

Chapitre 16 : Extraction, identification et synthèse d'espèces chimiques

1. Qu'est-ce qu'une espèce chimique ?



La garance est une plante dont les racines fournissent un colorant rouge utilisé depuis 1835 pour teindre les pantalons des fantassins et des cavaliers de l'armée française



L'écorce de saule est connue au moins depuis l'Antiquité pour ses vertus curatives. Elle contient de l'acide salicylique à l'origine de l'aspirine (acide acétylsalicylique)

Définitions :

- Une **espèce chimique** est caractérisée par son aspect (état physique, couleur), par son nom, sa formule chimique et par ses propriétés physiques caractérisées par des grandeurs physiques : solubilité, masse volumique, densité,...
- Les espèces chimiques présentes dans la nature sont appelées **espèces chimiques naturelles** et les espèces chimiques fabriquées en laboratoire sont appelées **espèces chimiques synthétiques** (copie de l'espèce chimique naturelle) ;
- Une substance constituée d'une seule espèce chimique est un **corps pur** ;
- Une substance constituée de plusieurs espèces chimiques forme un **mélange**.

Remarque : principe actif et excipient dans un médicament

Un médicament est constitué d'un ou plusieurs principes actifs ainsi que d'excipients :

- Le **principe actif** (ou substance active) est l'espèce chimique qui a un rôle thérapeutique : elle traite la maladie dont souffre le patient ;
- Les **excipients** sont des espèces chimiques non actives : ils assurent la consistance, la forme, la couleur, la stabilité du médicament et facilitent son absorption par l'organisme.

2. Caractéristiques physiques d'une espèce chimique

2.1. La solubilité

Définition :

La **solubilité** d'une espèce chimique dans un solvant est la masse maximale de cette espèce chimique que l'on peut dissoudre dans un litre de solvant, à une température donnée. Elle se note **s** et s'exprime en **gramme par litre** (symbole : **g.L⁻¹**). La solution ainsi obtenue est alors **saturée**.

Remarque : la solubilité dépend de la température.

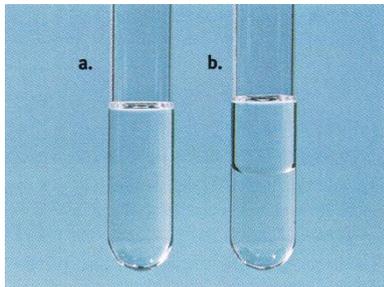
Soluté	Solvant	Solubilité (en g.L ⁻¹)		
		0°C	20°C	100°C
NaCl _(s) (chlorure de sodium)	Eau	356,5	358,9	389,9
C ₆ H ₁₂ O ₆ (Glucose)	Eau	?	700	900

2.2. La miscibilité

Définition :

Deux liquides sont **miscibles** s'ils forment, lorsqu'on les mélange, un **mélange homogène**. S'ils forment un **mélange hétérogène** (avec deux phases distinctes) alors les liquides sont dits **non miscibles**.

Exemple :



Mélange de solvants

a : l'eau et l'éthanol sont miscibles (le mélange formé est homogène)

b : l'eau et le cyclohexane ne sont pas miscibles (le mélange formé est hétérogène)

2.3. La masse volumique

Définition :

La **masse volumique** d'une espèce chimique est le quotient de la masse **m** d'un échantillon de cette espèce chimique par son volume **V**. Elle se note **ρ** (ou μ) et s'exprime en **kilogramme par mètre cube** (symbole : $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

m = masse de l'échantillon (en kg)

V = volume de l'échantillon (en m^3)

ρ = masse volumique de l'espèce chimique (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

Exemples :

Espèce chimique	Eau	Éthanol	Cyclohexane
Masse volumique à 20°C (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	1000	790	779,1
Masse volumique à 20°C (en $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)	1	0,790	0,779

Remarque : masse d'un échantillon

On peut déterminer la masse **m** d'un échantillon d'une espèce chimique à partir de la masse volumique de l'espèce chimique et du volume qu'occupe l'échantillon :

$$m = \rho \times V$$

V = volume de l'échantillon (en m^3)

ρ = masse volumique de l'espèce chimique (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

m = masse de l'échantillon (en kg)

Exercice : Déterminez la masse **m** d'un volume **V** = 2,0 m^3 d'éthanol.

