_6$ , le  $C_2H_4$ , le  $C_3H_8$ , le  $C_4H_{10}$ , etc. Tout le monde savait que le chlore moléculaire ( $Cl_2$ ) pouvait se substituer à l'hydrogène (H) dans  $C_2H_6$  pour produire  $C_2Cl_6$ . Toutefois, cela signifiait qu'un atome Cl négatif pouvait se substituer à un atome H positif. Cela ne correspondait pas à la notion définie par Berzelius selon qui les atomes de charges opposées s'attiraient.

Jusqu'alors, on n'avait jamais synthétisé un composé organique à partir de matières inorganiques; par conséquent, de nombreux scientifiques croyaient que les composés organiques se formaient sous l'influence d'une « **force vitale** ». En 1828, Friedrich Wöhler a fait une découverte remarquable à l'Université de Göttingham en Allemagne. Il a essayé de fabriquer du cyanate d'ammonium au moyen d'une réaction de décomposition double, dans une solution de chlorure d'ammonium et de cyanate d'argent. Or, ces deux composés étaient considérés comme étant « inorganiques ».

Cependant, au lieu d'obtenir du cyanate d'ammonium, il a produit des cristaux d'urée, un composé organique!



Au cours des années qui ont suivi cette découverte et après que l'acide acétique et plusieurs autres composés organiques eurent été fabriqués à partir de matières inorganiques, la validité de la « force vitale » a été mise en doute. Avec le temps, de plus en plus de composés organiques ont été synthétisés à partir de matières inorganiques. Il est devenu évident qu'il n'était pas nécessaire que tous les composés organiques soient associés à des organismes vivants. Au milieu des années 1850, on a compris que le facteur commun à tous les composés organiques était le carbone. Maintenant, les chimistes disent simplement que les composés organiques sont ceux qui contiennent du carbone.

### **C30S-5-02**

**Déterminer l'origine et les principales sources des hydrocarbures et d'autres composés organiques, entre autres les sources naturelles et les sources synthétiques;**

### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple, les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

#### **Connaissances du niveau d'entrée**

Dans le cours de sciences de la 7<sup>e</sup> année, les élèves ont parlé de la formation des combustibles fossiles.

#### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Beaucoup de manuels contiennent des renseignements sur l'origine des hydrocarbures et sur leurs principales sources. Il faut rappeler aux élèves, à la faveur de la révision, que les hydrocarbures naturels ont résulté de la décomposition d'animaux et de végétaux préhistoriques. Les combustibles hydrocarbonés issus de la compaction de matières organiques sont généralement appelés « combustibles fossiles » ou produits pétroliers. Le mot « pétrole » est dérivé des mots latins « petra » et « oleum » signifiant respectivement « roche » et « huile ».

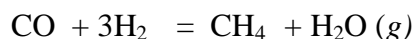
Il convient d'expliquer aux élèves le processus de raffinage du pétrole brut. C'est là un vaste sujet dont l'étude risque facilement de devenir ingérable. Il importe que les élèves connaissent le principe général de la distillation fractionnée et la façon dont on procède au « craquage » du pétrole brut pour en faire des produits pétroliers plus légers et ayant une chaîne moléculaire plus petite.

L'autre catégorie de produits pétroliers comprend ceux qui sont fabriqués par des moyens synthétiques. Les hydrocarbures synthétiques sont construits à partir d'un composé pétrochimique auquel on ajoute des éléments pour créer ainsi des hydrocarbures dont la chaîne moléculaire est plus longue.

De nombreux produits synthétiques sont plus stables à températures plus élevées et sont très insolubles, ce qui en fait d'excellents lubrifiants. Il existe de nombreuses méthodes brevetées de fabriquer des produits s'assimilant au pétrole. Nous en donnons ici quelques exemples.

*Syntroleum*<sup>TM</sup> est un procédé breveté pour convertir le gaz naturel en des hydrocarbures liquides synthétiques ayant des propriétés des combustibles et des lubrifiants.

Un brevet russe décrit la production de substances synthétiques. On recourt à un champ statique et à la lumière ultraviolette pour catalyser les réactions suivantes.



L'acétylène réagit avec l'hydrogène pour produire un certain nombre d'hydrocarbures saturés et insaturés qui se transforment en un mélange s'apparentant au pétrole en se condensant.

La matière extraite des sables bitumineux de l'Alberta s'appelle bitume. Dans le processus d'extraction, on craque le bitume complexe, dont la chaîne moléculaire est plus longue, pour faire du pétrole brut synthétique. Le site Web suivant fournit d'autres renseignements sur le processus.

[http://www.oilsandsdiscovery.com/oil\\_sands\\_story/upgrade.html](http://www.oilsandsdiscovery.com/oil_sands_story/upgrade.html)

#### **Activité de recherche**

1) Demandez aux élèves de mener des recherches sur les producteurs mondiaux de pétrole brut et sur leur capacité de production quotidienne en barils de pétrole. Il convient aussi que les élèves fassent des recherches sur la production canadienne de pétrole brut et sur la consommation projetée de pétrole en Amérique du Nord et dans le reste du monde.

2) Demandez aux élèves de se renseigner sur les caractéristiques publiées des huiles synthétiques et de les comparer à celles des produits naturels du pétrole brut.

#### **Prendre des décisions dans le contexte STSE**

Encouragez les élèves et leur famille à relever le « Défi d'une tonne » lancé par le gouvernement du Canada. Cette activité ferait complément aux données sur la consommation mondiale de pétrole brut et sur la date où l'on prévoit que la production de pétrole brut cessera.

<http://oee.nrcan.gc.ca/clubducalendrier/uneTonne/uneTonne.cfm>

Le site Web suivant offre une histoire détaillée de la mise au point de produits synthétiques, racontée du point de vue d'un grand producteur, *SynLube*<sup>TM</sup>.

<http://www.synlube.com/synthetic.htm>

#### **C30S-5-03**

**Décrire les caractéristiques structurales du carbone, entre autres les caractéristiques des liaisons de l'atome de carbone dans les hydrocarbures (liaison simple, liaison double, liaison triple);**

#### **C30S-5-04**

**Comparer la structure moléculaire des alcanes, des alcènes et des alcynes, entre autres les tendances relatives au point de fusion et au point d'ébullition des alcanes seulement;**

#### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**  
*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

#### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

### Connaissances du niveau d'entrée

Dans le cours de sciences du secondaire I, les élèves ont appris ce qu'étaient les éléments du tableau périodique. Ils ont aussi dessiné des modèles de Bohr pour illustrer les atomes, y compris les atomes de carbone. Ils ont aussi appris ce qu'étaient la périodicité, la capacité combinatoire des éléments et les caractéristiques des éléments communs, y compris le carbone (Secondaire II, S2-2-01). En secondaire II (S2-2-02), les élèves ont appris à utiliser les structures de Lewis pour illustrer la capacité combinatoire d'un atome de former des liaisons ioniques et covalentes.

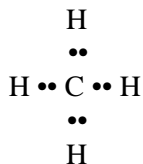
Il est fort probable que l'on aura abordé en secondaire II (S20-2-07) la synthèse et la décomposition de composés organiques simples tels que le méthane et le propane.

### Notes à l'intention de l'enseignant

Pendant la récapitulation des connaissances antérieures, il convient de rappeler aux élèves qu'en raison de sa position dans le tableau périodique, le carbone a quatre électrons de valence pouvant servir à former des liaisons chimiques. Comme le carbone est un métalloïde, il favorise des liaisons covalentes par le partage de quatre électrons.



Ces quatre électrons de valence se lient facilement à quatre atomes d'hydrogène pour former la molécule organique la plus simple, soit celle du méthane.



Notez qu'il y a huit électrons autour de l'atome de carbone, ce qui donne un octet complet. Les points doubles qui représentent deux électrons, ou une paire d'électrons, seront désormais remplacés par une seule ligne de liaison covalente.

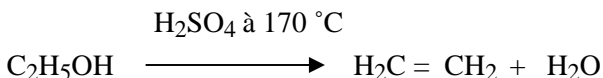
### Fabrication du méthane en laboratoire

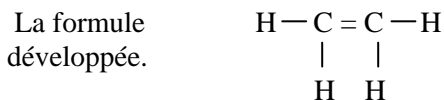
Il vaut mieux faire cette expérience sous la forme d'une démonstration exécutée par l'enseignant ou par un groupe choisi d'élèves supervisés par l'enseignant.

Mettez environ un gramme d'acétate de sodium anhydre et deux grammes de chaux sodée dans une grande éprouvette et mélangez bien. Le mélange est chauffé, et le gaz est recueilli par le déplacement d'eau. Si l'on recueille deux éprouvettes de méthane, on peut observer les propriétés physiques et l'inflammabilité du gaz.

### Notes à l'intention de l'enseignant

La réaction de l'acide sulfurique à 170 °C avec un alcool comportant un hydrocarbure à liaison simple tel que le C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH dégagera de l'eau, et l'on obtiendra C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ou H<sub>2</sub>C = CH<sub>2</sub>. L'acide agit comme un catalyseur conformément à la réaction suivante .





Les élèves connaîtront la structure d'une liaison covalente triple s'ils ont parlé du gaz d'azote en secondaire II. Pour que l'octet demeure stable, les atomes d'azote se partagent trois paires d'électrons.  $:\text{N} \equiv \text{N}:$

On peut ensuite établir une relation entre cette structure et une liaison semblable trouvée dans un alcyne.. Le premier terme de cette série est l'éthyne, ou ce que l'on appelle communément l'acétylène ( $\text{CH} \equiv \text{CH}$ ). Les élèves doivent noter qu'il y a encore quatre liens avec chaque atome de carbone et que l'octet d'électrons est toujours intact.

### Fabrication d'acétylène en laboratoire

Il vaut mieux faire cette expérience sous la forme d'une démonstration exécutée par l'enseignant ou par un groupe choisi d'élèves supervisés par l'enseignant.

Deux grosses éprouvettes sont remplies d'eau et renversées dans une cuve également remplie d'eau. On met dans la cuve un morceau de carbure de calcium, puis on le couvre rapidement avec une des éprouvettes remplies d'eau. On capte le gaz grâce au déplacement d'eau. On peut recueillir plusieurs éprouvettes de gaz de cette façon. Une fois les éprouvettes remplies de gaz, on peut les fermer avec un bouchon et les retirer de la cuve pour faire des tests. Vérifiez l'inflammabilité du gaz avec une tige brûlante. Pour la fabrication d'acétylène, la réaction est la suivante :



On mènera une discussion plus approfondie sur les trois séries d'alcane, d'alcènes et d'alcynes dans le cadre des résultats d'apprentissage C30S-5-05, C30S-5-09 et C30S-5-12.

Les manuels indiquent d'habitude certaines des propriétés physiques d'au moins les deux premières séries d'hydrocarbures, les alcanes et les alcènes. Certaines données ont été fournies.

Nom	Formule	PF °C	PE °C	État
Méthane	$\text{CH}_4$	-182,6	-161,4	Gazeux
Éthane	$\text{C}_2\text{H}_6$	-172,0	-88,3	Gazeux
Propane	$\text{C}_3\text{H}_8$	-187,1	-44,5	Gazeux
n-butane	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	-135,0	-0,5	Gazeux
n-pentane	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	-129,7	36,2	Liquide
n-hexane	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	-94,0	69	Liquide
n-heptane	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	-90,5	98,4	Liquide
n-octadécane	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	28	308	Solide

Les élèves doivent voir que le PF et le PE sont proportionnels à la masse molaire ou à la longueur de la chaîne moléculaire des hydrocarbures. On ne s'attend pas à ce qu'ils mémorisent les données, mais ils doivent se rappeler les tendances générales.

