

# Techniques chimiques pour la biologie



SCIENCES DE LA  
VIE



**Shop**



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



**Etudier**



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



**Emploi**



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# **CHAPITRE 3 : Techniques d'Extraction**

**Extraction solide – liquide**

**Extraction liquide - liquide**

## L'extraction solide - liquide

permet d'extraire par **solubilisation** les composants solubles de matières solides à l'aide d'un **solvant**.

Le **but** de cette extraction est de **dissoudre** sélectivement un ou plusieurs composés contenus dans **une phase solide** initiale par **un solvant adéquat**.

On peut utiliser successivement des liquides dont le pouvoir solvant vis-à-vis des constituants de la phase solide est différents = **dissolution fractionnée**

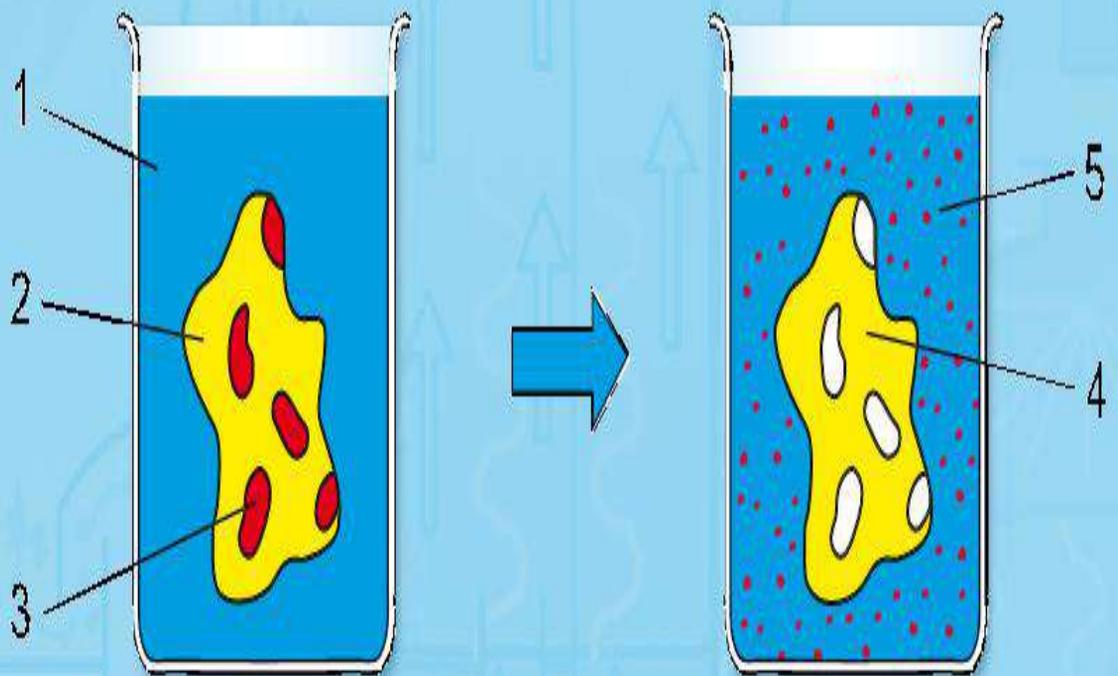
Les domaines d'application de l'opération unitaire sont par ex. l'obtention d'**huile** de fruits oléagineux ou le lavage **de minerais**.

Un exemple de tous les jours est celui de la préparation du café. Les substances aromatiques du café (**soluté**) sont extraites par solubilisation avec de l'eau (**solvant**) à partir du café en **poudre** (matière à extraire, composée de la phase stationnaire et le soluté).

Idéalement, on obtient le café buvable (**solvant avec substances** aromatiques dissoutes) et le café en poudre complètement lavé reste dans le filtre (**phase stationnaire**).



En réalité, la **phase stationnaire** contiendra toujours une partie du soluté dans la matière solide après l'extraction. En outre, il restera toujours une partie de solvant liée par adsorption à la phase stationnaire.



*Extraction schématique, avant extraction (à gauche) et après extraction (à droite):*

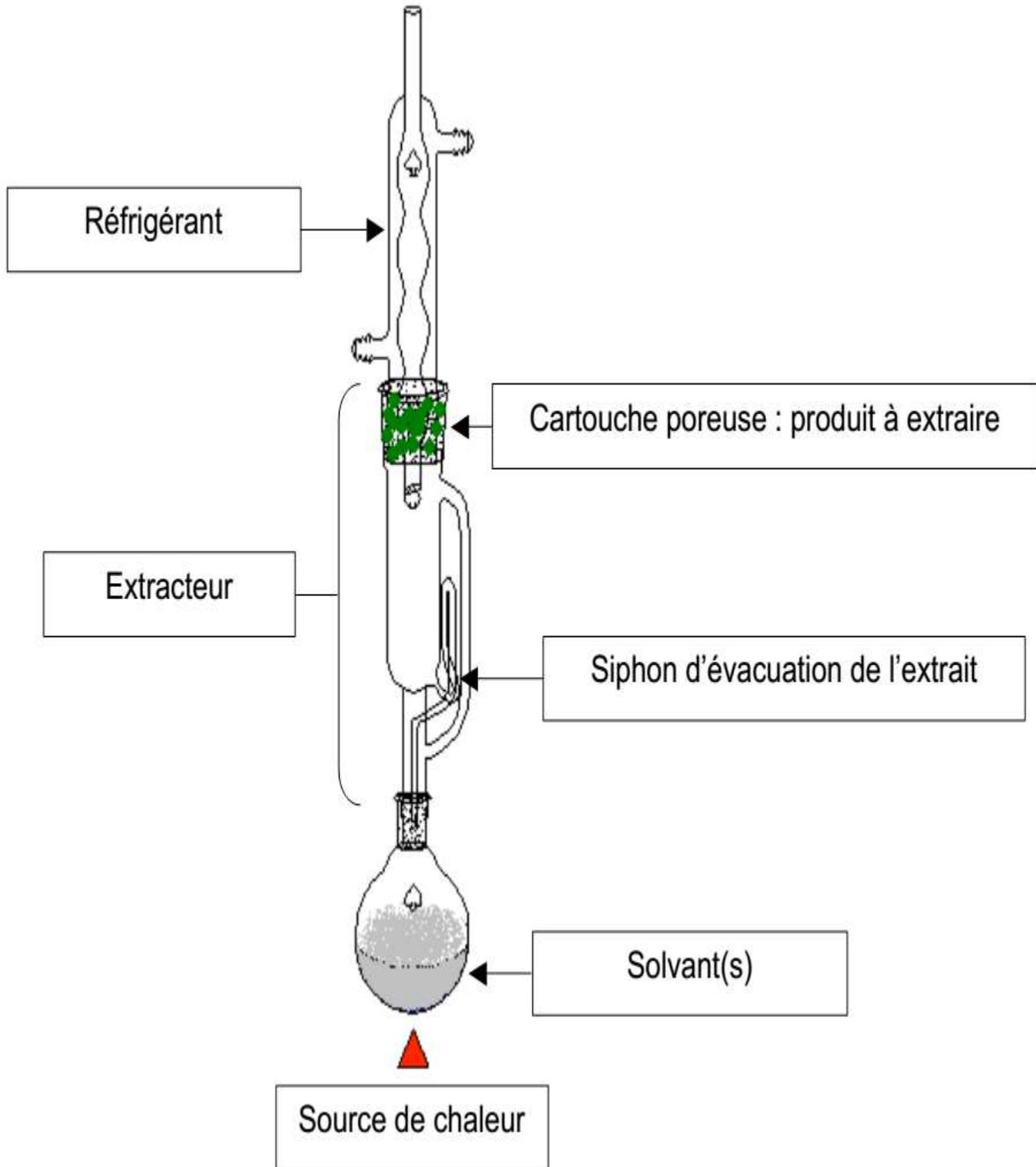
*1 solvant, 2 matière à extraire (phase stationnaire avec soluté),*