Réponse : $\rho_{\text{éthanol}} = 790 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$m = \rho_{\text{éthanol}} \times V \Rightarrow m = 790 \times 2,0 = 1,6 \times 10^3 \text{ kg}$$

2.4. La densité

Définition :

La **densité** d'une espèce chimique (solide ou liquide) est le quotient de la masse volumique **ρ** de l'espèce chimique par la masse volumique **ρ_{eau}** de l'eau. Elle se note **d** et n'a pas d'unité :

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

ρ = masse volumique de l'espèce chimique (en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

ρ_{eau} = masse volumique de l'eau (= 1000 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

d = densité (sans unité)

Exemples :

Espèce chimique	Eau	Éthanol	Cyclohexane
Densité (à 20°C)	1	0,79	0,78

Remarque : masse d'un échantillon

On peut déterminer la masse m d'un échantillon d'une espèce chimique à partir de la densité de l'espèce chimique et du volume qu'occupe l'échantillon :

$$m = d \times \rho_{\text{eau}} \times V$$

d = densité de l'espèce chimique (sans unité)

$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

V = volume de l'échantillon (en m^3)

m = masse de l'échantillon (en kg)

Exercice : Déterminez la masse m d'un volume $V = 0,50 \text{ m}^3$ d'éthanol.

Réponse : $d_{\text{éthanol}} = 0,79$ $m = d_{\text{éthanol}} \times \rho_{\text{eau}} \times V \Rightarrow m = 0,79 \times 1,0 \times 10^3 \times 0,50 = 4,0 \times 10^2 \text{ kg}$

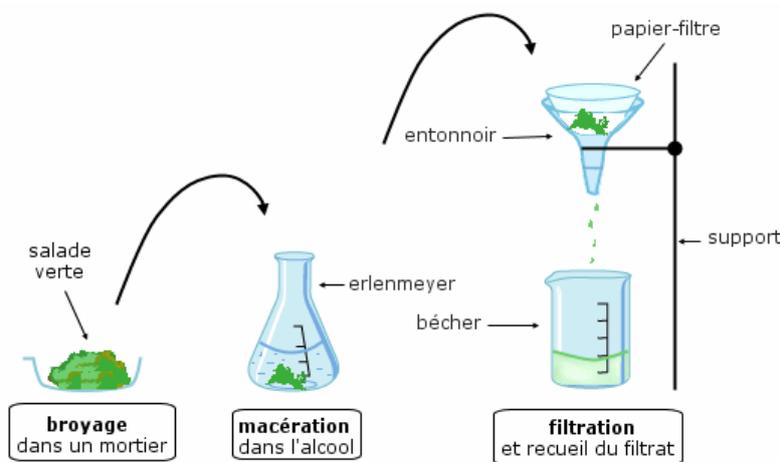
3. Les techniques d'extraction et de séparation d'espèces chimiques

3.1. Extraction par solvant (ou directe)

Principe

Une espèce chimique présente dans une substance naturelle (feuille, écorce, fruit,...) peut être extraite par un solvant extracteur si la solubilité de l'espèce chimique à extraire est grande dans ce solvant. C'est l'**extraction par solvant** encore appelée aussi extraction directe.

Protocole expérimental :