### C30S-5-05

**Distinguer les hydrocarbures saturés des hydrocarbures insaturés;**

### **C30S-5-06**

**Nommer, dessiner et construire un modèle moléculaire des dix premiers alcanes, entre autres, la nomenclature de l'UICPA, la formule développée, la formule moléculaire, la formule générale  $C_nH_{(2n+2)}$ ;**

### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Autant que possible, il faut permettre aux élèves de travailler avec des maquettes d'atomes grâce auxquelles ils pourront voir l'organisation structurale des atomes, à mesure qu'ils construiront chaque structure successive dans la série des alcanes. L'utilisation d'autres éléments tels que des guimauves et des cure-dents pour créer la série des alcanes risque de donner aux élèves une fausse impression au sujet de la structure tridimensionnelle réelle. S'il n'y a pas assez de maquettes pour tous les élèves, il devrait y en avoir au moins une pour que l'enseignant puisse montrer à quoi ressemblent des structures correctes.

### **Activité**

Nous rappelons à l'enseignant que les activités décrites dans le présent document ne sont que des propositions. Il est censé employer tout le matériel dont il dispose pour présenter les concepts efficacement.

L'enseignant remet aux équipes de deux élèves un certain nombre de maquettes d'atome de carbone noir, chacune ayant quatre trous pour les liaisons avec d'autres atomes de carbone. Il leur remet aussi des atomes d'hydrogène blancs ayant un trou pour la liaison avec les atomes de carbone.

Une fois que les élèves ont appris à relier soigneusement les atomes ensemble, on doit leur permettre de construire des molécules de la série des alcanes. Beaucoup d'élèves connaîtront les préfixes latins désignant le nombre d'atomes de carbone : meth, eth, prop, but, pent, hex, hept, oct, non, dec. Il faut demander aux élèves de se servir de la formule générale pour calculer le nombre d'atomes d'hydrogène nécessaires pour un nombre donné d'atomes de carbone.

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Les élèves doivent pouvoir dessiner au moins les dix premiers alcanes. Ils doivent aussi pouvoir nommer les composés, à partir de la formule moléculaire ou de la formule développée. Ils doivent en outre connaître la formule générale des alcanes et la nomenclature de l'UICPA (Union internationale de chimie pure et appliquée). L'enseignant se rappellera qu'il y a d'autres méthodes pour nommer les composés organiques (ex. : le nom commun, le nom dérivé). Il faut expliquer aux élèves que le système de l'UICPA a été adopté pour permettre aux scientifiques de dialoguer au sujet des composés organiques, en employant un vocabulaire commun. Quelques

pages Web exposent les règles de nomenclature courantes. Elles fournissent d'autres renseignements et des exemples sur la désignation des composés organiques.

<http://www.cem.msu.edu/~reusch/VirtualText/nomen1.htm>  
<http://people.ouc.bc.ca/woodcock/nomenclature/nom-r.htm>

Il faut expliquer aux élèves les diverses utilisations des termes de cette série homologue.

Le système d'appellation des composés organiques de l'UICPA permet aux scientifiques de nommer des molécules ramifiées très complexes. La présente introduction à la chimie organique n'a pas pour objet de surcharger les élèves en leur présentant des structures complexes. Dans l'énoncé du résultat d'apprentissage, on précise qu'il ne faut utiliser que les chaînes moléculaires latérales du méthyle et de l'éthyle avec une chaîne moléculaire principale comptant au maximum six atomes de carbone.

Ex. : méthylpropane  
diméthylpropane  
2-méthylbutane  
2,2,3,4-tétraméthylpentane.

Les règles de nomenclature générales de l'UICPA sont les suivantes :

1. Trouver et nommer la plus longue chaîne moléculaire continue du carbone.
2. Identifier et nommer les groupes liés à cette chaîne.
3. Numéroter les chaînes consécutivement, en commençant par l'extrémité la plus proche d'un groupe substituant.
4. Désigner l'emplacement de chaque substituant avec un nombre et un nom appropriés.
5. Une ancienne règle exigeait que la somme des nombres soit aussi petite que possible. Cependant, en vertu d'une règle relativement nouvelle, il faut utiliser le premier nombre le plus bas; donc, on emploierait 1,1,3- plutôt que 1,2,2- et 1,1,3,4- au lieu de 1,2,2,3-. (Cela s'appliquerait aux groupes fonctionnels, mais non aux alcanes ramifiés, car en désignant un groupe ramifié avec un 1, on allongerait la chaîne moléculaire parente.)
6. Assembler le nom, en énumérant les groupes dans l'ordre alphabétique. Les préfixes di, tri, tétra, etc. que l'on emploie pour désigner plusieurs groupes de la même sorte ne sont pas pris en compte dans l'ordre alphabétique.

Ex. : 3-éthyl-2,2-diméthylpentane.

### **Stratégies d'évaluation suggérées**

#### Devoirs avec papier et crayon

Les élèves doivent pouvoir rédiger la bonne formule, s'ils connaissent le nom d'un alcane ramifié avec une chaîne moléculaire parente d'au plus six atomes de carbone, et produire le nom, à partir de la formule développée ou de la formule moléculaire.

#### **C30S-5-07**

**Nommer, dessiner et construire un modèle moléculaire d'alcane ramifiés, entre autres la chaîne principale, le groupe éthyle, le groupe méthyle et la nomenclature de l'UICPA.**

### Connaissances du niveau d'entrée

Aucune connaissance d'entrée, en dehors des connaissances que les élèves possèdent déjà sur la nomenclature de l'UICPA concernant les composés organiques.

### Notes à l'intention de l'enseignant

#### Activité

Les élèves doivent construire ces molécules en utilisant les mêmes modèles que dans le cadre du résultat d'apprentissage antérieur.

Les isomères structuraux sont des composés ayant la même formule moléculaire ( $C_5H_{12}$ ), mais des formules développées différentes. Exemples :

n-pentane  $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

2-méthylbutane  $CH_3\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}CH_2CH_3$

2,2-diméthylpropane  $CH_3\overset{\substack{CH_3 \\ |}}{\underset{\substack{| \\ CH_3}}{C}}CH_3$

Les isomères structuraux auront la même masse molaire, mais des propriétés physiques et chimiques différentes.

Le nombre d'isomères qui sont possibles relativement à une formule moléculaire donnée augmente rapidement en fonction du nombre d'atomes de carbone.

Nombre d'atomes de carbone	Nombre d'isomères
4	2
5	3
6	5
10	75
40	62 491 178 805 831

Demandez aux élèves de dessiner toutes les structures possibles de l'heptane ( $C_7H_{16}$ ). Voilà qui les tiendra certainement occupés pendant un moment!

Il y a d'autres sortes d'isomérisation, mais nous n'en parlerons pas dans le présent cours.

#### C30S-5-08

**Nommer, dessiner et construire un modèle moléculaire des isomères des alcanes ayant jusqu'à six atomes de carbone;**

#### S3C-0-U1

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

#### **Connaissances du niveau d'entrée**

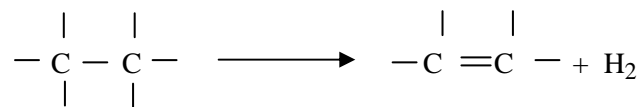
La formation des combustibles fossiles a été abordée en détail dans le cours de sciences de la 7<sup>e</sup> année. Les élèves n'ont peut-être pas appris grand-chose au sujet du craquage, mais il se peut qu'ils sachent à quoi il sert dans le raffinage des produits pétroliers.

#### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Nous rappelons à l'enseignant que les processus chimiques faisant intervenir les composés organiques ne sont pas simples. C'est notamment le cas de la « transformation » des alcanes en alcènes, et inversement. Toutefois, c'est là une démarche logique pour présenter la prochaine famille homologue d'alcènes (oléfines).

Les alcanes à courte chaîne moléculaire se trouvent dans le pétrole brut, avant qu'il subisse le craquage, parfois appelé distillation fractionnée ou « pyrolyse ». Ce mot est issu des racines grecques « *pyr* » et « *lysis* » signifiant, respectivement « feu » et « desserrement ». Pour les chimistes, le mot signifie « clivage par la chaleur ».

Pendant la pyrolyse du pétrole brut, des alcènes à courte chaîne moléculaire sont produits. À ce stade-ci, l'enseignant peut montrer comment une liaison multiple se forme quand on enlève l'hydrogène. Chaque atome de carbone conserve encore un octet.



#### **Renseignements pour l'enseignant**

La pyrolyse des alcanes, dans le pétrole, s'appelle « craquage ».

Lors du craquage thermique, les alcanes passent tout simplement dans une chambre de réaction à température élevée. Les grandes chaînes moléculaires des alcanes sont converties en molécules plus petites et en hydrogène. Ce procédé produit surtout de l'éthylène. Comme de l'hydrogène est engendré ou enlevé pendant la réaction, on appelle aussi le procédé « déshydrogénation ». Le craquage à la vapeur est un procédé pendant lequel les hydrocarbures sont dilués avec de la vapeur et portés instantanément à une température de 700 à 900 °C. Ce procédé engendre l'éthylène, le propylène et un certain nombre de « diènes » importants.

Il est intéressant de constater que le n-butane se déshydrogène en présence d'une haute température et d'un catalyseur pour former un mélange de 1-butène et de 2-butène.

#### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Les élèves doivent comprendre que la conversion des alcanes en alcènes suppose un processus complexe qui engendre un certain nombre de produits différents.



### Connaissances du niveau d'entrée

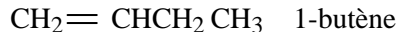
Les élèves ont abordé sommairement la question des alcènes dans le cadre du résultat d'apprentissage C30S-5-04; ils ont alors fait une brève comparaison pour cerner les différences quant à la structure et aux propriétés physiques relatives. Ils ont aussi dessiné des termes des séries homologues d'alcanes ainsi que des alcanes ramifiés et des isomères. Ils sont maintenant censés comprendre les différences entre la formule moléculaire, la formule développée et la formule développée condensée.

### Notes à l'intention de l'enseignant

Il faut signaler aux élèves que le premier terme de cette série doit être une molécule de deux atomes de carbone, l'éthène.

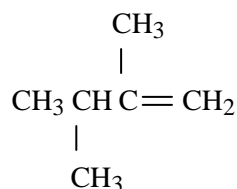
Étant donné la formule générale  $C_nH_{2n}$ , les élèves doivent comprendre que le nombre d'atomes d'hydrogène est le double de celui des atomes de carbone. En outre, chaque terme de cette série comportera une liaison double. Les élèves doivent d'abord dessiner la formule développée, pour pouvoir plus facilement voir l'octet de chaque atome de carbone. La double liaison réduit aussi le nombre d'atomes d'hydrogène associés aux atomes de carbone reliés à ladite liaison. Les élèves doivent utiliser les maquettes d'atomes pour créer des exemples de molécules, dans le cadre de ce résultat d'apprentissage.

À mesure que les élèves dessinent et construisent des molécules d'éthène et de propène, etc., ils en viennent à discerner la structure des composés et la position des atomes d'hydrogène autour de la molécule. Quand ils parviennent à l'étude du butène, l'enseignant doit leur montrer les deux isomères possibles.



Si les élèves ont compris le concept de la numérotation des alcanes ramifiés, ils comprendront la nécessité de désigner la position de la liaison double et de proposer correctement les noms des deux isomères. Rappelez aux élèves que la numérotation peut commencer à partir de l'une ou l'autre des extrémités de la molécule, de sorte que la structure  $CH_3CH_2CH=CH_2$  est encore celle du 1-butène.

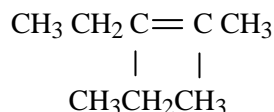
Ici encore, le texte du résultat d'apprentissage précise qu'il faut utiliser des chaînes moléculaires principales d'au plus six atomes de carbone. Les molécules deviendront suffisamment complexes une fois que les élèves commenceront à ajouter des ramifications. Le texte du résultat limite aussi les chaînes latérales aux groupes méthyle et éthyle. Dans le cours de chimie du secondaire III, il ne sert à rien de surcharger les élèves avec des chaînes latérales complexes comme celles de l'isopropyle! Comme les élèves ont déjà appris à ramifier les chaînes latérales des alcanes, les alcènes doivent être plus simples. Il faut informer les élèves que la liaison double est toujours numérotée d'abord, de manière à être désignée par le nombre le plus petit.



Rappelez aux élèves que la formule générale doit toujours fonctionner. En

l'occurrence, c'est C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>

Cette molécule est appelée 2,3-diméthyle-1-butène. La numérotation de la chaîne principale se fait de droite à gauche, de manière que la liaison multiple soit rattachée au premier atome de carbone plutôt qu'au troisième.