*3 soluté, 4 phase stationnaire lavée, 5 solvant avec soluté dissous*

Afin d'obtenir une **extraction** aussi **rapide** et **complète** que possible, le **solvant** nécessite de grandes **surfaces d'échange** et des chemins **diffusionnel** courts. Ceci peut être obtenu par le **broyage** de la matière solide à extraire.

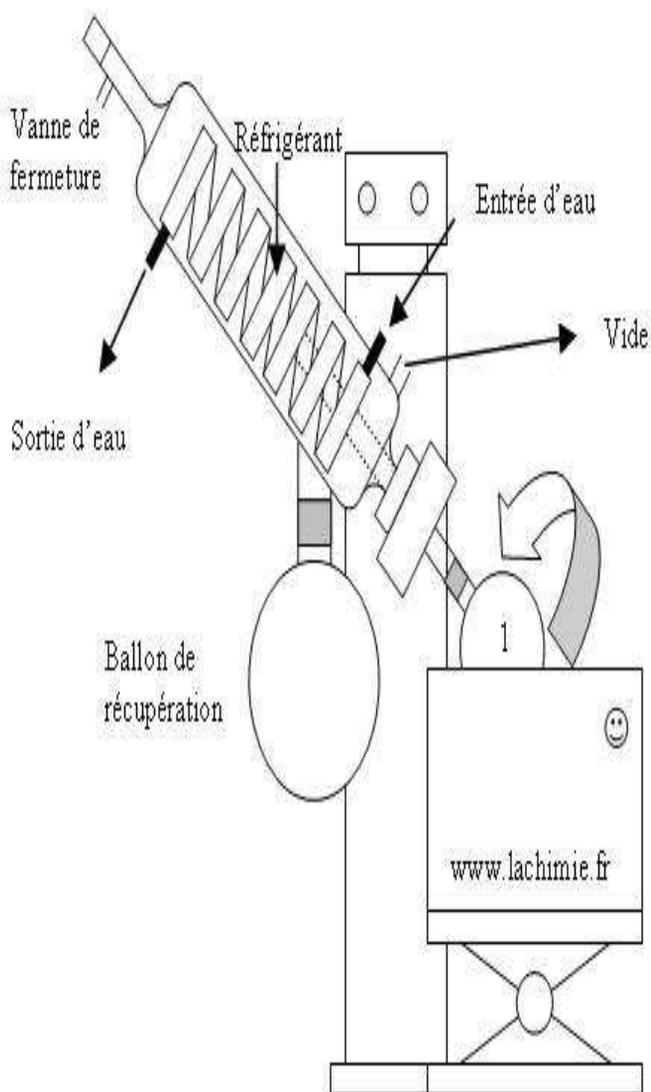
Une **granulométrie** trop **petite** peut entraîner la formation de **grumeaux** et rendre le **passage du solvant plus difficile**. Dans la forme la plus simple de cette opération unitaire la matière à extraire et le solvant sont bien mélangés. Ensuite, le solvant contenant le soluté dissous est séparé et régénéré.

La matière à extraire peut également être présente comme **lit fixe** et traversée par le **solvant**.



La **régénération** du solvant est le plus souvent effectuée par **évaporation / distillation**.

Le solvant est évaporé et il reste une solution d'extrait concentrée comme produit. Le solvant est condensé et peut être réutilisé.