Remarque : autres techniques d'extraction directe

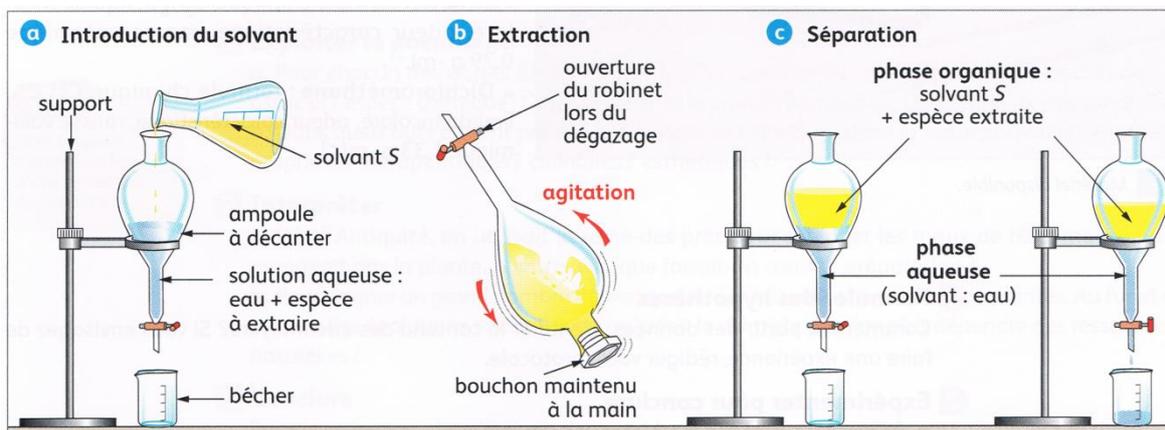
- La **décoction** est une méthode d'extraction d'espèces chimiques d'une préparation généralement végétale par dissolution dans l'eau bouillant : on chauffe la substance avec de l'eau, jusqu'à ce que cette dernière soit bouillante (frémillante), pour en extraire l'espèce chimique.
- L'**infusion** est une méthode d'extraction d'espèces chimiques d'un végétal par dissolution dans un liquide initialement bouillant que l'on laisse refroidir. C'est le contraire d'une décoction.

3.2. Extraction liquide-liquide

Principe

L'espèce chimique à extraire se trouve dans un solvant initial que l'on va mettre en contact avec un autre solvant dans lequel la **solubilité** de l'espèce chimique à extraire est beaucoup plus grande. L'espèce chimique est alors extraite de son solvant initial et se retrouve majoritairement dans le **solvant d'extraction** (ou **extracteur**).

Protocole expérimental : (cas d'un solvant extracteur moins dense que l'eau)



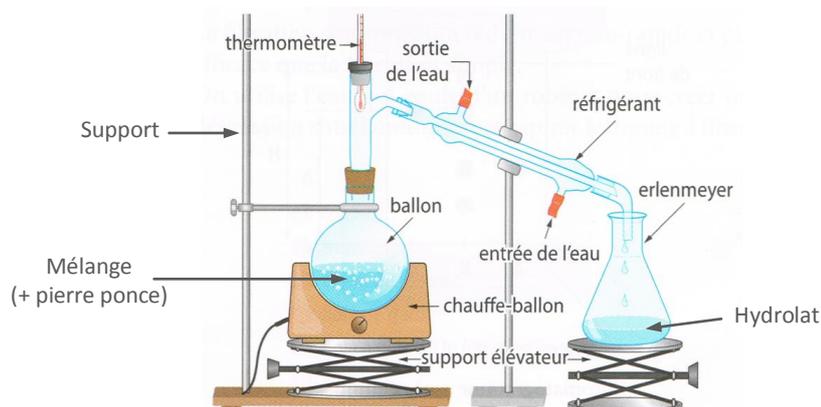
Source : NATHAN 2nd, Collection SIRIUS

3.3. Extraction par hydrodistillation

Principe

Il s'agit de chauffer un composé, contenant l'espèce chimique, en présence d'une grande quantité d'eau : la chaleur favorise l'éclatement des cellules végétales qui libèrent l'espèce chimique à extraire. La vapeur d'eau formée entraîne l'espèce chimique sous forme gazeuse et forme après refroidissement un mélange hétérogène (2 phases) appelé **hydrolat**, contenant de l'eau et l'espèce chimique extraite.

Montage expérimental :



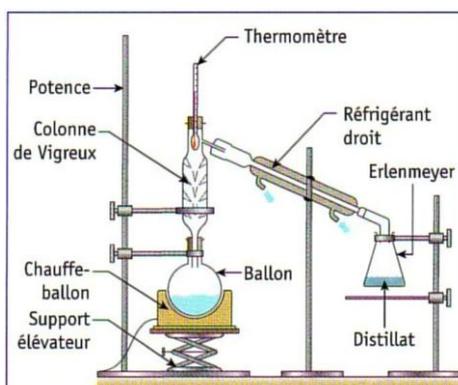
Protocole expérimental : voir TP n°20

3.4. Séparation par distillation

Principe

Il s'agit de chauffer un mélange homogène contenant des espèces chimiques liquides dont les températures d'ébullition sont différentes. Sous l'effet de la chaleur, les substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le **distillat**.

