

DE LA STRUCTURE À QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE LA MATIÈRE

Rebecca Guélin

- Objectifs**
- Relier certaines propriétés physiques d'une espèce chimique à leur structure.
 - Comparer les solubilités d'une espèce chimique dans l'eau ou dans un solvant organique en analysant les structures du soluté et des solvants.
 - Concevoir et réaliser une extraction.

Première STL (PCM-SPCL)

Chimie et développement durable/Synthèse chimique

Notions et contenus Extraction par solvant.
Propriétés physiques.

De la structure spatiale des espèces chimiques à leurs propriétés physiques

Notions et contenus Formule chimique de molécules organiques.
Polarité.
Liaisons intermoléculaires.
Lien entre structure et propriétés physiques.

Solvants et solutés

Notions et contenus Solvants usuels, dissolution.

Compétences mobilisées Restitution des connaissances **RCO**
S'approprier **APP**
Analyser / Raisonner **ANA/RAI**
Réaliser **REA**
Valider **VAL**
Communiquer **COM**

La structure des molécules permet, entre autres, d'interpréter certaines de leurs propriétés physiques.

Les applications qui en découlent sont nombreuses et permettent d'appréhender un avenir plus respectueux de l'environnement.



La chimie face à l'environnement © D.R.

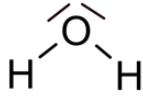
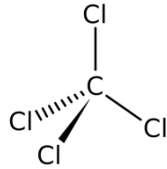
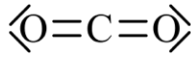
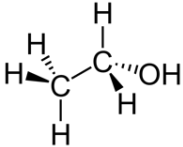
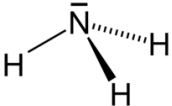
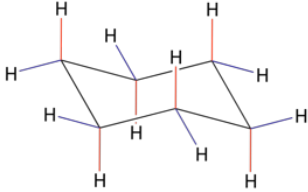
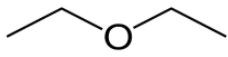
Partie A : Comment interpréter les liaisons intermoléculaires responsables de la cohésion de la matière ?

La représentation spatiale des espèces chimiques permet de mieux appréhender les interactions qui existent entre les molécules.

1

ANA/RAI Pour chacune des molécules suivantes :

- indiquer si elles sont polaires ou apolaires ;
- préciser la nature des liaisons intermoléculaires qui existent entre elles.

Molécule	Nom	Polarité	Liaisons intermoléculaires
	eau	.....	.....
	tétra-chlorocarbone	.....	.....
	dioxyde de carbone	.....	.....
	éthanol	.....	.....
	ammoniac	.....	.....
	cyclohexane	.....	.....
	diéthoxyde (éther)	.....	.....

Partie B : Les acides gras

Solubilité et températures de changement d'état des espèces chimiques sont reliées à leur structure.

Document 1 : Extraction

Les composés odorants sont faiblement polaires. Pour les extraire, on utilise donc des solvants faiblement polaires ou apolaires de type hexane ou éther de pétrole, et on récupère ce qu'on appelle une concrète. La principale limitation de cette concrète, c'est qu'elle n'est pas soluble dans l'éthanol du fait de la présence des composés gras (triglycérides, acides gras et autres composés peu polaires comme les hydrocarbures et les pigments).



B Fleurs traitées afin d'extraire une huile essentielle.

C Matière végétale traitée sur solvant apolaire.

D'après *Ingrédients odorants et design olfactif*
www.mediachimie.org/sites/default/files/sens_p97.pdf



2 ANA/RAI L'éther de pétrole est un mélange d'alcane dont la température d'ébullition est relativement basse (45-60 °C). Expliquer en termes d'interactions intermoléculaires pourquoi l'éther de pétrole est utilisé pour extraire les composés odorants.

.....

.....

.....



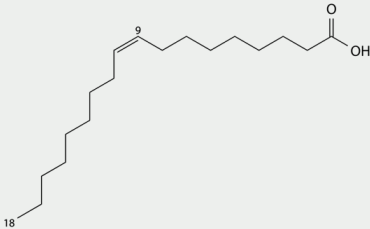
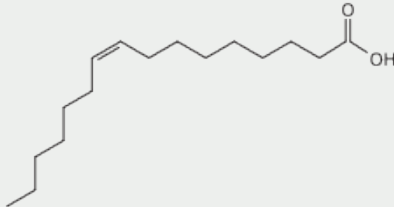
.....

.....