(C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>)

Désignation : 3-éthyle-2-méthyle-2-pentène

#### REMARQUE

On voit que toutes les liaisons sont attachées aux atomes de carbone.

#### Devoirs avec papier et crayon

Les élèves doivent pouvoir rédiger la formule exacte à partir du nom de l'alcène et, inversement, dessiner la formule développée condensée à partir du nom. Ils doivent aussi pouvoir dessiner et nommer des alcènes ramifiés comportant une chaîne principale d'au plus six atomes de carbone.

Nous rappelons à l'enseignant qu'il est facile d'inventer des noms auxquels il est impossible de faire correspondre une structure. Rédigez toujours la structure correspondant à un nom donné, avant de fournir des exemples ou de poser des questions-tests aux élèves.

#### **C30S-5-10**

**Nommer, dessiner et construire un modèle moléculaire d'alcènes et d'alcènes ramifiés, entre autres les groupes éthyle et méthyle, la nomenclature de l'UICPA, la formule développée, la formule moléculaire et la formule générale C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>;**

#### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

#### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines;**

#### **S3C-0-D4**

**Recommander une option et justifier son choix;**

#### **S3C-0-D5**

**Réfléchir au processus ayant servi à prendre une décision relative à un enjeu STSE.**

### **Connaissances du niveau d'entrée**

Les élèves auront sans doute entendu le terme « polyinsaturé » dans les contextes de la nutrition, des régimes alimentaires ou de la santé. Beaucoup devraient avoir entendu la nouvelle expression à la mode fortement utilisée dans les médias : acides gras trans.

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Il n'est pas nécessaire que les élèves comprennent toutes les complexités des structures cis-Vs-trans des alcènes. Il suffit de dire que les acides gras trans se forment quand les fabricants ajoutent de l'hydrogène aux composés insaturés pour former des structures saturées. Les fabricants ont constaté que l'hydrogénation des huiles végétales comporte de nombreux avantages économiques, dont les suivants : le processus prolonge la durée de conservation, accroît la stabilité des saveurs du produit, solidifie le produit et réduit le risque de rancidité.

### **Renseignements pour l'enseignant**

Il existe beaucoup de renseignements sur ce sujet d'actualité. Les sites Web indiqués ci-après décrivent plus en détail les acides gras trans, au cas où les élèves s'intéresseraient à la question et s'il reste du temps.

<http://www.macleans.ca>

<http://www.uoguelph.ca/~bholub/trans.html>

<http://my.webmd.com/content/article/71/81217.htm>

[http://www.fda.gov/fdac/features/2003/503\\_fats.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2003/503_fats.html)

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Pour employer une analogie non scientifique, disons que tout ce qui est saturé ne peut plus absorber quoi que ce soit d'autre. Donc, un alcane ne peut plus retenir plus d'atomes de carbone, tandis qu'un alcène peut ajouter de l'hydrogène à la double liaison. Les élèves doivent pouvoir illustrer par un dessin la différence entre un alcène insaturé et un alcane saturé. Dans le cadre du résultat C30S-5-08, on a montré aux élèves comment les alcanes peuvent être convertis en alcènes, et vice-versa.

### Inscription dans le journal scientifique personnel

Nous avons proposé quelques thèmes de discussion sur l'obésité, les acides gras trans et la santé des Canadiennes et des Canadiens. Il faut demander aux élèves de réfléchir à ces thèmes ou d'exprimer des opinions dans leur journal. Si les élèves s'intéressent particulièrement au thème de l'obésité, l'enseignant peut toujours demander aux élèves de s'interroger sur la question et de décider ce qu'il serait possible de faire pour réduire les effets de l'obésité sur les générations à venir.

- Comment le secteur manufacturier utilise-t-il les acides gras trans pour vendre ses produits?
- Dans quelle mesure consomme-t-on ces acides gras aujourd'hui?
- L'obésité fait-elle problème actuellement dans la société?
- Y a-t-il une solution au problème de l'obésité?
- Quel effet l'obésité aura-t-elle sur les générations à venir?

### Devoirs avec papier et crayon

Les élèves doivent pouvoir montrer comment la conversion d'un alcane en alcène produit un composé insaturé. Toute évaluation qui résultera de la discussion sur les acides gras trans et sur les thèmes connexes dépendra de l'enseignant et du temps que l'on aura pris pour la discussion.

### **C30S-5-11**

**Donner une description sommaire de la transformation des alcènes en alcynes, et des alcynes en alcènes, entre autres la déshydrogénation/l'hydrogénation, les modèles moléculaires;**

### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

### **Connaissances du niveau d'entrée**

Les élèves connaissent maintenant la structure des alcanes et des alcènes, ainsi que les processus de transformation que sont la déshydrogénation et l'hydrogénation. Ils doivent aussi connaître l'organisation des électrons autour de l'atome de carbone dans les liaisons simples et doubles. Ils se rappelleront sans doute qu'en secondaire II, en ce qui concerne l'azote, ils ont assisté au partage d'électrons dans la molécule diatomique d'azote, partage qui établit un octet stable d'électrons pour chaque atome d'azote.



Les élèves ne devraient pas se surprendre beaucoup d'apprendre que les liaisons triples se produisent aussi dans les composés organiques.

### **Renseignements pour l'enseignant**

Les renseignements suivants sont destinés à renseigner l'enseignant, mais celui-ci voudra peut-être transmettre une partie de ces données historiques aux élèves.

L'acétylène, premier terme de cette nouvelle série homologue d'hydrocarbures, est très important dans les secteurs de la fabrication et de la construction, car on s'en sert dans le soudage oxyacétylénique. D'énormes quantités de ce gaz sont utilisées chaque année. Il est dissous sous pression dans l'acétone contenue dans des bonbonnes, et il est vendu comme combustible de soudage. C'est aussi la matière organique de base pour la synthèse à grande échelle d'un certain nombre d'importants composés organiques, y compris l'acide acétique et divers composés insaturés utilisés dans la fabrication de plastiques et de caoutchouc synthétique.

Edmund Davy a découvert l'acétylène en 1836, et la plupart des recherches ont été menées par Berthelot, mais il a fallu que le chimiste français F.F.H. Moisson invente la fournaise électrique et réussisse à produire du carbure de calcium à grande échelle pour que l'acétylène devienne un important produit chimique industriel. Bon nombre des utilisations synthétiques de l'acétylène sont issues du travail que l'Allemagne a fait avant, pendant et après la Deuxième Guerre

mondiale, sous la direction de W. Reppe. Les recherches sur ce composé ont été accélérées parce que l'Allemagne manquait de sources de pétrole brut. Celle-ci espérait pouvoir remplacer le pétrole par ce composé, en tant que combustible. La majeure partie des recherches effectuées ont révolutionné la chimie industrielle de l'acétylène.

### Démonstration par l'enseignant

#### Feux d'artifices sous-marins

Des bulles de chlore sont injectées dans un cylindre gradué dans lequel de l'acétylène gazeux est aussi produit. Quand les bulles des deux gaz entrent en collision, ceux-ci s'enflamment et produisent des résultats éclatants. Voir la description complète de la procédure à l'**annexe 2**.

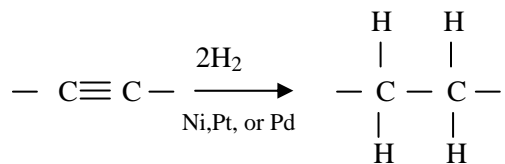
### Notes à l'intention de l'enseignant

On peut fabriquer l'acétylène en faisant réagir de l'eau avec le carbure de calcium ( $\text{CaC}_2$ ). Ce composé est fabriqué au moyen de la simple réaction de l'oxyde de calcium avec du charbon, à des températures élevées. Une autre synthèse repose sur l'oxydation partielle du méthane à haute température.



(L'enseignant se rappellera que, comme c'était le cas de la préparation des alcènes supérieurs, les alcynes supérieurs sont fabriqués par la déshydrohalogénéation des halogénures d'alkyle.)

Le processus inverse est beaucoup moins complexe. On peut facilement convertir un alcyne en un alcane.



L'hydrogénation dans des conditions différentes produit un alcène; toutefois, deux formes de l'alcène sont produites, soit les formes cis et trans.

### Stratégies d'évaluation suggérées

Il s'agit ici d'un sujet assez complexe. Il ne faut pas s'attendre à ce que les élèves mémorisent les transformations, mais plutôt à ce qu'ils se rendent compte de la complexité des composés organiques et de leurs réactions.

Toute évaluation résultant de la discussion sur l'évolution historique des alcynes et sur les thèmes connexes dépendra de l'enseignant et du temps que la classe aura consacré à la discussion.

### C30S-5-12

**Nommer, dessiner et construire un modèle moléculaire d'alcynes et d'alcynes ramifiés, entre autres les groupes éthyle et méthyle, la nomenclature de l'UICPA, la formule développée, la formule moléculaire, la formule générale  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ;**

### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

#### **Connaissances du niveau d'entrée**

Les élèves ont appris ce qu'étaient les alcynes dans le cadre du résultat d'apprentissage C30S-5-04; on a alors fait une brève comparaison pour cerner les différences quant à la structure et aux propriétés physiques relatives. Les élèves ont aussi dessiné des termes des séries homologues des alcanes et des alcènes, ainsi que des structures ramifiées et des isomères. Ils comprennent aussi sans doute les différences entre la formule moléculaire, la formule développée et la formule développée condensée.

#### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Il faut signaler aux élèves que le premier terme de cette série doit être l'éthyne, molécule à deux atomes de carbone, communément appelée acétylène.

Étant donné la formule générale  $C_nH_{2n-2}$ , les élèves devraient comprendre que le nombre d'atomes d'hydrogène est inférieur de deux à ce qui est le cas d'un alcène. En outre, chaque terme de la série contient une triple liaison. Les élèves doivent d'abord dessiner la formule développée, de manière à voir plus facilement l'octet de chaque atome de carbone. La liaison triple réduit aussi le nombre d'atomes d'hydrogène liés aux atomes de carbone raccordés à la liaison double. Les élèves doivent utiliser la trousse de construction de maquettes atomiques pour créer des exemples de molécules dans le contexte de ce résultat d'apprentissage.

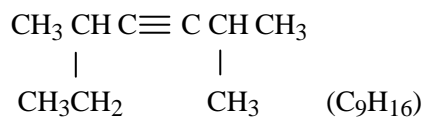
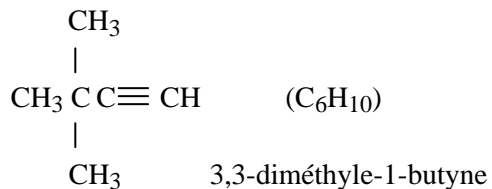
En dessinant et en construisant la molécule d'éthyne, de propyne, etc., les élèves percevront la nature de la structure des composés et la position des atomes d'hydrogène autour de la molécule. Quand ils parviendront à la butyne, ils comprendront que, comme dans le butène, elle a deux isomères distincts ayant des noms différents.

Les élèves doivent pouvoir nommer les alcynes, y compris les chaînes moléculaires principales comportant six atomes de carbone : éthyne, propyne, butyne, pentyne et hexyne.

Les élèves savent déjà ce que sont les alcanes et les alcènes ramifiés, de sorte que le remplacement de la liaison double par une liaison triple ne devrait présenter aucune difficulté, pourvu qu'ils aient soigneusement appris le système d'appellation jusqu'à ce stade-ci.

L'enseignant doit noter qu'il ne doit pas aborder la question des composés mélangés à double et à triple liaison, non plus que le concept des diènes, des triènes, des diyènes et des triyènes.

Nous avons fourni plusieurs exemples pour illustrer la désignation (appellation) des alcynes ramifiés.



Bien sûr, celle-ci est quelque peu trompeuse, car la chaîne parente la plus longue est 7, de sorte que le nom correct est :

2,5-diméthyle-3-heptyne.

Il faut rappeler aux élèves que, dans un espace tridimensionnel, les molécules ont une toute autre allure. C'est là un autre argument favorisant l'utilisation par les élèves des maquettes moléculaires qui leur permettent de voir concrètement la configuration tridimensionnelle des molécules organiques ramifiées.