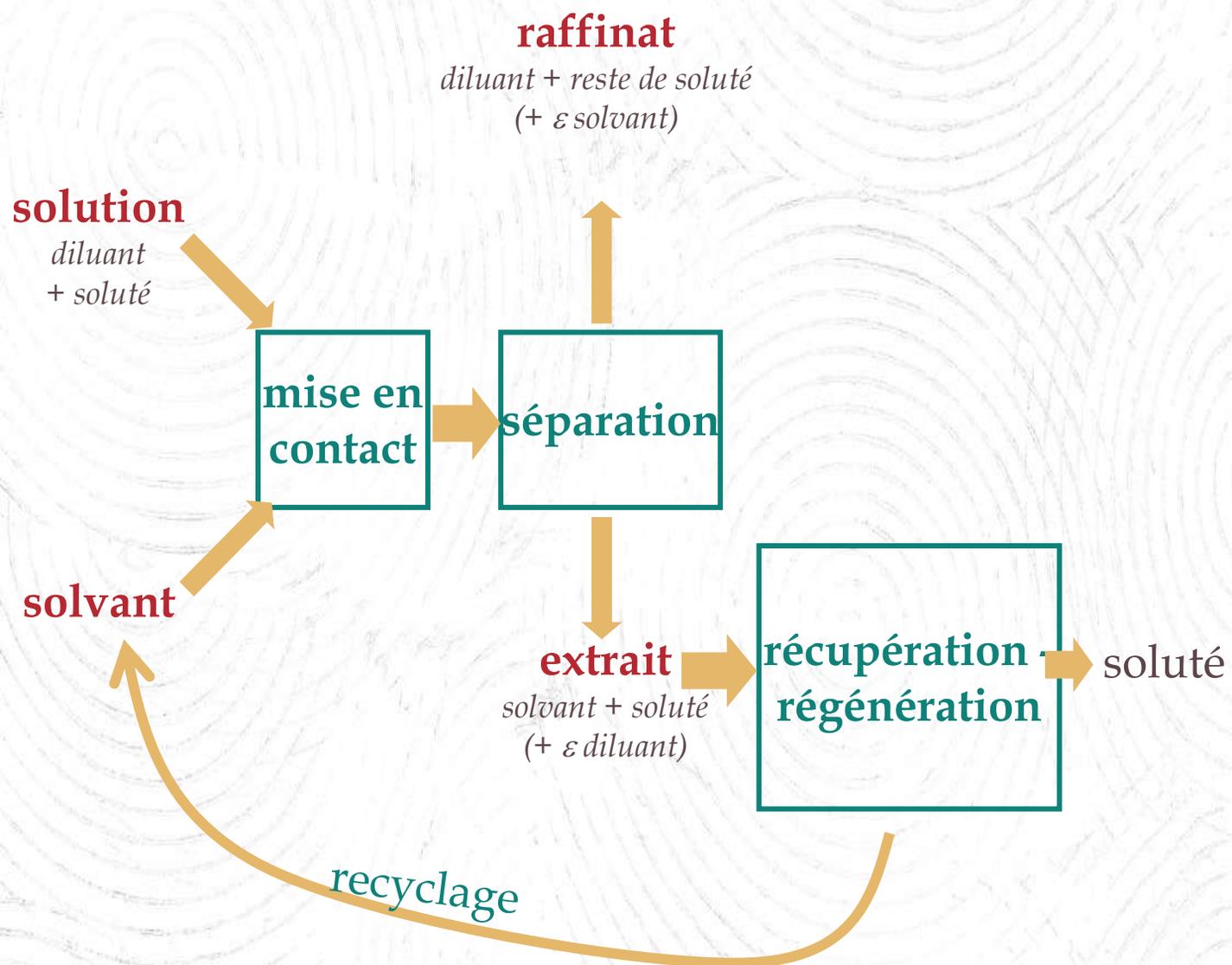


# Extraction liquide-liquide

## Chapitre 3

### EXTRACTION A CONTACT SIMPLE

# Principe



# INTRODUCTION

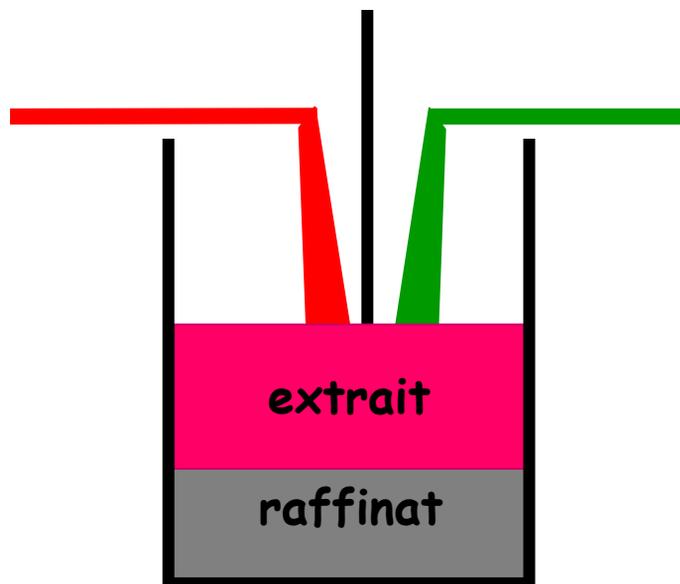
Considérons une solution F contenant du soluté B et du diluant A, dont la composition et la masse sont connues. On veut **extraire une partie du soluté** de la solution. On choisit pour cela un solvant pur approprié S.

Dans le cadre d'une extraction à contact simple, la solution F est mise en contact avec le solvant.

Sous l'effet d'une agitation, le solvant est dispersé sous forme de gouttelettes dans la phase riche en diluant.

A l'interface se crée un transfert de soluté de la phase diluant vers la phase solvant, jusqu'à un équilibre thermodynamique entre les phases.

Si l'agitation est arrêtée, il se produit une décantation avec séparation des phases. Si le solvant est moins dense (ce qui est souvent le cas), l'extrait se situe dans la partie supérieure, alors que le raffinat se concentre dans la partie inférieure.



Il s'agit de :

• **déterminer la composition et la masse de l'extrait et du raffinat pour une masse de solvant ajoutée,**

ou de

• **définir la masse de solvant nécessaire si on impose les compositions d'extrait et de raffinat.**