Éther de pétrole
 © Laboratoire Roth

Document 2 : Étude de deux acides gras

	Acide oléique, présent dans l'huile d'olive	Acide palmitoléique, présent dans l'argousier
		
Formule topologique		
Densité à 20 °C	0,898	0,895
Température de fusion	13,4 °C	1 °C
Température d'ébullition	360 °C	210 °C

3 APP Expliquer pourquoi ces deux molécules ne sont pas solubles dans l'eau.

4 REA Écrire les formules semi-développées de ces deux acides gras.

5 APP Dédire de leur structure pourquoi la densité et les températures de changement d'état de l'acide oléique sont supérieures à celle de l'acide palmitoléique.

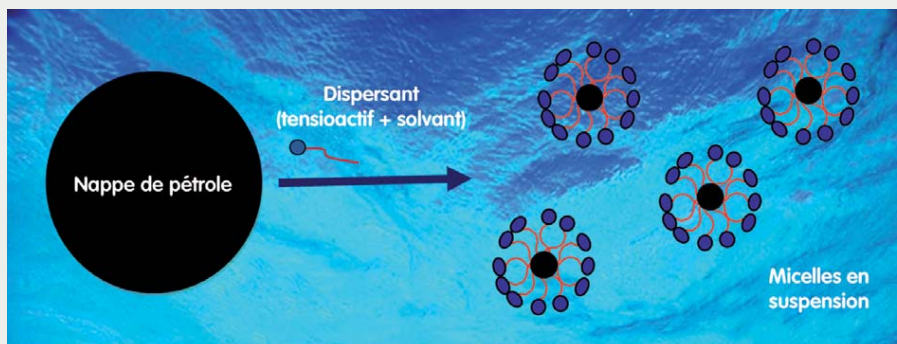
Partie C : La dispersion, une technique pour lutter contre les marées noires

La chimie des molécules amphiphiles trouve notamment des applications au service du sauvetage de la faune et de la flore des mers et océans.

Document 3 : Les agents dispersants : des tensioactifs dans du solvant

Un tensioactif est un composé qui modifie la tension superficielle entre deux surfaces. Les composés tensioactifs sont des molécules amphiphiles, c'est-à-dire qu'elles présentent deux parties de polarité différente : une « tête polaire » (hydrophile : miscible dans l'eau) et une « queue lipophile » (qui retient les matières grasses).

Grâce à cette structure, les tensioactifs utilisés dans les formules de dispersants (neutres, non ioniques) ont le pouvoir de piéger le pétrole (matière grasse constituée d'hydrocarbures) dans l'eau de mer, en formant des micelles : on obtient alors une suspension de particules de pétrole dans l'eau. C'est le principe de la dispersion.

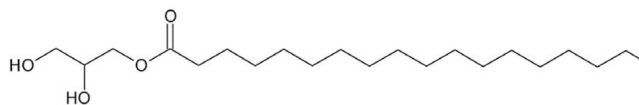


D'après *La lutte physico-chimique contre les marées noires : trente ans d'expérience*

www.mediachimie.org/sites/default/files/mer_165.pdf



Le monostéarate de glycérol est un tensioactif non ionique :



6 APP Justifier son caractère amphiphile.

Document 4 : Le naufrage de l'Amoco Cadiz



En 1978, le naufrage de l'Amoco Cadiz qui transportait 240 000 tonnes de pétrole a provoqué la pire marée noire en Europe.
© AFP

- 7 **APP** Interpréter la formation de nappes de pétrole à la surface de l'eau lors du naufrage d'un pétrolier.

.....

.....

- 8 **ANA/RAI** Expliquer la formation de micelles qui permettent de fractionner le pétrole sous forme de gouttelettes en suspension dans la mer.

.....

.....

Pour aller plus loin

Le dioxyde de carbone, un solvant vert

L'étude des liaisons intermoléculaires permet aussi d'élaborer de nouveaux procédés pour extraire une espèce chimique.

Document 5 : CO₂ supercritique

Au-delà d'une pression et d'une température dites « critiques », un fluide donné se trouve en phase « supercritique ». Il présente alors un comportement intermédiaire entre celui de l'état liquide et de l'état gazeux. Cela lui confère des propriétés particulières : une masse volumique élevée comparable à celle des liquides, un coefficient de diffusivité intermédiaire à celui des liquides et des gaz, et une faible viscosité proche de celle des gaz.

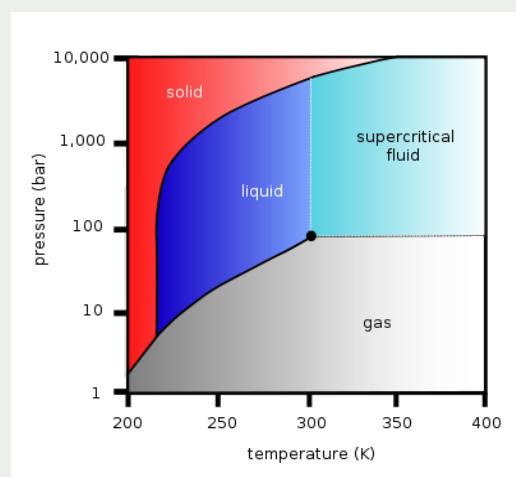


Diagramme d'état du CO₂

D'après « Le CO₂ supercritique et ses applications industrielles »,

Le journal de la société chimique de France

www.lactualitechimique.org/Le-CO2-supercritique-et-ses-applications-industrielles



- 9 **APP** Expliquer pourquoi le CO₂ supercritique présente le même pouvoir d'extraction que les solvants apolaires.