### **Stratégies d'évaluation suggérées**

Les enseignants qui ont fait de la chimie organique comprennent clairement que la désignation des composés organiques risque facilement de devenir complexe. Ils doivent essayer de rendre aussi positive que possible cette brève introduction à la chimie organique. Autant que nous sachions, les élèves forts « avalent » d'habitude cette matière; par conséquent, nous proposons de les mettre au défi sur des feuilles de travail : demandez à ces élèves de nommer et de dessiner des structures plus complexes, tout en précisant bien qu'il s'agit là d'un devoir facultatif.

#### Devoirs avec papier et crayon

Les élèves doivent pouvoir donner le nom correct de divers alcynes et alcynes ramifiés, à partir de la formule développée condensée et, inversement, dessiner une molécule à partir de son nom.

#### Test en laboratoire

Si l'enseignant dispose d'une trousse de construction de maquettes atomiques, une excellente façon de passer en revue les séries homologues d'hydrocarbures étudiées jusqu'ici consiste à organiser un test en laboratoire.

L'enseignant construit diverses molécules dans le laboratoire, et les élèves ont quelques minutes pour identifier la structure de chacune et en écrire le nom correct, avant de passer à la suivante.

#### Inscription dans le journal scientifique personnel

Demandez aux élèves de décrire leurs impressions sur la chimie organique. Ils voudront peut-être aussi parler du nombre de composés.

### **C30S-5-13**

**Comparer la structure des hydrocarbures aromatiques avec celle des hydrocarbures aliphatiques, entre autres les modèles moléculaires;**

### S3C-0-U1

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### S3C-0-R1

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

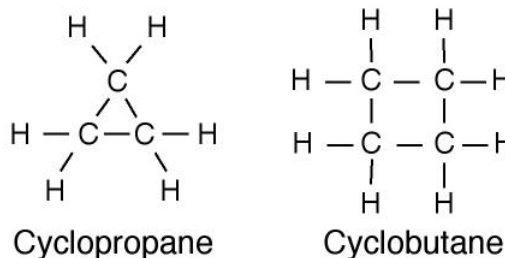
#### Connaissances du niveau d'entrée

En dehors du fait qu'ils connaîtront le sens non organique du mot « aromatique », les élèves n'auront aucune idée de ce que sont les hydrocarbures aromatiques. Certains élèves devraient savoir que les substances aromatiques dégagent une odeur forte. En fait, c'est cette description qui, à l'origine, a distingué ces dernières des substances aliphatiques parentes.

#### Notes à l'intention de l'enseignant

Comme nous l'avons déjà dit, le mot « aromatique » a désigné à l'origine l'odeur plaisante de nombreux composés naturels. Le benzène et ses dérivés ont été produits à partir de divers baumes et résines odorants. Le mot « aliphatique » s'appliquait quant à lui aux substances dérivées d'acides gras (du grec, *aleiphatos*, qui veut dire « gras »). Ces noms ont donné lieu à deux branches de la chimie organique, soit celles des substances aliphatiques et des substances aromatiques.

Le mot « aromatique » est associé au benzène et à ses dérivés, tandis que le terme « aliphatique » désigne essentiellement des composés à chaîne ouverte, exception faite de certains composés aliphatiques cycliques tels que le cyclopropane et le cyclopentane, illustrés ci-contre.



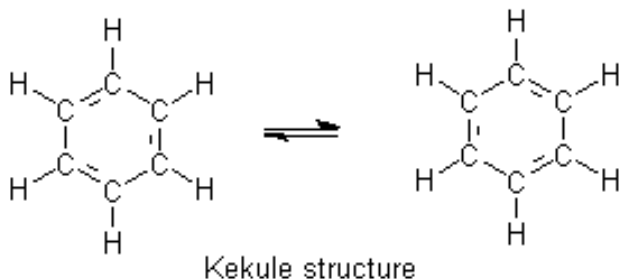
Les composés aliphatiques et aromatiques sont semblables, en ce sens que ce sont des hydrocarbures contenant des atomes d'hydrogène attachés à des atomes de carbone et qu'ils respectent la tétravalence du carbone. Les deux groupes de composés sont généralement inflammables et ils ont des points d'ébullition relativement bas.

Toutefois, les composés de benzène insaturés, mis à part le fait qu'ils ont une structure différente, ne réagissent pas de la même manière que les oléfines aliphatiques.

La découverte du benzène et de sa structure a marqué une étape à la fois intéressante et importante dans l'histoire de la chimie organique. Michael Faraday a isolé cette substance remarquable pour la première fois en 1825. Il l'a découverte dans le condensat huileux qui se formait dans les conduites de gaz d'éclairage de Londres, en Angleterre. Faraday a établi sa formule empirique comme étant CH et a appelé la substance « hydrogène carburé ». En 1834, Mitscherlich a arrêté la formule moléculaire réelle (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), en chauffant du baume benjoin avec de la chaux. La définition de la formule développée de ce composé a présenté un défi beaucoup plus grand que celle d'autres composés organiques. Sa formule moléculaire donnait à penser que c'était une substance insaturée, mais elle ne réagissait pas comme d'autres hydrocarbures insaturés. En fait, elle était remarquablement stable! Il fallut attendre 1865 pour que le chimiste

allemand Kekulé propose une structure qui expliquait le comportement chimique de la substance. Il a proposé une structure hexagonale cyclique de six atomes de carbone avec des liaisons doubles et simples alternées. Chaque atome de carbone n'était lié qu'à un seul atome d'hydrogène.

Après d'autres expériences menées par d'autres scientifiques, Kekulé a modifié sa structure pour tenir compte d'autres éléments d'information. Dans le diagramme, les liaisons doubles se situent entre les atomes de carbone 2 et 3. Il a soutenu que les liaisons doubles oscillaient ou résonnaient entre les atomes de carbone 2 et 1. De même, les autres liaisons doubles résonneraient entre les autres atomes de carbone, comme le diagramme suivant l'illustre.



Ces deux structures d'égale énergie sont appelées « hybrides de résonance ». La structure réelle se situe, croit-on, quelque part entre ces deux structures que l'on peut représenter simplement de la façon suivante :

Structure de Kekulé

On peut simplifier ces diagrammes pour n'en faire qu'un représentant les deux hybrides de résonance.

Pour en savoir plus sur Kekulé :

<http://www.rod.beavon.clara.net/kekule.htm>

### Comptes rendus de recherche

S'il y a suffisamment de temps, demandez aux élèves de faire des recherches et un compte rendu sur le travail que Kekulé et d'autres scientifiques ont fait pour définir la structure du benzène. Ils pourront ensuite présenter le fruit de leurs recherches sous la forme :

- de comptes rendus écrits;
- d'exposés oraux;
- de tableaux d'information.

### C30S-5-14

**Décrire des utilisations pratiques des hydrocarbures aromatiques,**

*par exemple les diphényles polychlorés, la caféine, les stéroïdes, les solvants organiques (toluène, xylène);*

### S3C-0-U1

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### S3C-0-R1

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

### Connaissances du niveau d'entrée

Il est fort peu probable que les élèves aient quelque connaissance que ce soit sur les utilisations du benzène.

### Notes à l'intention de l'enseignant

Comme nous l'avons mentionné dans le cadre du résultat précédent, la découverte du benzène, de sa structure et de ses propriétés uniques a donné naissance à une nouvelle industrie qui s'est consacrée entièrement à la fabrication du benzène et de ses dérivés. En faisant des recherches sur le Web ou en recevant des renseignements de leur professeur, les élèves prendront rapidement conscience de la toxicité de la majorité des dérivés aromatiques du benzène, même si ce sont des ingrédients essentiels des produits de nylon et de plastique. De nombreux thèmes STSE peuvent faire l'objet d'une discussion en classe. Nous fournissons ici un certain nombre de questions pour amorcer la discussion sur l'utilisation et l'élimination des hydrocarbures aromatiques.

- Dans quelle mesure le benzène et ses dérivés sont-ils toxiques?
- Quelle est l'importance des plastiques et des produits de caoutchouc synthétique dans notre vie?
- À quel point sont-ils nécessaires?
- À quel point ces solvants toxiques sont-ils nécessaires pour fabriquer les plastiques et les produits de caoutchouc synthétique?
- Où la majorité de ces produits sont-ils fabriqués?
- De quelle main-d'œuvre se sert-on principalement pour fabriquer les produits de plastique?
- Quelles mesures doit-on prendre pour assurer la sécurité des travailleurs dans cette industrie?
- Comment les stéroïdes anabolisants sont-ils utilisés dans la société?
- La caféine cause-t-elle une accoutumance?
- Quels sont les effets négatifs connus de la caféine?
- Comment utilise-t-on les BPC aujourd'hui?
- Quelles mesures de sécurité applique-t-on pour éliminer les BPC?
- Où les déchets toxiques sont-ils entreposés au Canada?
- Où les déchets toxiques sont-ils entreposés au Manitoba?

Nous ne donnons pas ici la structure des composés mentionnés dans les pages précédentes, car elle figure dans la plupart des manuels. Les élèves pourront trouver de nombreux textes de référence sur Internet. Quelques exemples de meilleure qualité ont été fournis.

### Devoirs avec papier et crayon

Le présent résultat d'apprentissage sert à attirer l'attention des élèves sur l'environnement et sur ce qui concerne l'utilisation et l'élimination des matières toxiques. Il faut demander aux élèves des opinions, des idées et des décisions. Il ne faut pas insister sur la structure des composés.

### Saviez-vous que...?

... Clive Cussler a écrit un roman de fiction intitulé *Sahara*. On en a fait un film d'action et d'aventure : des déchets toxiques ont commencé à polluer les eaux du fleuve Niger, et les héros luttent contre les forces de l'ombre pour enrayer ce désastre.

### **C30S-5-15**

**Rédiger la formule d'alcools communs et nommer des alcools,**

entre autres la chaîne principale à concurrence de six atomes de carbone et la nomenclature de l'UICPA;

#### C30S-5-16

Décrire des utilisation de l'alcool méthylique (méthanol), de l'alcool éthylique (éthanol) et de l'alcool isopropylique (propan-2-ol);

#### S3C-0-U1

Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

#### S3C-0-R1

Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines;

#### S3C-0-S1

Faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement, entre autres la connaissance et l'emploi de mesures de sécurité, de règlements du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), et de l'équipement d'urgence appropriés;

#### S3C-0-C1

Travailler en coopération pour négocier les responsabilités et atteindre les objectifs collectifs.

#### Connaissances du niveau d'entrée

Les élèves devraient connaître les termes méthanol, éthanol et alcool isopropylique. Ils connaissent peut-être même d'autres noms de ces alcools et certaines données sur le processus de fermentation servant à produire l'alcool éthylique (éthanol). Les élèves connaissent déjà les préfixes désignant la longueur des chaînes moléculaires.

#### Évaluation des connaissances antérieures

Vérifiez la compréhension de la matière antérieure et faites une récapitulation au besoin.

#### Notes à l'intention de l'enseignant

Les élèves doivent connaître le nom commun, le nom dérivé et la nomenclature de l'UICPA désignant le méthanol, l'éthanol et l'alcool isopropylique.

R-OH Cas général, où R désigne n'importe quelle chaîne principale.

CH<sub>3</sub>OH Méthanol, alcool méthylique, alcool de bois

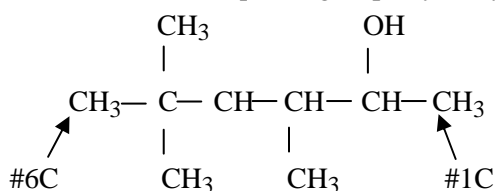
CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH Éthanol, alcool éthylique, alcool de vin

CH<sub>3</sub>CHOH Propan-2-ol, alcool isopropylique, alcool à friction  
|  
CH<sub>3</sub>

Il faut aussi expliquer aux élèves les diverses utilisations de ces alcools. Nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire de fournir ces éléments d'information ici. Les élèves doivent apprendre les

noms des autres alcools jusqu'à et y compris l'hexanol. L'enseignant doit limiter le nombre de chaînes latérales et ne donner des exemples que des alcools simples (pas de diol!).