# Diagramme triangulaire

**soluté**

soluté

diluant

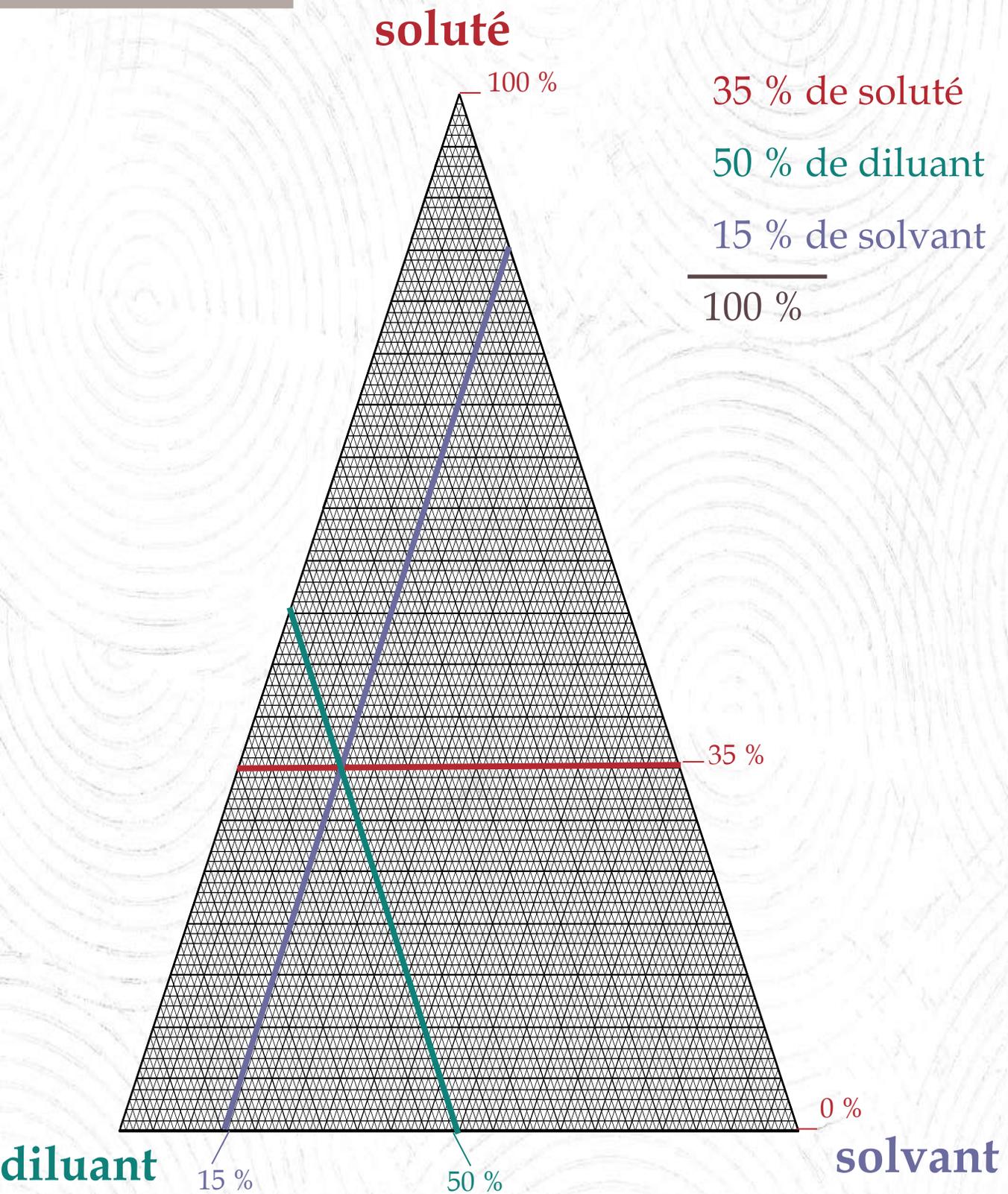
solvant

Chaque point du triangle (y compris à l'intérieur)  
correspond à l'une des compositions de mélange  
ternaire possible.