Montage expérimental :

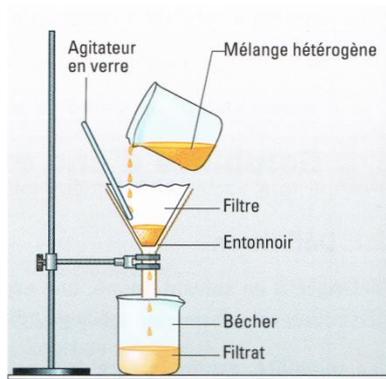


3.5. Séparation par filtration

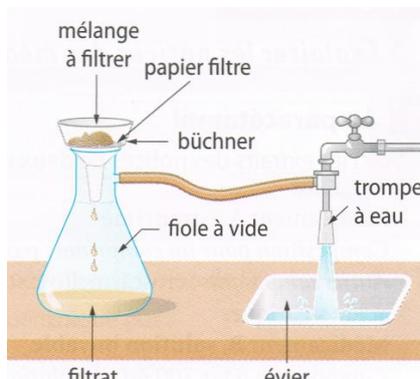
Principe

La **filtration** permet de séparer les constituants d'un mélange formé par deux phases : une phase liquide (le solvant contenant l'espèce chimique à extraire) et une phase solide contenant la substance naturelle de départ.

Protocole expérimental :



Filtration par gravité



Filtration sous pression réduite

4. Synthèse d'une espèce chimique (Voir TP n°21)

Toutes les espèces chimiques qui sont nécessaires à l'homme ne peuvent être prélevées dans la nature car les quantités dont on a besoin sont énormes. La **synthèse chimique** permet alors de fabriquer ces espèces chimiques par transformation chimique de matières premières (réactifs).

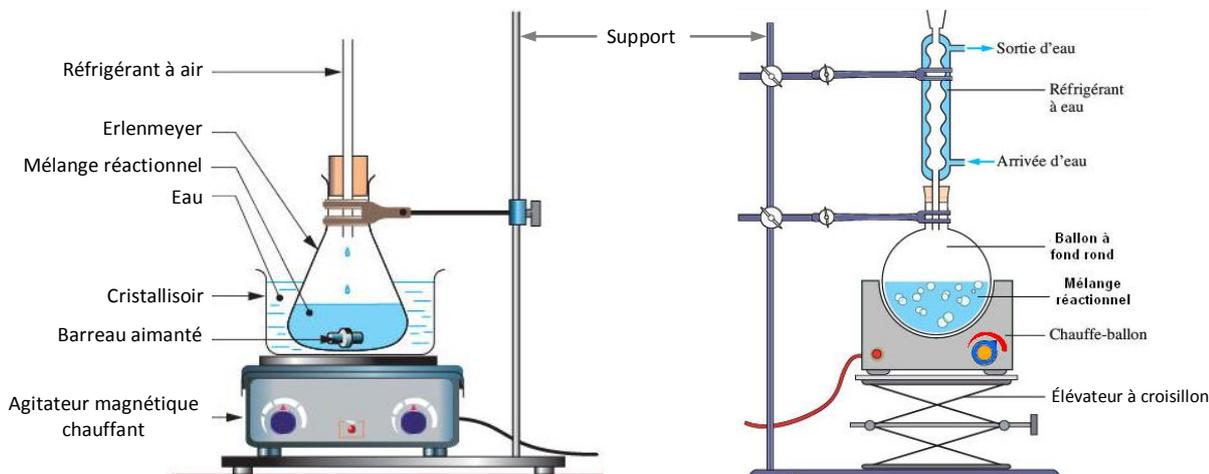
On distingue alors 3 types d'espèces chimiques :

- Les espèces chimiques **naturelles** : obtenues par extraction à partir de matières premières naturelles ;
- Les espèces chimiques **artificielles** : elles sont fabriquées par synthèse mais n'existent pas dans la nature ;
- Les espèces chimiques **synthétiques** : elles sont une copie d'espèces chimiques naturelles, elles sont très variées, plus performantes et moins chères que celles extraites de substances naturelles.

Principe

À partir de matières premières facilement disponibles, on fabrique des espèces chimiques en grande quantité et pour un coût peu élevé : des **réactifs** réagissent ensemble pour former un ou plusieurs **produits** dont l'espèce chimique attendue.

Montage expérimental : le montage de chauffage à reflux



→ Il faut ensuite réaliser une séparation puis une purification pour obtenir l'espèce chimique pure.