Nous fournissons plusieurs exemples à titre d'information. Il faut dire aux élèves que le groupe hydroxyle (–OH) prime sur la numérotation. La molécule suivante est numérotée de manière que l'atome de carbone auquel le groupe hydroxyle porte le plus petit indice de position possible.



3, 5, 5 – triméthyle– 2 – hexanol

Les élèves auront besoin de ces connaissances quand ils étudieront et prépareront des esters dans le cadre des résultats d'apprentissage C30S-5-20 et C30S-5-21. L'enseignant doit mettre moins d'accent sur le dessin des molécules d'alcool.

### Expérience en laboratoire

Transformation du bois (**annexe 1**). Il est possible de produire de l'alcool méthylique en procédant à la pyrolyse (pyrofusion) du bois.

### Stratégies d'évaluation suggérées

#### Comptes rendus de recherche

L'enseignant voudra peut-être demander aux élèves de faire des recherches sur les divers alcools communs ou sur la production des alcools. Les élèves ne savent pas encore comment le processus de fermentation entre dans la production de l'éthanol. Demandez-leur de faire leurs recherches et leur compte rendu individuellement ou en petits groupes.

#### Devoirs avec papier et crayon

Il faudrait demander aux élèves d'écrire les noms d'alcools dont la chaîne principale comporte au plus six atomes de carbone, et d'en dessiner la formule développée condensée, comme l'indique l'énoncé du résultat d'apprentissage.

#### **C30S-5-17**

**Rédiger la formule d'acides organiques et nommer des acides, entre autres, la chaîne principale à concurrence de six atomes de carbone et la nomenclature de l'UICPA;**

#### **C30S-5-18**

**Décrire l'utilisation d'acides organiques communs, par exemple les acides acétique, ascorbique, citrique, formique, acétylsalicylique (AAS);**

#### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### S3C-0-R1

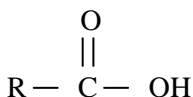
**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

#### Connaissances du niveau d'entrée

Les élèves ne connaîtront pas la formule des acides organiques, mais ils reconnaîtront sûrement le vinaigre ou l'acide acétique s'ils ont déjà commandé du poisson et des frites au restaurant!

#### Notes à l'intention de l'enseignant

Il faut donner aux élèves la formule générale des acides organiques. Cela les aidera à comprendre la réaction entre ces acides et les alcools, réaction qui engendre les esters (prochaine série de résultats d'apprentissage). On peut représenter les acides organiques par la formule générale :



En biologie, on écrirait fort probablement cela sous la forme RCOOH, où R représente n'importe quel hydrocarbure, un peu comme x peut représenter n'importe quel nombre entier en algèbre.

Le radical fonctionnel  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ - \text{C} - \text{OH} \end{array}$  ou  $- \text{COOH}$  est connu comme étant le groupe carboxyle.

L'acide organique le plus simple, acide carboxylique, contient un atome de carbone.

Acide méthanoïque    HCOOH    Acide formique

Acide éthanoïque    CH<sub>3</sub> COOH    Acide acétique

Acide propanoïque    CH<sub>3</sub> CH<sub>2</sub> COOH

Acide butanoïque    CH<sub>3</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> COOH

Les élèves peuvent facilement voir que le mot-racine n'a pas changé, mais que le suffixe est devenu « **oïque** », une fois que le « e » a été enlevé du mot « méthane », etc.

Les composés dont le radical fonctionnel se trouve ailleurs que dans la position « n » ou normale ne seront pas abordés dans le présent cours.

L'enseignant peut donner aux élèves la formule développée condensée des dérivés de l'acide carboxylique proposés dans les exemples cités dans l'énoncé du résultat d'apprentissage (ascorbique, lactique, etc.), mais il ne doit pas s'attendre à ce que les élèves mémorisent les formules.

L'acide formique existe dans le système nerveux de la majorité des espèces de fourmis.

L'enseignant peut soit exposer aux élèves les utilisations ou les fonctions de ces acides, soit demander aux élèves de trouver les renseignements eux-mêmes en consultant leur propre manuel ou d'autres sources. Les exemples cités dans l'énoncé du résultat d'apprentissage ne sont que des suggestions; d'autres exemples peuvent donc être employés.

### **Construction de modèles**

Tout comme pour les autres familles de composés organiques, on peut ici se servir de modèles atomiques pour faire voir aux élèves la structure tridimensionnelle des acides carboxyliques.

### **Stratégies d'évaluation suggérées**

Comme les alcools et les acides carboxyliques sont les réactants quand on produit des esters, il importe que les élèves se familiarisent bien avec ces composés pour comprendre plus clairement l'expérience sur les esters dans la prochaine partie du cours.

### Devoirs avec papier et crayon

Il faut rappeler aux élèves que l'atome de carbone dans COOH compte comme étant un des atomes de carbone de la chaîne principale. Si l'enseignant remet une fiche de travail aux élèves, il mélange les acides et les alcools et inverse la molécule pour que le groupe hydroxyle et/ou l'acide carboxylique ne soit pas toujours dans la même position. Ainsi :

HO CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub> CH<sub>3</sub> comme étant propanol-1 ou n-propanol.

### **C30S-5-19**

**Faire une expérience en laboratoire comportant la formation d'esters et examiner le processus d'estérification;**

### **C30S-5-20**

**Rédiger la formule d'esters et nommer des esters, entre autres les alcools et les esters comptant au plus six atomes de carbone; la nomenclature de l'UICPA;**

### **C30S-5-21**

**Décrire l'utilisation d'esters communs, par exemple les phéromones, les saveurs artificielles;**

### **S3C-0-U1**

**Appliquer des stratégies et des habiletés qui facilitent la compréhension des notions de chimie,**

*par exemple les analogies, les cadres conceptuels, les cartes conceptuelles, les manipulatifs, les représentations de particules, les jeux de rôle, les simulations, les cadres de prédiction et de tri, les cycles de mots;*

### **S3C-0-R1**

**Sélectionner et intégrer l'information obtenue à partir d'une variété de sources, entre autres imprimées, électroniques, humaines.**

### **S3C-0-S1**

**Faire preuve d'habitudes de travail qui tiennent compte de la sécurité personnelle et collective, et qui témoignent de son respect pour l'environnement, entre autres la connaissance et l'emploi de mesures de sécurité, de règlements du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), et de l'équipement d'urgence appropriés;**

### **S3C-0-S9**

**Tirer une conclusion après avoir analysé et interprété les données,**

**entre autres les rapports de cause à effet, les autres explications, et l'appui ou le rejet d'une hypothèse ou d'une prédiction;**

### **S3C-0-C1**

**Travailler en coopération pour négocier les responsabilités et atteindre les objectifs collectifs;**

### **S3C-0-C3**

**Évaluer les processus individuels et collectifs de planification, de résolution de problèmes, de prise de décisions et d'exécution.**

### **Connaissances du niveau d'entrée**

Les élèves ne connaissent rien au sujet de la préparation des esters.

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

L'**annexe 3** décrit une procédure à suivre en laboratoire pour préparer des esters. L'odeur qu'engendre l'expérience risque d'incommoder certains élèves (et enseignants!). Toutefois, la fiche technique santé-sécurité au sujet des esters produits précise que les émanations issues de ces derniers n'ont aucun effet nuisible.

Si la pièce où l'expérience a lieu n'est pas bien ventilée, on recommande fortement de faire cette dernière sous une hotte de laboratoire. Une autre solution consiste à exécuter l'expérience pendant l'été, quand les fenêtres de la classe peuvent être ouvertes pour assurer une bonne ventilation. La réaction, même avec le catalyseur (acide sulfurique concentré), est lente. L'ajout d'une quantité excessive d'alcool fera en général basculer l'équilibre en faveur des produits, ce qui entraînera une production d'esters légèrement meilleure. L'enseignant doit conseiller aux élèves d'amener l'air vers eux avec leurs mains pour diluer l'odeur de la substance dans l'air. Tout enseignant qui a fait cette expérience sait que les odeurs ne sont pas très distinctes. Parmi les esters que l'on peut habituellement identifier, il y a le thé des bois ou le salicylate de méthyle. Comme les esters sont huileux et que leur densité est inférieure à celle de l'eau, on peut les verser délicatement dans de l'eau froide, dans un plat à évaporation, pour mieux en déceler l'odeur.

Beaucoup d'alcools et d'acides carboxyliques produisent des esters dégageant une odeur de fruit. Les exemples énumérés à la dernière page de la présente section sont tirés de l'ouvrage *Introduction to Organic Laboratory Techniques* (Pavia et coll., W.B. Saunders Company, 1976, p. 92). L'enseignant ne doit pas exécuter toutes les réactions, car le laboratoire finirait par contenir tellement d'odeurs diverses qu'il serait très difficile de cerner clairement toute différence entre les odeurs. Les élèves disent généralement que les esters produits sentent tous la même chose! Une bonne idée consiste à utiliser différents composés d'une année à l'autre, jusqu'à ce que les résultats soient satisfaisants. Au cours de la procédure, on n'emploie que de petites quantités de chaque substance; par conséquent, il existe des avantages économiques évidents à partager les acides et les alcools entre les écoles.

La procédure décrite à l'annexe 3 porte sur certaines des structures plus complexes. Les élèves doivent terminer les autres formules avant le début de l'expérience; cela les encouragera à lire la procédure et à songer aux mesures de sécurité applicables. Les élèves doivent préparer la cuve d'eau chaude nécessaire pour exécuter la réaction, avant de commencer à utiliser les alcools inflammables. De l'eau très chaude du robinet suffira souvent pour remplir la cuve.

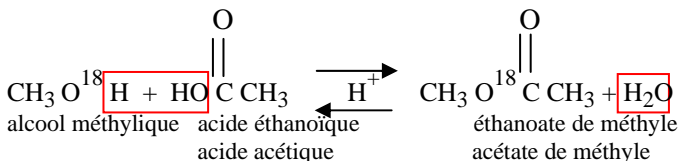
### Activité

Afin d'agrémenter la récapitulation, l'enseignant peut organiser un concours de construction de modèles de composés organiques. Un exemple de procédure est décrit à l'**annexe 4**.

### Renseignements pour l'enseignant

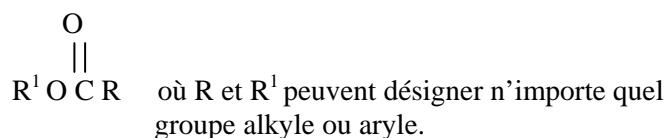
La réaction d'un alcool avec un acide carboxylique produisant un ester est généralement appelée estérification de Fischer. Les réactions de ce genre sont réversibles; en équilibre, une quantité appréciable d'acide et d'alcool n'ayant pas réagi peut être présente, ce qui donne un  $K_{eq}$  relativement grand. Compte tenu du principe de Le Chatelier, il faut faire basculer l'équilibre à droite pour produire plus d'esters. Dans le laboratoire de l'école secondaire, on peut faire cela en ajoutant un surplus d'acide organique.

Des recherches faites avec des alcools primaires contenant de l'oxygène isotopique ( $O^{18}$ ) dans le groupe hydroxyle ont montré que l'oxygène radioactif issu de l'alcool devient partie intégrante de l'ester et non de l'eau. C'est là une utilisation intéressante des traceurs radioactifs pour suivre l'évolution d'une réaction.



### Formule des esters

Les réactions provoquées pendant l'expérience en laboratoire ont déjà exposé les élèves à la formule des esters. Les réactions d'estérification montrent aussi aux élèves comment les éléments sont rassemblés pour former un ester. L'enseignant doit donner aux élèves la formule générale des esters.



### Utilisations des esters

Outre l'utilisation évidente, soit le rehaussement des saveurs, de nombreux esters sont des phéromones. Une phéromone est une substance chimique qui transmet des éléments d'information d'un membre d'une espèce à un autre. Dans le cas des insectes, un langage virtuel existe entre les membres d'une même famille. Des phéromones spécifiques ont été détectées et analysées. Elles peuvent servir à diverses fins, par exemple, marquer une piste, avertir du danger, attirer un membre du sexe opposé, ou convoquer une assemblée. L'ester appelé acétate d'isopentyle est en fait la phéromone d'alarme de l'abeille domestique. Les élèves se rappelleront son odeur caractéristique, rappelant celle des bananes, quand ils l'auront préparée dans le laboratoire. L'annexe contient un essai sur les esters qui décrit plus à fond toute cette question.