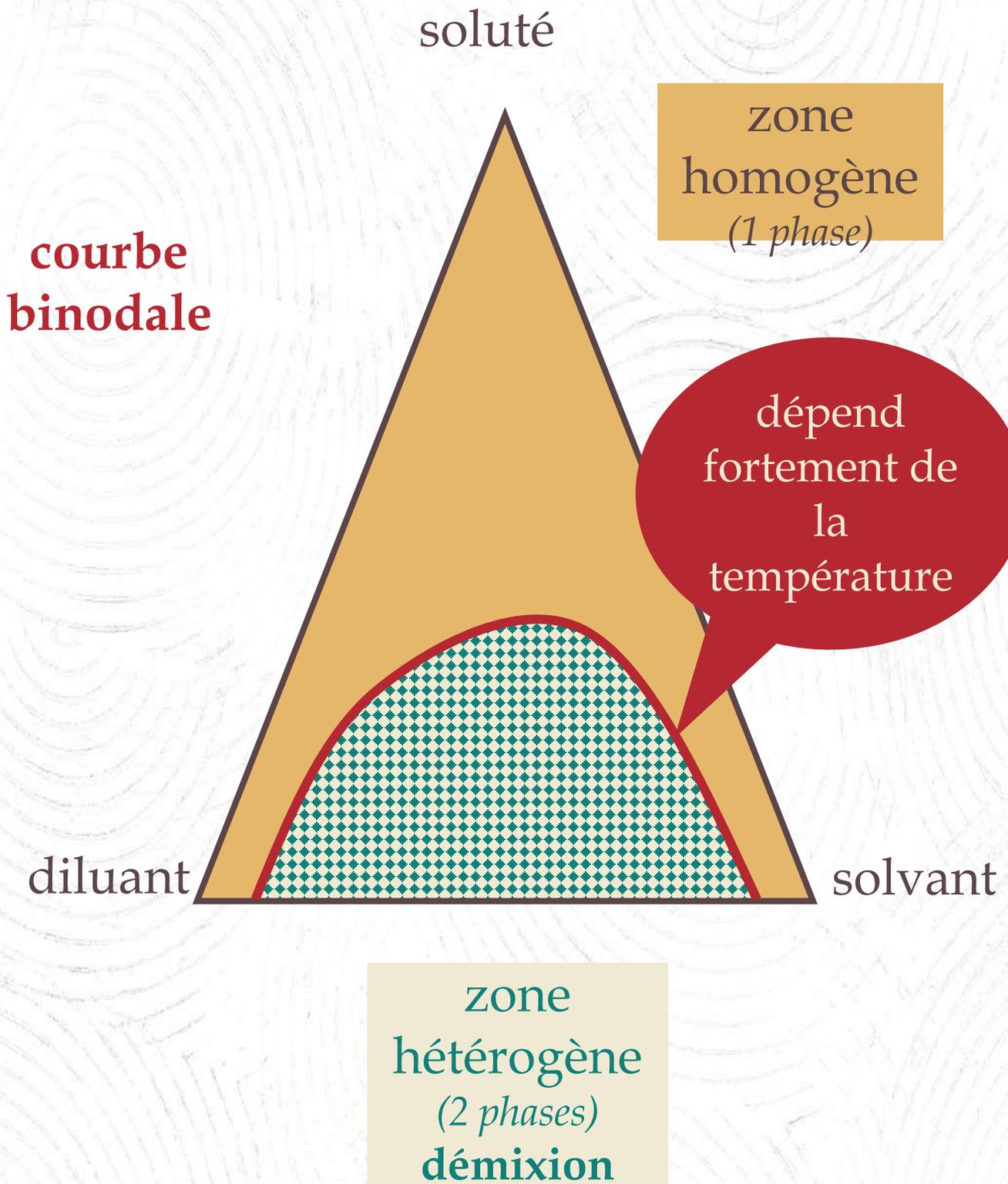
diluant

solvant

# Lecture du diagramme triangulaire



# Courbe binodale

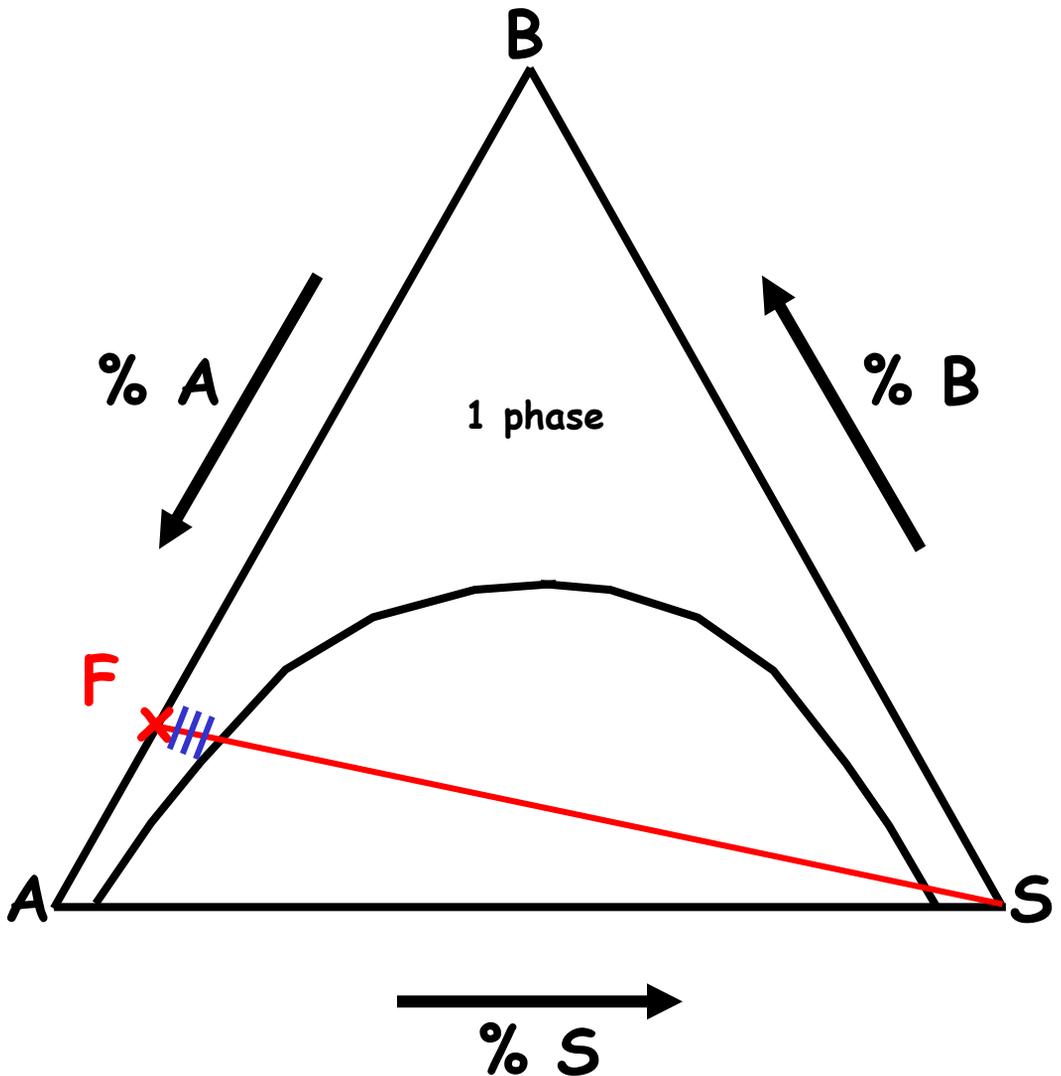


# NOTIONS DE QUANTITES MINIMALE ET MAXIMALE DE SOLVANT

Connaissant la composition de l'alimentation  $F$  (pourcentages de  $A$  et de  $B$ ), on peut placer sur le diagramme triangulaire le point correspondant à cette phase (sur le côté  $AB$  du triangle).