.....

.....

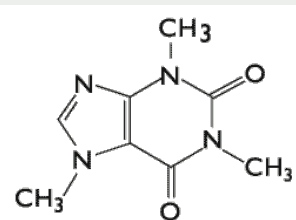
- 10 **ANA/RAI-COM** Énoncer les avantages de son utilisation. On précisera notamment pourquoi il représente un solvant plus « vert » que d'autres matières premières naturelles.

.....

.....

Document 6 : Le café décaféiné

Pour la décaféination du café, du CO_2 SC est introduit dans l'extracteur contenant les grains de café. Une première extraction au CO_2 SC permet de récupérer l'ensemble des arômes. Puis lors d'une seconde extraction, la caféine, soluble dans le CO_2 SC en présence d'eau, est extraite puis récupérée « pure » (avec un rendement de 99,5 %) en sortie de l'extracteur suite à l'évaporation du CO_2 à température ambiante. Le café ainsi décaféiné est aromatisé avec l'extrait obtenu lors du premier traitement. Du fait des faibles températures mises en œuvre et de l'absence de solvant organique, il présente un profil aromatique complet. La société Maxwell (États-Unis) décaféine ainsi 80 000 tonnes de grains de café par an. De son côté, la caféine extraite est revendue aux industries pharmaceutiques ou alimentaires. Il n'y a donc que très peu de déchets formés à l'issue de ce procédé, le rendant économiquement et écologiquement viable depuis maintenant une trentaine d'années.



Molécule de la caféine

D'après « Le CO_2 supercritique et ses applications industrielles »,

Le journal de la société chimique de France

www.lactualitechimique.org/Le-CO2-supercritique-et-ses-applications-industrielles



11 ANA/RAI Commenter la polarité des molécules des arômes du café.

.....

.....

.....

12 ANA/RAI Expliquer pourquoi la caféine est soluble dans le CO_2 en présence d'eau.

.....

.....

.....

Partie D : Activité expérimentale : extraction du benzaldéhyde contenu dans le sirop d'orgeat






Le benzaldéhyde de formule c1ccccc1C=O est une espèce chimique responsable de l'odeur des amandes amères. On l'utilise notamment pour parfumer les pâtisseries.



- 13** ANA/RAI Indiquer la nature de la phase contenant le benzaldéhyde dans le sirop d'orgeat.
- 14** ANA/RAI En vous appuyant sur le document 5, proposer un protocole expérimental pour extraire le benzaldéhyde contenu dans volume $V=20$ mL de sirop d'orgeat par une extraction liquide-liquide en justifiant le choix du solvant choisi.
- 15** APP Faire un schéma en précisant dans quelle phase se situe le benzaldéhyde. Justifier.
- > Appeler le professeur pour vérifier le protocole et le schéma**
- 16** REA Réaliser l'extraction du benzaldéhyde en respectant les consignes de sécurité.
- 17** ANA/RAI Proposer un protocole expérimental pour isoler le benzaldéhyde du solvant extracteur.
- 18** ANA/RAI-VAL L'extrait naturel d'amande amère est constitué de plusieurs espèces chimiques dont le benzaldéhyde. Proposer une technique de séparation pour déterminer si le sirop d'orgeat contient l'arôme naturel ou du benzaldéhyde de synthèse.

Document 7 : Quelques propriétés physiques de solvants

	Eau	Diéthyloxyde (éther)	Dichlorométhane	Éthanol
eau		non miscible	non miscible	miscible
diéthyloxyde (éther)	non miscible		miscible	miscible
dichlorométhane	non miscible	miscible		miscible
éthanol	miscible	miscible	miscible	

	Densité	Solubilité du benzaldéhyde	Température d'ébullition	Pictogrammes de sécurité
eau	1,00	très faible	100 °C	
diéthyloxyde (éther)	0,71	très forte	35 °C	 
éthanol	0,79	très forte	80,7 °C	 
dichlorométhane	1,32	forte	39 °C	

A : Les liaisons intermoléculaires

1.