### Stratégies d'évaluation suggérées

À la fin de la présente section du cours, les élèves doivent savoir que l'on peut obtenir un ester en faisant réagir un alcool avec un acide carboxylique, à la faveur d'un processus appelé estérification. Ils doivent pouvoir rédiger, à partir des noms de l'alcool et de l'acide carboxylique, les éléments de la réaction nécessaire pour former un ester, rédiger la formule développée condensée de l'ester et en donner le nom exact.

### Devoirs avec papier et crayon

L'enseignant peut évaluer la maîtrise de la matière abordée dans la présente section (résultat d'apprentissage) en utilisant une fiche de travail qui commence par une question complète indiquant les réactants, les produits, tous les noms corrects et la formule. À mesure que l'on progresse, l'enseignant fournit de moins en moins de détails dans les questions, jusqu'à ce que, dans les dernières, il n'y ait plus que le nom des réactants. Un exercice progressif de ce genre permet aux élèves de parfaire peu à peu leurs compétences et leur connaissance de la matière.

### Comptes rendus de laboratoire

Pour évaluer les activités décrites dans la présente section, on peut demander un rapport de laboratoire en bonne et due forme, ou utiliser des questions et réponses formulées à partir des données recueillies au cours des diverses activités.

### REMARQUE

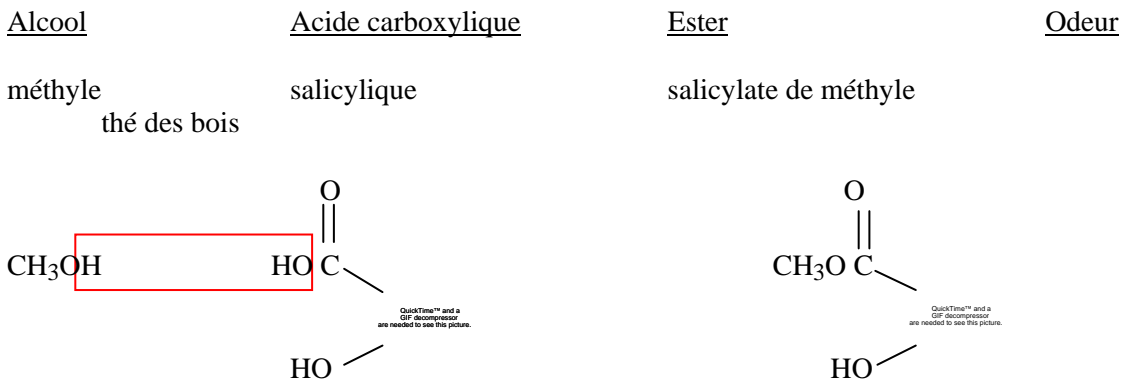
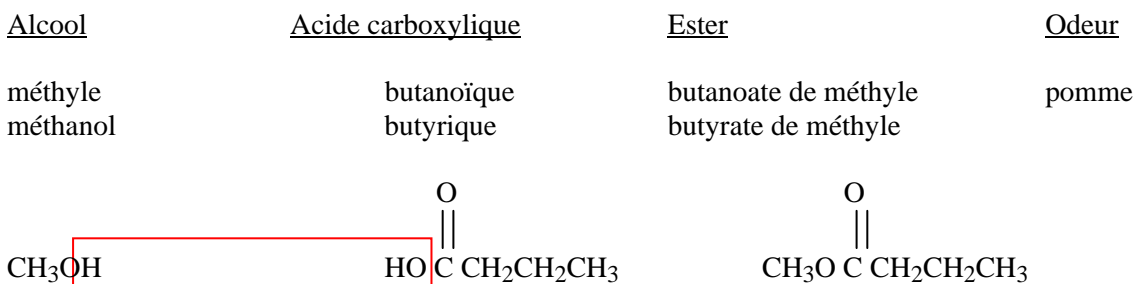
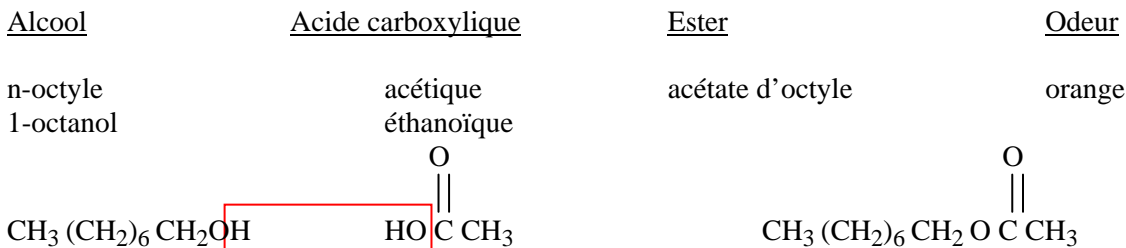
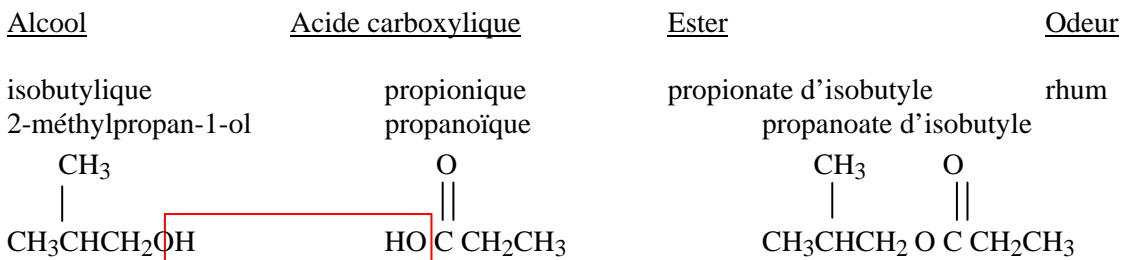
Les deux pages suivantes contiennent les esters modèles examinés au laboratoire.

L'enseignant doit indiquer aux élèves que, même si l'on a mis l'accent sur la nomenclature de l'UICPA, la désignation des esters comporte souvent aussi les noms communs de l'alcool et de l'acide carboxylique utilisés. D'autres noms ont été fournis.

<u>Alcool</u>		<u>Acide carboxylique</u>		<u>Ester</u>
	<u>Odeur</u>			
éthyle		butanoïque		butanoate d'éthyle
ananas		butyrique		butyrate d'éthyle
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$		$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

Notez que, si l'on déplace l'alcool et l'acide ensemble et que l'eau est enlevée, comme on le montre, la structure devient l'ester de l'alcool et de l'acide. L'oxygène dans l'ester vient de l'alcool.

<u>Alcool</u>		<u>Acide carboxylique</u>		<u>Ester</u>		<u>Odeur</u>
isopentyle (isoamyle)		acétique		acétate d'isopentyle		bananes
3-méthylbutan-1-ol		éthanoïque				
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$		$\text{HOC}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{CH}_3$		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{CH}_3 \end{array}$		



### C30S-5-22

Décrire le processus de polymérisation et nommer d'importants polymères naturels et polymères synthétiques, par exemple le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, le Teflon<sup>MC</sup>;

### C30S-5-23

Décrire l'influence des produits de la chimie organique sur la qualité de la vie, par exemple les caoutchoucs synthétiques, le nylon, les médicaments, le Teflon<sup>MC</sup>;

### **S3C-0-D1**

**Définir et décrire les paramètres liés à un enjeu STSE,**  
*par exemple les intervenants, les décisions précédentes, les facteurs limitatifs, les données et les arguments actuels;*

### **S3C-0-D2**

**Élaborer des options et déterminer les répercussions positives ou négatives de chacune;**

### **S3C-0-D3**

**Tenir compte de ses valeurs personnelles et des valeurs d'autrui en choisissant l'option à recommander,**  
*par exemple être en harmonie avec la nature, susciter des richesses, privilégier la liberté individuelle;*

### **S3C-0-D4**

**Recommander une option et justifier son choix;**

### **S3C-0-D5**

**Réfléchir au processus ayant servi à prendre une décision relative à un enjeu STSE.**

#### **Renseignements pour l'enseignant**

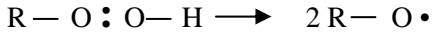
Une des réactions les plus importantes des alcènes et des diènes ramifiés s'appelle polymérisation. Quand de l'oxygène, de la chaleur et de la pression sont appliqués à l'éthylène, il en résulte un composé dont le poids moléculaire est de 20 000. Cette supermolécule est en fait un alcane à très longue chaîne. La molécule qui amorce le processus d'addition s'appelle monomère; en l'occurrence, c'est l'éthylène. La polymérisation nécessite d'habitude la présence d'une petite quantité d'initiateur. Parmi les amorceurs les plus courants, il y a le peroxyde. Les chimistes savent maintenant que le peroxyde a pour fonction de produire un « radical libre ». Nous rappelons à l'enseignant qu'un « radical libre » est un atome ou un groupe d'atomes possédant un électron non apparié, par exemple,  $\text{CH}_4 \cdot$ . Ce sont ces « radicaux libres » instables et très réactifs qui s'ajoutent aux alcènes pour former de plus gros alcanes à radicaux libres. Cette propagation en chaîne aboutit à la formation du polymère. Finalement, deux radicaux se combinent, et le processus prend fin. Il est intéressant de signaler que même une infime impureté dans la cuve de réaction mettra fin à la chaîne. Par conséquent, les monomères utilisés dans la polymérisation comptent parmi les composés organiques les plus purs qui soient! Beaucoup de produits polymériques sont résistants et souples et ne réagissent pas avec la plupart des agents chimiques. Certains sont cireux et sont insolubles dans la majorité des solvants. D'autres, qui possèdent d'excellentes propriétés thermiques et électriques, constituent d'utiles matériaux isolants.

Les chimistes classent les polymères en plusieurs grandes catégories, tout dépendant de la façon dont ils sont préparés.

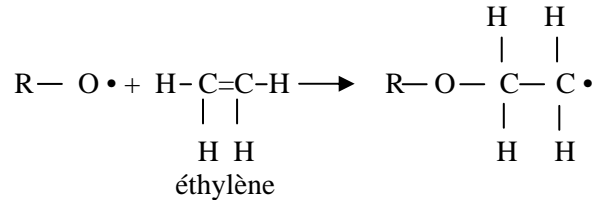
1. Les polymères d'addition sont formés par une réaction dans laquelle des monomères s'ajoutent les uns aux autres pour former un polymère à longue chaîne. Le monomère contient d'habitude une double liaison carbone-carbone. Le polyéthylène, le polypropylène, le teflon<sup>TM</sup>, l'orlon et les caoutchoucs synthétiques sont des exemples de produits polymériques formés de cette façon. Le diagramme suivant montre comment ces polymères sont formés. Il est destiné aux enseignants seulement.

Un radical libre souvent produit à partir du peroxyde, le ROOR, se combine avec un monomère d'oléfine pour produire un radical libre plus gros, comme on le voit dans la séquence dessinée ci-dessous.

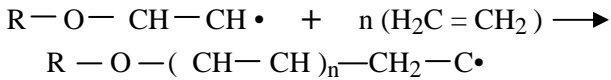
Amorce : Les radicaux libres sont produits par un initiateur ou amorceur.



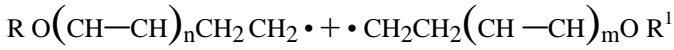
Ces radicaux réactifs et instables réagissent avec une molécule d'éthylène pour former un autre gros radical.



Propagation : L'ajout continu de molécules d'alcène produit des radicaux toujours plus gros.



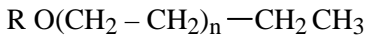
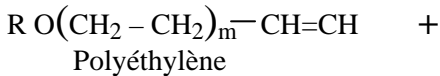
Fin : Deux radicaux libres se combinent finalement ou « dismutent ».