Protocole expérimental : voir TP n°21

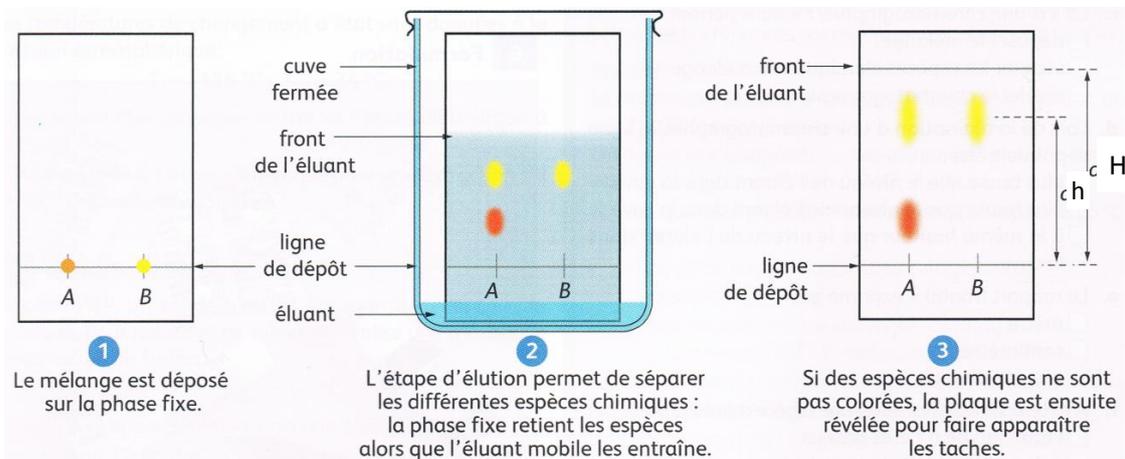
5. Les techniques d'identification d'une espèce chimique (Voir TP n°22)

5.1. La chromatographie sur couche mince (ou CCM)

Principe

La chromatographie est une méthode physique de séparation et d'identification d'espèces chimiques présentes dans un mélange. Elle est basée sur les différences d'affinité des espèces chimiques étudiées pour deux phases : la **phase fixe** (ou stationnaire) et la **phase mobile** (appelée « **éluant** »).

Protocole expérimental :



Source : NATHAN 2nd, Collection SIRIUS

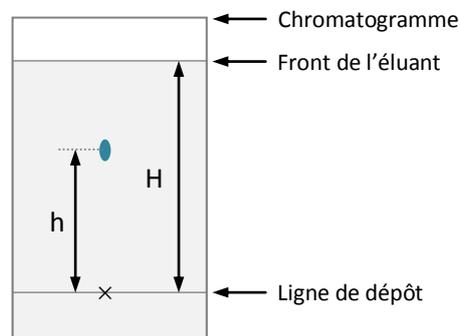
→ L'identification se fait par comparaison des taches avec celles d'espèces chimiques pures.

Définition :

Le **rapport frontal** R_f d'une espèce chimique, dans un éluant donné et sur un support donné, est défini par :

$$R_f = \frac{h}{H}$$

h = distance parcourue par l'espèce chimique
 H = distance parcourue par le front de l'éluant
 R_f = rapport frontal (sans unité)

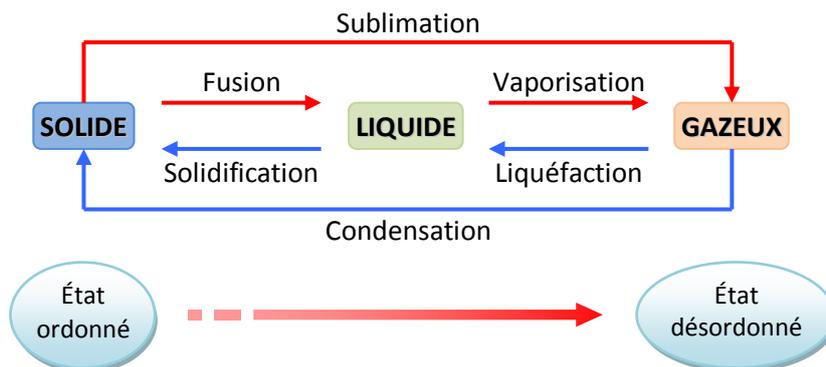


Remarque : les autres techniques de chromatographie

- La chromatographie sur colonne ;
- La chromatographie en phase gazeuse.