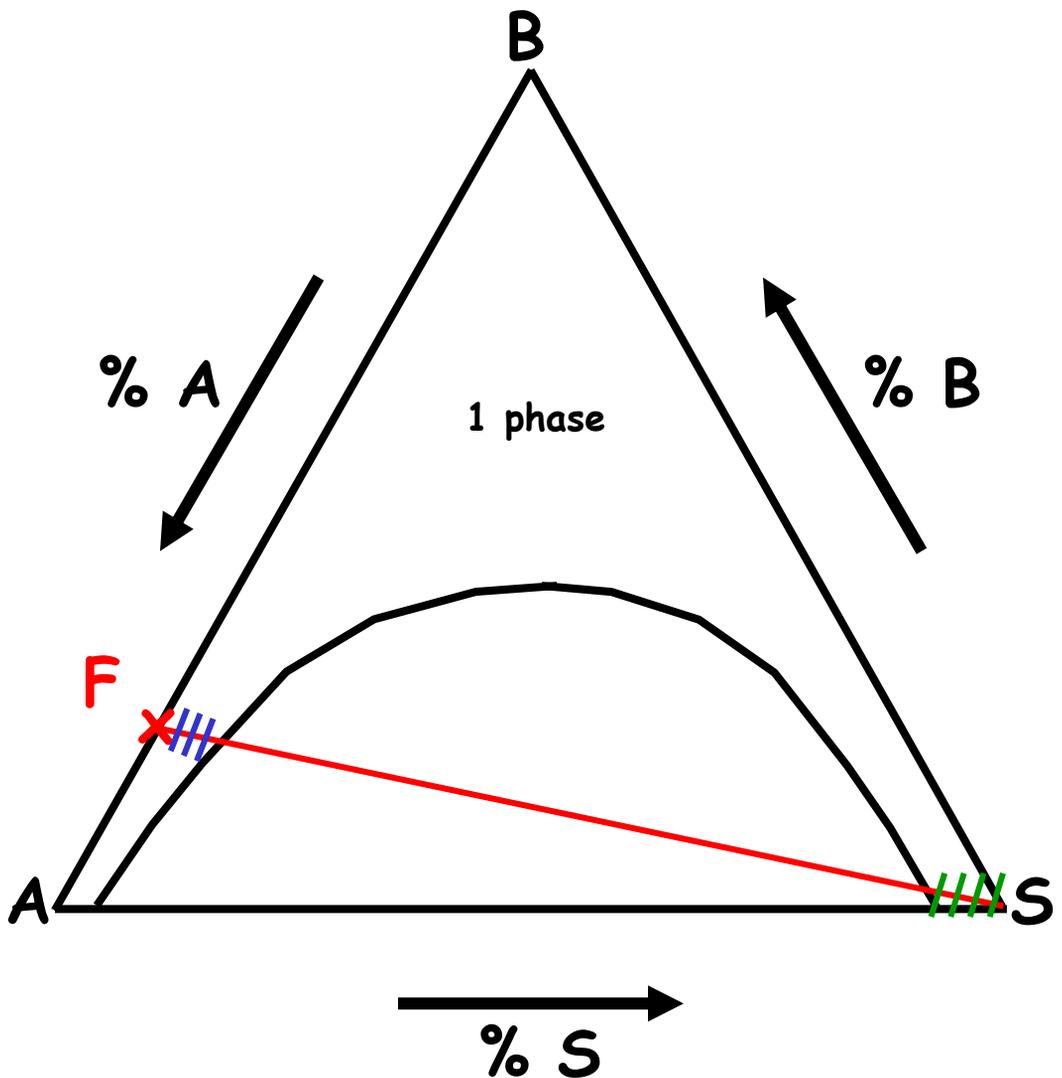
Si on ajoute du solvant pur  $S$ , on se déplace sur la droite  $FS$

Si la **quantité de solvant est faible**, le point représentatif du mélange peut être placé dans la zone hachurée en **bleu**. Toutefois, on se situe alors dans la zone du diagramme correspondant à un mélange ternaire constituant une seule phase. L'extraction n'est donc **pas possible** car la quantité de solvant est insuffisante.



Si la quantité de solvant est **élevée**, le point représentatif du mélange peut être placé dans la zone hachurée en **vert**, c'est à dire toujours dans la zone du diagramme correspondant à un mélange ternaire constituant une seule phase. L'extraction n'est, là encore, pas possible car la quantité de solvant est **trop importante**.

On peut donc établir les valeurs des **quantités minimale et maximale de solvant** permettant de réaliser l'extraction.



## Quantité minimale de solvant



La quantité minimale de solvant est celle à partir de laquelle on a apparition de deux phases. Le mélange correspondant est défini par le point  $M_{\min}$  placé sur l'isotherme de solubilité.

Cette quantité minimale de solvant peut être déterminée à l'aide des bilans matières :

- **Bilan global** : la masse du mélange,  $M_{\min}$ , est égale à la somme de la masse d'alimentation,  $F$ , et de la masse minimale de solvant,  $S_{\min}$ .