Option 1      Combinaison



Option 2      Dismutation



**Un tableau à la dernière page de la présente section contient des exemples de ces polymères d'addition.**

2. Les polymères de condensation sont formés par des réactions de groupes bifonctionnels ou polyfonctionnels et par l'élimination de quelques petites molécules (p. ex., eau, ammoniac, chlorure d'hydrogène). Exemples connus de polymères de condensation : le nylon, le dacron et le polyuréthane.

3. Les polymères réticulés sont formés par l'union de longues chaînes en structures tridimensionnelles gigantesques et très rigides. Les polymères formés par les réactions d'addition et de condensation peuvent être modifiés par réticulation. Exemples connus de polymères réticulés : le bakalite<sup>TM</sup>, le caoutchouc et les résines de fibre de verre. Les industriels et les

technologiques divisent souvent les polymères en deux catégories : les thermoplastiques et les plastiques thermodurcis.

### **Démonstration**

Un polymère plutôt inhabituel se trouve dans les couches jetables. Ce polymère granuleux est le polyacrylate de sodium (Waterloc<sup>TM</sup>). Ce solide absorbe environ 100 fois plus d'eau que son propre poids. On peut exécuter plusieurs tours de « magie » avec cette substance et quelques tasses de carton à intérieur blanc.

Mettez environ 0,25 g de polyacrylate de sodium au fond d'une des tasses. Ajoutez quelques gouttes d'eau pour faire adhérer la poudre au fond de la tasse. Prenez un verre d'eau et adonnez-vous au jeu des gobelets avec les élèves, en faisant attention de verser l'eau dans chacune des tasses, SAUF dans celle contenant la poudre. Mélangez les tasses, puis demandez aux élèves de deviner où l'eau se trouve. Après avoir fait cela plusieurs fois, versez l'eau dans la tasse contenant la poudre. Attendez quelques minutes, puis inversez la tasse. Le polyacrylate de sodium aura absorbé toute l'eau, et la tasse paraîtra vide! (L'enseignant devra s'exercer quelques fois pour trouver la bonne quantité d'eau et de poudre, de manière que toute l'eau soit absorbée.)

### **Notes à l'intention de l'enseignant**

Dans le cadre du deuxième résultat d'apprentissage (C30S-5-23), on a demandé aux élèves de décrire comment les produits de la chimie organique avaient influé sur leur vie. La meilleure façon de parvenir à ce résultat, c'est de mettre à profit les connaissances des élèves sur les substances organiques. Il faut leur demander d'écrire dans leur journal scientifique personnel, après une bonne discussion en classe et des recherches valables en classe également. Un autre exemple à citer dans le cadre de ce résultat d'apprentissage concerne la médecine; bien des faits montrent comment les composés organiques ont fait progressé ce domaine du savoir.

Nous avons commencé cette partie du cours en demandant aux élèves comment leur vie changerait si les matières organiques disparaissaient de la classe, de la maison, de l'hôpital, du monde des loisirs, etc. Ils pourraient maintenant revoir leurs réponses, à la lumière des renseignements supplémentaires acquis à la faveur de l'étude de la question. Les élèves savent que des améliorations remarquables ont accompagné les progrès de l'être humain, MAIS aux dépens de l'environnement. La discussion de cette question doit mener les élèves au prochain résultat d'apprentissage, axé expressément sur les sciences, la technologie, la société et l'environnement (STSE). L'évaluation, dans le cadre de ce résultat, peut se faire par diverses méthodes authentiques. Nous en décrivons quelques-unes ci-après.

### **Stratégies d'évaluation suggérées**

La matière couverte dans la présente section présente une grande pertinence pour les élèves. Presque tous les polymères décrits existent dans la vie des élèves, à la maison, à l'école ou dans le contexte de leurs loisirs. Ce sont des matières remarquables qui ont amélioré la qualité de vie des personnes, mais à quel prix pour l'environnement?

La présente section du cours offre aux élèves une autre occasion d'examiner leur style de vie par rapport aux questions STSE. Voici quelques questions sur lesquelles ils pourraient se pencher :

- Les produits de plastique et de caoutchouc se décomposent-ils?
- D'où viennent surtout les déchets trouvés sur la majorité des rives des océans et des lacs?
- Quel est le pourcentage des Canadiens qui font du recyclage?
- Devrait-on imposer une pénalité à ceux qui ne font aucun recyclage?
- Les municipalités devraient-elles faire payer quiconque fait ramasser ses ordures?

Par rapport à la discussion qui pourrait porter sur les questions STSE et les processus décisionnels connexes, on peut considérer que les renseignements techniques sont secondaires dans le cadre de la présente partie du cours.

### Comptes rendus de recherche

Demandez aux élèves de mener des recherches et de rédiger leur rapport soit individuellement, soit en petits groupes. Ils pourront ensuite communiquer leurs renseignements sous une des formes suivantes :

- un rapport écrit;
- un exposé oral;
- un tableau d'information;
- une présentation multimédia.

### Présentations visuelles

Afin de présenter les renseignements recueillis, les élèves peuvent utiliser :

- des affiches;
- des brochures;
- des tableaux d'information;
- des maquettes.

L'enseignant pourra évaluer chacun de ces modes de présentation au moyen d'une rubrique appropriée qu'il aura définie avec les élèves, avant le début du devoir.

### Inscription dans le journal scientifique personnel

Il faut encourager les élèves à réfléchir à la façon dont les polymères ont influé sur leur vie.

Le tableau suivant montre les divers polymères produits quand le groupe R de la page précédente est remplacé par les structures indiquées dans le tableau qui suit.

### **Polymères d'addition courants**

<u>Structure de R</u>	<u>Nom du monomère</u>	<u>Nom du polymère</u>	<u>Utilisation</u>
-H articles en simili- caoutchouc	éthylène	polyéthylène	Film, tubes de canalisations bouteilles pressables
-CH <sub>3</sub>	propylène	polypropylène	Plastiques moulés et tréfilés, films, fibres pour vêtements et moquettes
styrène	polystyrène		Mousse de styrène isolante, emballage anti- casse, articles moulés peu coûteux

-Cl	chloroéthène	polychlorure de vinyle	Isolants électriques, films, articles en simili-caoutchouc, cuir synthétique, revêtements de plancher, manteaux de pluie, rideaux de douche
-CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	fluoroéthylène (teflon <sup>TM</sup> )	polyfluoroéthylène	Enduit anti-chaleur et anti-adhésif résistant aux températures élevées et ne réagissant avec presque aucun solvant ni avec d'autres produits chimiques
$\begin{array}{c} \text{-O - C - CH}_3 \\    \\ \text{O} \end{array}$	acétate de vinyle	polyacétate de vinyle	Films, fibres, articles moulés

### C30S-5-24

**Exploiter le processus de prise de décisions pour étudier un enjeu lié à la chimie organique, par exemple la production de gasohol, les sources d'énergie de remplacement, le recyclage du plastique;**

#### Connaissances du niveau d'entrée

Le modèle de prise de décisions (modèle décisionnel) a été intégré aux habiletés pratiques des élèves dans le cours de sciences du secondaire I. En secondaire I et II, il y a eu des résultats d'apprentissage successifs qui ont amené les élèves à analyser une question STSE en appliquant ce modèle. Les élèves sont censés connaître ce dernier, mais il serait sage, avant d'entreprendre la présente partie du cours, de le revoir rapidement.

#### Évaluation des connaissances antérieures

Vérifiez la compréhension de la matière antérieure et faites une récapitulation au besoin.

#### Notes à l'intention de l'enseignant

De toute évidence, les élèves ne peuvent prendre aucune décision sans les renseignements contextuels nécessaires. La présente partie du cours vise à les encourager à se sensibiliser davantage aux questions STSE se posant dans leur propre localité. Il est à espérer que la campagne pourra faire enquête sur un dossier local ou provincial ayant une incidence sur leur collectivité.

Dans le cadre des résultats d'apprentissage antérieurs ayant constitué la présente partie du cours, les élèves auront reçu la plupart des renseignements nécessaires pour amorcer un processus décisionnel. Cependant, il leur faudra mener d'autres recherches sur le gasohol et le recyclage des plastiques.

Autres questions possibles : la production de méthane et d'autres matières à partir des résidus des porceries; les déchets organiques issus d'une industrie locale (saturation de la nappe phréatique, soit contamination de l'air), etc.

L'enseignant doit décider si la classe examinera plusieurs questions ou une seule. Les opinions varieront, en fonction des sources de renseignements.

Les élèves peuvent présenter ces opinions variées, en adoptant plusieurs méthodes :

- un débat;
- une affiche;
- une argumentation comme celles faites devant un tribunal;
- un jeu de rôle;
- un exposé multimédia.

Avant de pouvoir utiliser le modèle décisionnel, les élèves devront organiser les renseignements recueillis. Dans l'ouvrage *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, on trouve de nombreuses formules d'organisation qui faciliteront cette tâche.

Une fois les arguments présentés, les élèves appliquent le processus décisionnel pour en venir à un consensus. On pourrait aussi organiser un scrutin à l'échelle de la classe ou auprès de tous les élèves de l'année en question.

#### Inscription dans le journal scientifique personnel

Il faut demander aux élèves d'ajouter, dans leur journal, une inscription résumant leur opinion sur la décision de la majorité et sur celle de la minorité. Qui avait raison et qu'arrivera-t-il si un compromis s'impose pour régler les questions?

## **Annexe 1 : Transformation du bois**

Voir Chimie 30S et 40S – Programme d'études transitoire, p. C.92 et C.93

## Annexe 2 : Feux d'artifice sous-marins

Des bulles de gaz de chlore sont injectées avec de l'acétylène gazeux dans un grand cylindre gradué rempli d'eau. Quand des bulles des deux gaz entrent en collision, il se produit instantanément un brillant éclat de lumière.

Concepts de chimie :

1. Dans certains hydrocarbures, deux atomes de carbone adjacents peuvent se partager deux et même trois paires d'électrons. Ces partages multiples sont appelées liaisons doubles ou triples, et les endroits où ils se produisent sont décrits comme ayant une forte densité électronique. On dit des hydrocarbures à liaisons doubles ou triples qu'ils sont « insaturés ».
2. À leur niveau le plus éloigné du noyau, les halogènes ont sept électrons; il ne leur en faut donc qu'un de plus pour former un octet stable. Cela leur confère une forte affinité électronique.
3. En raison de cette forte affinité électronique, et de la haute densité d'électrons autour d'une liaison multiple, il arrive souvent que les halogènes « attaquent » et ouvrent une liaison double ou triple dans un hydrocarbure insaturé et qu'ils s'y raccordent.
4. L'énergie d'activation est celle dont les particules du réactant ont besoin afin de pouvoir entrer en collision avec assez de force pour amorcer une réaction. De nombreuses réactions nécessitent des températures élevées avant de commencer, mais dans le cas de certaines, comme celles entre les halogènes et les hydrocarbures insaturés, l'énergie d'activation nécessaire est suffisamment faible pour qu'elles se produisent spontanément à la température ambiante.

Matériel :

Cylindre gradué d'un ou de deux litres en pyrex

Tube mince de verre ou de plastique (diamètre extérieur de trois à cinq mm)

Tubes Tygon (diamètre intérieur de deux à quatre mm)

Fiole de 250 ml, avec un bouchon à un trou par lequel on pourra verser du javellisant Clorox® (solution de NaClO)

Un bouchon à un trou (pour la fiole de 250 ml)

HCl d'une concentration 6 moles/litre

Carbure de calcium ( $\text{CaC}_2$ )

Procédure :

1. Coupe un bout de tube de verre dont la longueur dépasse de 10 cm la hauteur du cylindre gradué, puis sers-t'en pour assembler le montage illustré à la page suivante.
2. Remplis le cylindre gradué avec de l'eau du robinet, jusqu'à environ un ou deux cm du haut, pour éviter que les gaz s'accumulent au sommet du cylindre.
3. Sous la hotte, mets 100 ml d'une solution de HCl (concentration de six moles/litre) dans la fiole et verses-y soigneusement 10 ml de la solution de NaClO. Attention : ces deux produits réagissent ensemble pour former du chlore gazeux, surtout si l'on agite la fiole. Insère le bouchon à un trou dans le goulot du cylindre et glisse dans le trou le tube de verre. Agite la fiole légèrement jusqu'à ce que deux ou trois bulles de gaz montent dans le tube.
4. Place le montage dans un endroit visible, mais assure-toi que la ventilation est suffisante pour emporter l'excédent de chlore gazeux. Laisse tomber dans l'eau deux ou trois morceaux de carbure de calcium, de la taille de petits cailloux. Vois que de l'acétylène se forme immédiatement.