Nom	Polarité	Liaisons intermoléculaires
eau	polaire	liaisons hydrogène et Van der Waals
tétrachlorocarbène	apolaire	interactions de Van der Waals
dioxyde de carbone	apolaire	interactions de Van der Waals
éthanol	polaire	liaisons hydrogène et Van der Waals
ammoniac	polaire	liaisons hydrogène et Van der Waals
cyclohexane	apolaire	interactions de Van der Waals
diéthoxyde (éther)	polaire	interactions de Van der Waals

B : Les acides gras

2. L'éther de pétrole constitué d'un mélange d'alcane est donc un solvant apolaire : il solubilise les composés odorants apolaires ou faiblement polaires, grâce aux interactions de van der Waals.

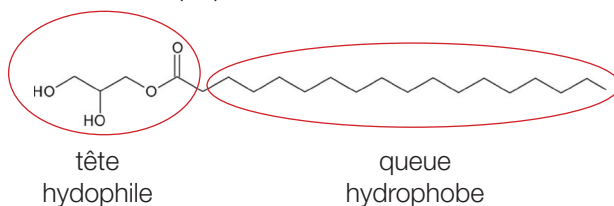
3. Les acides gras présentent une longue chaîne carbonée apolaire, hydrophobe.

4. Acide oléique : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$
Acide palmitoléique : $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}_2\text{H}$

5. Ces acides gras présentent la même forme, mais la longueur de la chaîne carbonée de l'acide oléique est plus grande. La masse molaire et les interactions de Van der Waals sont donc plus importantes dans le cas de l'acide oléique, l'énergie nécessaire pour éloigner les molécules les unes des autres est plus importante, d'où une température de fusion et d'ébullition plus élevées. Par ailleurs, les molécules étant plus proches à une température donnée, la densité est plus grande.

C : La dispersion

6. Le monostéarate de glycéril présente un caractère amphiphile, comme tous les tensioactifs :



7. Le pétrole est constitué d'hydrocarbures, molécules apolaires. Les molécules hydrophobes se regroupent pour former des nappes de pétrole.

8. Les dispersants sont composés de molécules présentant d'un côté une affinité pour les graisses et de l'autre une affinité pour l'eau. La pulvérisation d'un tensioactif sur le pétrole combinée au mouvement perpétuel de la mer permet de solubiliser le pétrole dans l'eau de mer sous forme de micelles. La toxicité du pétrole s'estompe lorsque les micelles de pétrole sont suffisamment disséminées dans l'eau de mer.

9. Le CO_2 supercritique présente le même pouvoir d'extraction que les solvants apolaires : c'est une molécule apolaire qui présente un comportement intermédiaire entre celui de l'état liquide et de l'état gazeux.

10. Le dioxyde de carbone est le fluide supercritique le plus utilisé car il présente des avantages notables : non toxique, non polluant, non inflammable et largement disponible à haute pureté, à des coûts modérés.

Remarque : les conditions d'obtention du CO_2 SC sont relativement modérées (au-delà de 73,8 bars, à seulement 31 °C), ce qui en fait un solvant « vert » ayant des applications industrielles innovantes.

11. Les molécules des arômes du café étant solubles dans le CO_2 SC, solvant apolaire, sont donc apolaires.

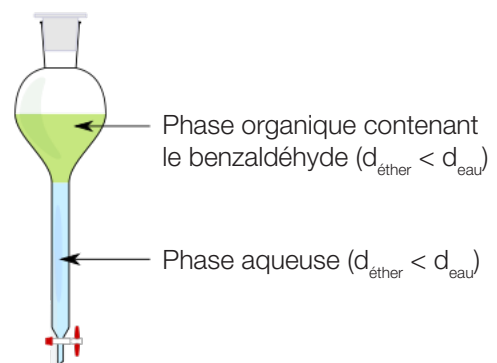
12. La molécule de la caféine est polaire : ajouter de l'eau (molécule polaire) au CO_2 (apolaire) permet d'accroître sa solubilité dans le solvant.

D : Activité expérimentale

13. La phase contenant le benzaldéhyde dans le sirop d'orgeat est une phase aqueuse.

14. Dans une ampoule à décanter, introduire 20 mL de sirop d'orgeat et une dizaine de mL d'éther diéthylique (un solvant qui solubilise mieux le benzaldéhyde que l'eau, non miscible à l'eau et de densité différente). Agiter et laisser reposer avant de récupérer la phase organique (phase supérieure).

15.



16. Manipulation.

17. Pour isoler le benzaldéhyde, il suffit d'évaporer le solvant à l'aide d'un montage de distillation ou d'un évaporateur rotatif.

18. Réaliser une CCM en faisant trois dépôts : le benzaldéhyde, l'arôme naturel d'amande amère et l'arôme extrait du sirop d'orgeat. Analyser le chromatogramme. Si l'arôme extrait ne révèle pas toutes les taches à la même hauteur que celles de l'arôme naturel, mais seulement celle correspondant au benzaldéhyde de référence, l'arôme du sirop n'est pas naturel.