5.2. La température de changement d'état

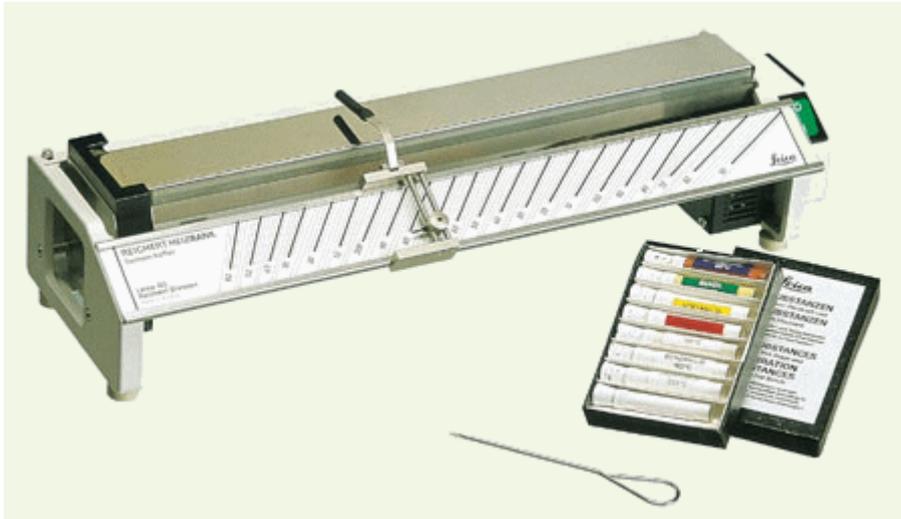
Rappels : les changements d'état



Les températures de changement d'état sont caractéristiques d'une espèce chimique :

- La **température d'ébullition** d'une espèce chimique, notée T_{eb} , est la température correspondant au passage de l'espèce chimique de l'état liquide à l'état gazeux, à une pression constante donnée ;
- La **température de fusion** d'une espèce chimique, notée T_f ou T_{fus} , est la température correspondant au passage de l'espèce chimique de l'état solide à l'état liquide, à une pression constante donnée.

Remarque : la température de fusion d'une espèce chimique (solide) donnée se mesure à l'aide d'un appareil appelé **banc Köfler**.



Le banc Köfler permet de mesurer la température de fusion d'une espèce chimique

Chapitre 16 : Extraction et identification d'espèces chimiques

Les objectifs de connaissance :

- Composition d'un médicament (principe actif, excipient) ;
- Faire la différence entre espèce chimique (naturelle ou synthétique), corps pur et mélange ;
- Connaître différente technique d'extraction et de séparation.

Les objectifs de savoir-faire :

- Identifier une espèce chimique (CCM ou caractéristiques physiques) ;
- Extraire ou séparer une espèce chimique d'un mélange ;
- Réaliser et interpréter une chromatographie sur couche mince ;
- Réaliser une hydrodistillation.

Je suis capable de	Oui	Non
- Définir les mots : espèce chimique, corps pur, mélange, solubilité, miscible, non miscible, masse volumique, densité, rapport frontal.		
- Reconnaître une espèce chimique naturelle d'une espèce chimique artificielle. (cf. §1)		
- Calculer la solubilité d'une espèce chimique. (cf. §2.1)		
- Déterminer si une espèce chimique est miscible ou non à un solvant. (cf. §2.2)		
- Calculer la masse volumique d'une espèce chimique. (cf. §2.3)		
- Calculer la densité d'une espèce chimique. (cf. §2.4)		
- D'expliquer le principe d'une extraction par solvant (ou directe) et le mettre en œuvre. (cf. §3.1)		
- D'expliquer le principe d'une extraction liquide-liquide et le mettre en œuvre. (cf. §3.2)		
- D'expliquer le principe d'une hydrodistillation et le mettre en œuvre. (cf. §3.3)		
- D'expliquer le principe d'une distillation. (cf. §3.4)		
- D'expliquer comment on réalise la synthèse d'une espèce chimique. (cf. §4)		
- D'expliquer le principe d'une chromatographie et le mettre en œuvre. (cf. §5.1)		
- Calculer un rapport frontal. (cf. §5.1)		