5. Agite doucement la fiole et manœuvre le tube de verre au fond du cylindre gradué de manière que des bulles de chlore entrent en collision avec des bulles d'acétylène. Éteins les lumières pour accroître l'effet visuel de la réaction. Celle-ci durera de 30 à 45 secondes.

Discussion :

Quand les deux gaz se mélangent, comme nous l'avons mentionné plus haut, le chlore électrophile « attaque » la liaison triple, la brise et se raccorde à la molécule au point de rupture :

Réaction primaire :  $\text{H-C}\equiv\text{-H} + \text{Cl-Cl} \rightarrow$

Réaction secondaire possible :

Observation générale :

Dans de nombreuses réactions exothermiques, par exemple, dans la combustion de l'hydrogène ou du méthane, il faut une étincelle pour amorcer le processus, mais dans le cas de cette réaction particulière entre l'acétylène et le chlore, l'énergie d'activation nécessaire est assez faible pour que la réaction se produise à la température ambiante.

Conseils pratiques :

1. Utilise toujours de l'hypochlorite de sodium pour engendrer du chlore gazeux.
2. Le carbone est sans doute lui aussi un produit secondaire, car de la suie noire se forme dans la partie supérieure du cylindre. Cependant, il est possible de l'enlever assez facilement avec une serviette de papier.
3. Si une quantité insuffisante de chlore est produite, essaie d'ajouter 10 autres ml de HCl.
4. En inclinant le cylindre légèrement, on peut faciliter la réaction, car les bulles montent alors en suivant la surface intérieure du cylindre, ce qui accroît les possibilités de collision.
5. Si la ventilation fait problème, utilise la trappe à chlore suivante : mets un sac de plastique par-dessus le goulot du cylindre gradué et maintiens-le en place avec une bande de caoutchouc. Pratique un trou dans un coin du sac afin d'y glisser le tube de verre par où passe le chlore gazeux, et un trou dans l'autre coin afin d'y faire passer un tube qui dirigera tout chlore n'ayant pas réagi dans un béccher rempli d'une solution de thiosulfate de sodium. Ce système devrait permettre d'absorber la majeure partie du chlore.

### Annexe 3 : Préparation des esters

#### **But**

Étudier une façon de préparer les esters et étudier certaines de leurs propriétés.

#### **Substances utilisées**

Les élèves doivent inscrire la formule des alcools et des acides carboxyliques suivants AVANT le début de l'expérience en laboratoire.

##### Alcools

1. alcool isopentylique  
(3-méthylbutan-1-ol)

3. alcool isobutylique  
(2-méthylbutan-1-ol)

5. alcool éthylique  
éthanol

7. alcool méthylique  
méthanol

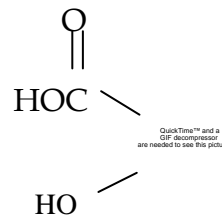
##### Acides carboxyliques

2. acide acétique  
acide éthanoïque

4. acide propanoïque

6. acide butanoïque  
acide butyrique

8. acide salicylique



### AVERTISSEMENT

Tu ajouteras une très petite quantité d'acide sulfurique concentré dans quatre des éprouvettes. **CET ACIDE EST TRÈS CORROSIF.** Ton professeur te montrera l'endroit où cet acide est rangé en toute sécurité et la façon d'ajouter la bonne quantité sans danger.

### Procédure

1. Prépare une cuve d'eau chaude, comme l'indique ton professeur.
2. Étiquette cinq éprouvettes avec les lettres A à G.
3. Avec le compte-gouttes approprié, ajoute 10 gouttes de chaque alcool et cinq gouttes de chaque acide carboxylique dans les éprouvettes, en suivant les indications du tableau donné à la page suivante.
4. Mélange soigneusement les substances.
5. En ajoutant chaque acide et chaque alcool dans les éprouvettes, sens soigneusement chaque échantillon et inscris tes observations dans le tableau fourni.
6. **AVEC GRAND SOIN**, ajoute quatre gouttes d'acide sulfurique concentré dans les éprouvettes B, C, D et E. Ne mets aucun acide dans l'éprouvette A.
7. Mélange soigneusement les substances dans chaque éprouvette.
8. Mets les éprouvettes dans la cuve d'eau pendant environ cinq minutes.
9. Retire les éprouvettes de la cuve d'eau chaude.
10. Verse le produit d'une des éprouvettes dans de l'eau froide dans un plat à évaporation. Inscris le nom de l'odeur dans le tableau fourni.
11. Répète l'étape 10 avec chacune des éprouvettes et fais les inscriptions nécessaires dans le tableau.

### ***Tableau des données d'observation***

Éprouvette	Alcool	Odeur	Acide carboxylique	Odeur	Ester	Odeur
A						
B						
C						
D						
E						

## **Observations générales**

### **Questions**

- 1. À quoi sert l'éprouvette A?**
- 2. Une réaction s'est-elle produite dans l'éprouvette A? Comment le sais-tu?**
- 3. Quelle différence y avait-il entre l'odeur des réactants et celle des produits?**
- 4. Quelle conclusion peux-tu tirer de cette expérience?**

### **Réactions**

**Décris ci-après la réaction s'étant produite dans chaque éprouvette, sauf l'éprouvette A.**

#### **Annexe 4 : Concours de construction de modèle organique**

Voir Chimie 30S et 40S – programme d'études transitoire, p. C.117

## Annexe 5 : Esters – Saveurs et fragrances

Les esters constituent une catégorie de composés largement répandus dans la nature. Leur formule générale est la suivante :



Les esters plus simples tendent à dégager une odeur agréable. Dans bien des cas, mais pas toujours, les saveurs et les fragrances caractéristiques des fleurs et des fruits sont dues à des composés membres du groupe fonctionnel des esters. Les huiles essentielles font exception. Les qualités organoleptiques (odeurs et saveurs) des fruits et des fleurs peuvent souvent être attribuables à un seul ester, mais plus souvent, la saveur ou l'arôme sont dus à un mélange complexe dans lequel un seul ester prédomine. Quelques arômes courants sont énumérés dans le Tableau 1. Les fabricants d'aliments et de boissons connaissent bien ces esters et ils s'en servent souvent comme additifs pour rehausser la saveur ou l'odeur d'un dessert ou d'une boisson. Dans bien des cas, ces arômes n'existent pas dans la nature (songeons, notamment à la gomme « juicy fruit », qui contient de l'acétate d'isopentenyle). Il se peut fort bien qu'aucun « rhum » naturel ait été ajouté à un pouding instantané aromatisé au rhum, car on peut reproduire cette saveur en mélangeant bien le formiate d'éthyle et le propionate d'isobutyle ensemble avec d'autres composés de moindre importance. La saveur et l'odeur naturelles ne sont pas reproduites **exactement**, mais il est possible de tromper la plupart des gens à cet égard. Dans bien des cas, seule une personne dûment formée ayant des papilles gustatives très développées – un dégustateur professionnel – peut arriver à faire la différence.

Acétate de 3-méthylbutyle Banane (phéromone d'alarme de l'abeille domestique)	Butyrate d'éthyle Ananas
Propionate d'isobutyle Rhum	Acétate d'octyle Oranges
Anthranilate de méthyle Raisin	Acétate d'isopentenyle « juicy fruit »

Acétate de benzyle Pêche	Acétate de n-propyle Poire
Butyrate de méthyle Pomme	Phénylacétate d'éthyle Miel

Dans les aromatisants d'imitation de bonne qualité, il y a rarement un seul composé. Le Tableau 2 donne la formule d'une saveur d'ananas d'imitation qui pourrait tromper un expert. La formule contient dix esters et des acides carboxyliques que l'on peut facilement synthétiser en laboratoire. Les sept autres huiles sont tirées de sources naturelles.

La saveur résulte d'une combinaison de l'odeur, de la sensation et du goût transmis par les récepteurs situés dans la bouche (papilles gustatives) et le nez (récepteurs olfactifs). Les quatre goûts de base (sucré, sûr, salé et amer) sont perçus à des endroits bien précis de la langue : ce qui est sûr et salé, sur les côtés de la langue; le sucré, sur le bout, et ce qui est amer, à l'arrière. La perception de la saveur n'est cependant pas simple, car si elle l'était, il suffirait de formuler diverses combinaisons de quatre substances de base – une substance amère (une base), une substance sûre (un acide), une substance salée (chlorure de sodium), et une substance sucrée (sucre) – pour reproduire **n'importe quelle** saveur! En fait, nous ne pouvons reproduire les saveurs de cette façon. La langue humaine possède 9 000 papilles gustatives. C'est la réaction combinée de ces dernières qui nous permet de discerner telle ou telle saveur.

**TABLEAU 2 : SAVEUR D'ANANAS ARTIFICIELLE**

COMPOSÉS PURS	%	HUILES ESSENTIELLES	%
Caproate d'allyle	5	Huile de bouleau odorant	1
Acétate de 3-méthylbutyle	3	Huile d'épinette	2
Isovalérate d'isoamyle	3	Baume du Pérou	4
Acétate d'éthyle	15	Huile de moutarde	1
Butyrate d'éthyle	22	Huile de cognac	5
Propionate de terpinyle	3	Huile d'orange concentré	4
Crotonate d'éthyle	5	Huile de lime distillée	<u>2</u>
Acide hexanoïque	8		16
Acide butyrique	12		
Acide acétique	<u>5</u>		
	81		

Bien que les goûts et les odeurs « de fruit » que les esters ont soient agréables, on s'en sert rarement dans les parfums de corps. Cela s'explique par une raison chimique. Le groupe des esters n'est pas aussi stable en présence de la transpiration que les ingrédients des parfums plus coûteux à base d'huiles essentielles. Ceux-ci sont d'habitude des hydrocarbures (terpènes), des cétones et des oxydes de diéthyle extraits de sources naturelles. Toutefois, les esters ne sont utilisés que dans les eaux de toilette bon marché, car quand ils entrent en contact avec la sueur, il se produit une réaction d'hydrolyse qui engendre produisent des acides organiques. Contrairement aux esters précurseurs, ces acides sentent généralement mauvais. Par exemple, l'acide butyrique dégage une forte odeur s'apparentant à celle du beurre rance (dont il est d'ailleurs un ingrédient) et il est en fait un des composants de ce que nous appelons normalement « odeur corporelle ». C'est cette substance qui rend les humains malodorants si faciles à détecter pour un animal se trouvant sous le vent par rapport à eux. Elle est aussi très

utile au limier entraîné pour repérer ne serait-ce qu'un soupçon de cette odeur. Les **esters** de l'acide butyrique, soit le butyrate d'éthyle et le butyrate de méthyle, ont la même odeur que l'ananas et la pomme, respectivement.

Une odeur douce de fruit présente un autre désavantage : elle risque d'attirer les mouches à fruits et d'autres insectes en quête de nourriture. Le cas de l'acétate d'isoamyle, solvant bien connu appelé « essence de banane », est particulièrement intéressant. Il est identique à la **phéromone** d'alarme de l'abeille domestique. Le mot « phéromone » désigne un produit chimique sécrété par un organisme et suscitant une réaction bien précise de la part d'un autre membre de la même espèce. Ce mode de communication est courant chez les insectes qui ont autrement peu de moyens de s'accoupler. Quand une abeille domestique pique un intrus, une phéromone d'alarme, composée en partie d'acétate d'isoamyle, est sécrétée avec le venin. Ce produit chimique incite d'autres abeilles à attaquer l'intrus agressivement et en masse. De toute évidence, il ne serait pas sage de porter un parfum composé d'acétate d'isoamyle à proximité d'une ruche!