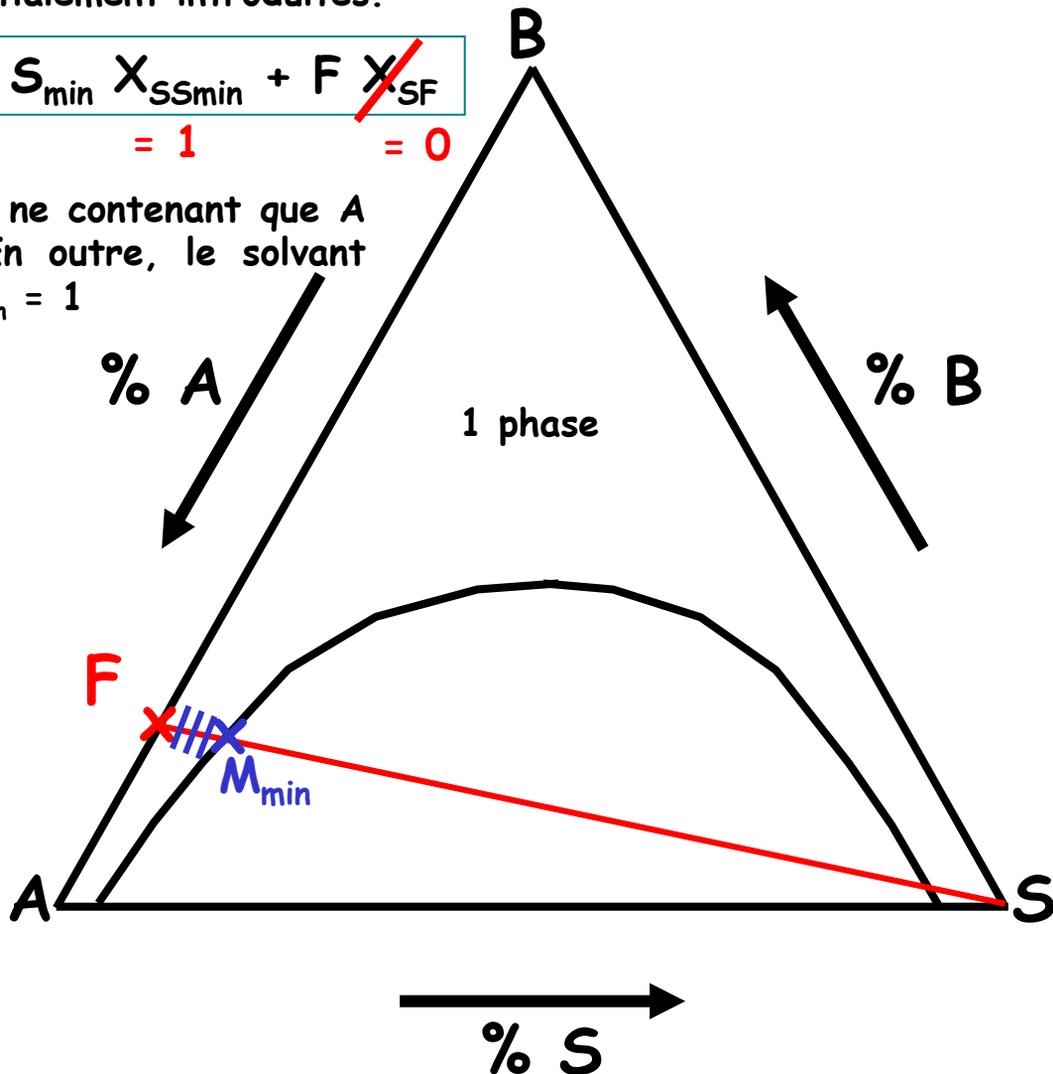
$$M_{\min} = S_{\min} + F$$

- **Bilan partiel sur le solvant** : la masse de solvant dans le mélange est égale à la somme des masses de solvant dans chacune des phases initialement introduites.

$$M_{\min} X_{SM_{\min}} = S_{\min} X_{SS_{\min}} + F X_{SF}$$

$= 1$ 
 $= 0$

L'alimentation  $F$  ne contenant que  $A$  et  $B$ ,  $X_{SF} = 0$ . En outre, le solvant étant pur,  $X_{SS_{\min}} = 1$





Les bilans global et partiel sur  $S$  deviennent :

$$M_{\min} = S_{\min} + F$$

$$M_{\min} X_{SM\min} = S_{\min}$$

En remplaçant, dans la seconde équation,  $M_{\min}$  par son expression définie par le bilan global, on établit l'expression de la quantité minimale de solvant nécessaire pour que l'extraction soit réalisée :

$$S_{\min} = F X_{SM\min} / (1 - X_{SM\min})$$

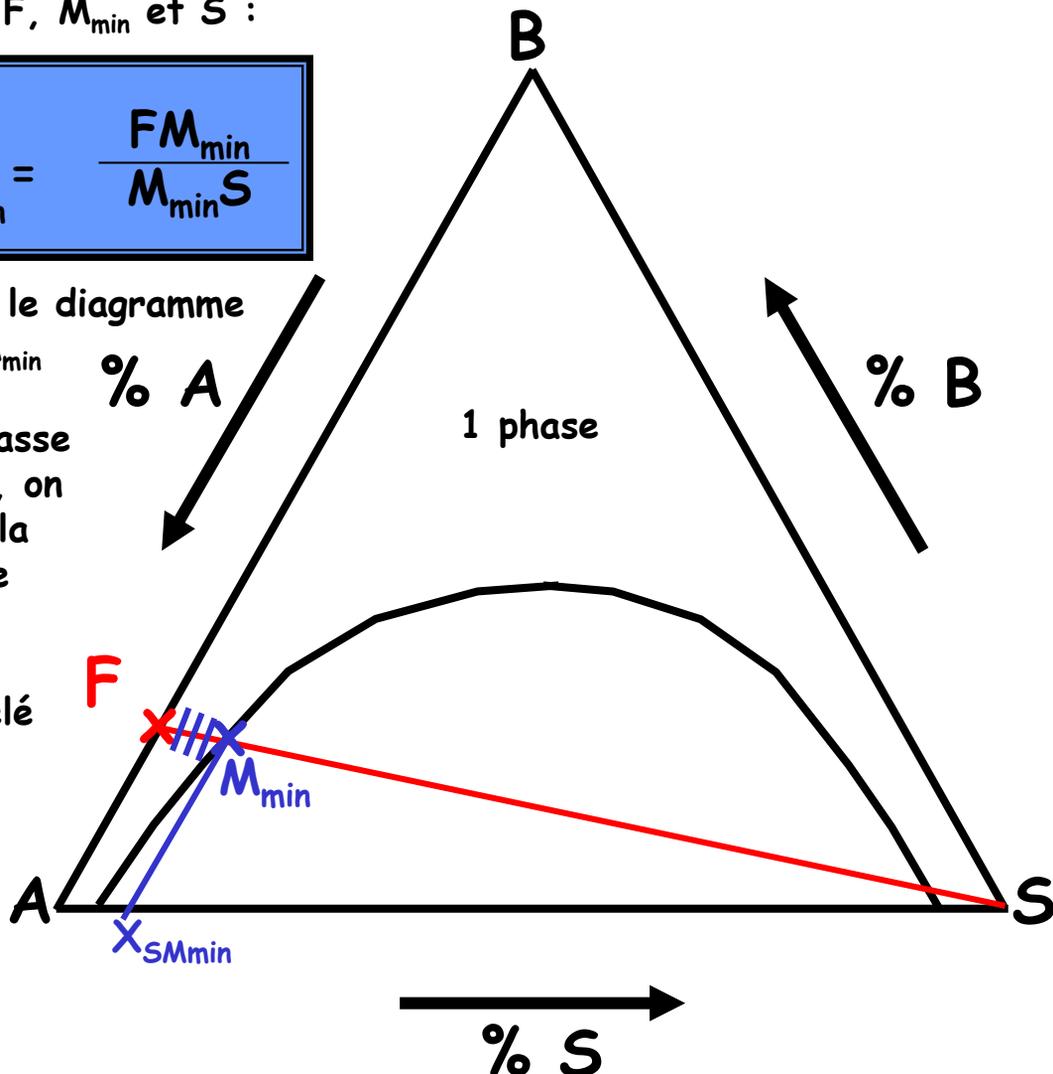
En lisant sur le diagramme le pourcentage de solvant dans  $M_{\min}$ , et connaissant la masse de l'alimentation, on peut calculer cette quantité minimale de solvant.

Le même calcul peut être réalisé en appliquant la règle du bras de levier entre les points  $F$ ,  $M_{\min}$  et  $S$  :

$$\left( \frac{S}{F} \right)_{\min} = \frac{FM_{\min}}{M_{\min}S}$$

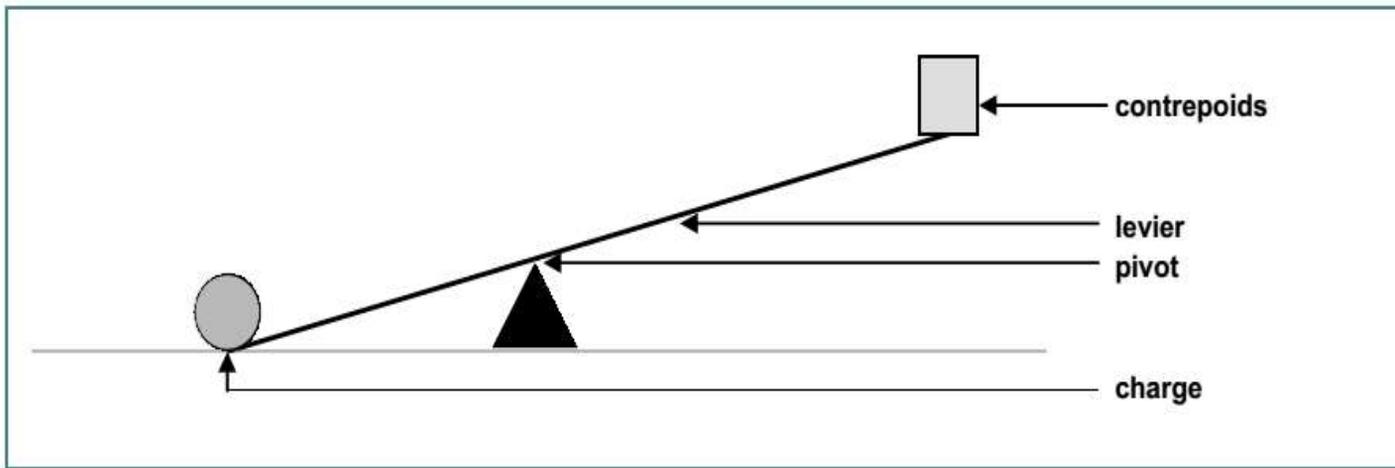
En mesurant sur le diagramme les distances  $FM_{\min}$  et  $M_{\min}S$ , et connaissant la masse de l'alimentation, on peut en déduire la quantité minimale de solvant.

$(S/F)_{\min}$  est appelé taux de solvant minimum.



## RAPPELLE

### Les composantes du principe du levier



## Principe du levier

On peut très facilement lever une lourde charge avec un levier, en utilisant un contrepoids ayant une masse inférieure à celle de la charge. Pour cela, on peut faire varier plusieurs paramètres :

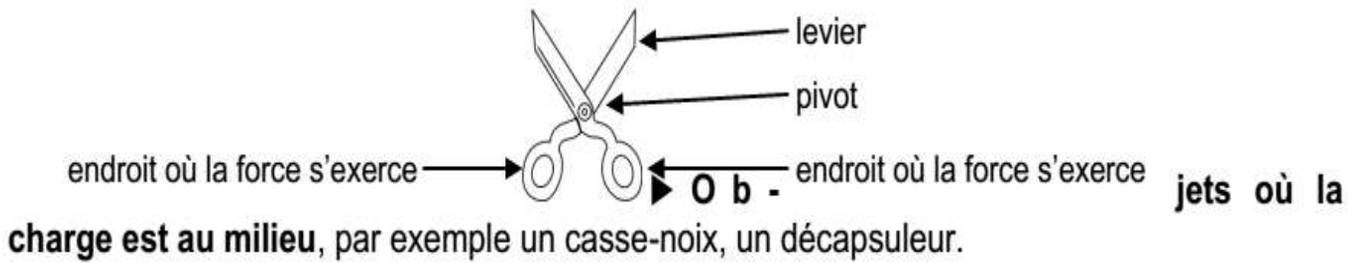
**Faire varier la position du contrepoids sur le levier.**

**Faire varier la position du pivot.**

## Outils de la vie quotidienne

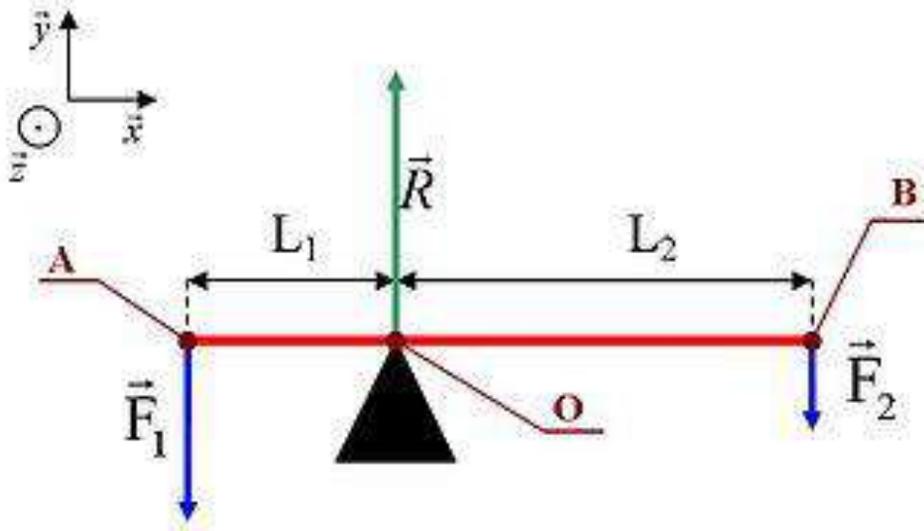
Il existe de nombreux outils qui utilisent les leviers. Le pivot, la charge et la force n'exercent pas à chaque fois leur effet au même point d'application.

► **Objets où le pivot est au milieu**, par exemple des ciseaux, un coupe-ongles.



► **Objets où la force est appliquée au milieu** : une pince à épiler





Le **principe fondamental de la statique** (PFS) appliqué au système {levier} au point  $O$  donne deux équations

$$F_1 \cdot L_1 = F_2 \cdot L_2$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

## Quantité maximale de solvant



La quantité maximale de solvant est celle au-delà de laquelle on n'a plus qu'une seule phase. Le mélange correspondant est défini par le point  $M_{\max}$  placé sur l'isotherme de solubilité.

Pour déterminer la quantité maximale de solvant, on raisonne de la même manière que pour calculer la quantité minimale de solvant :

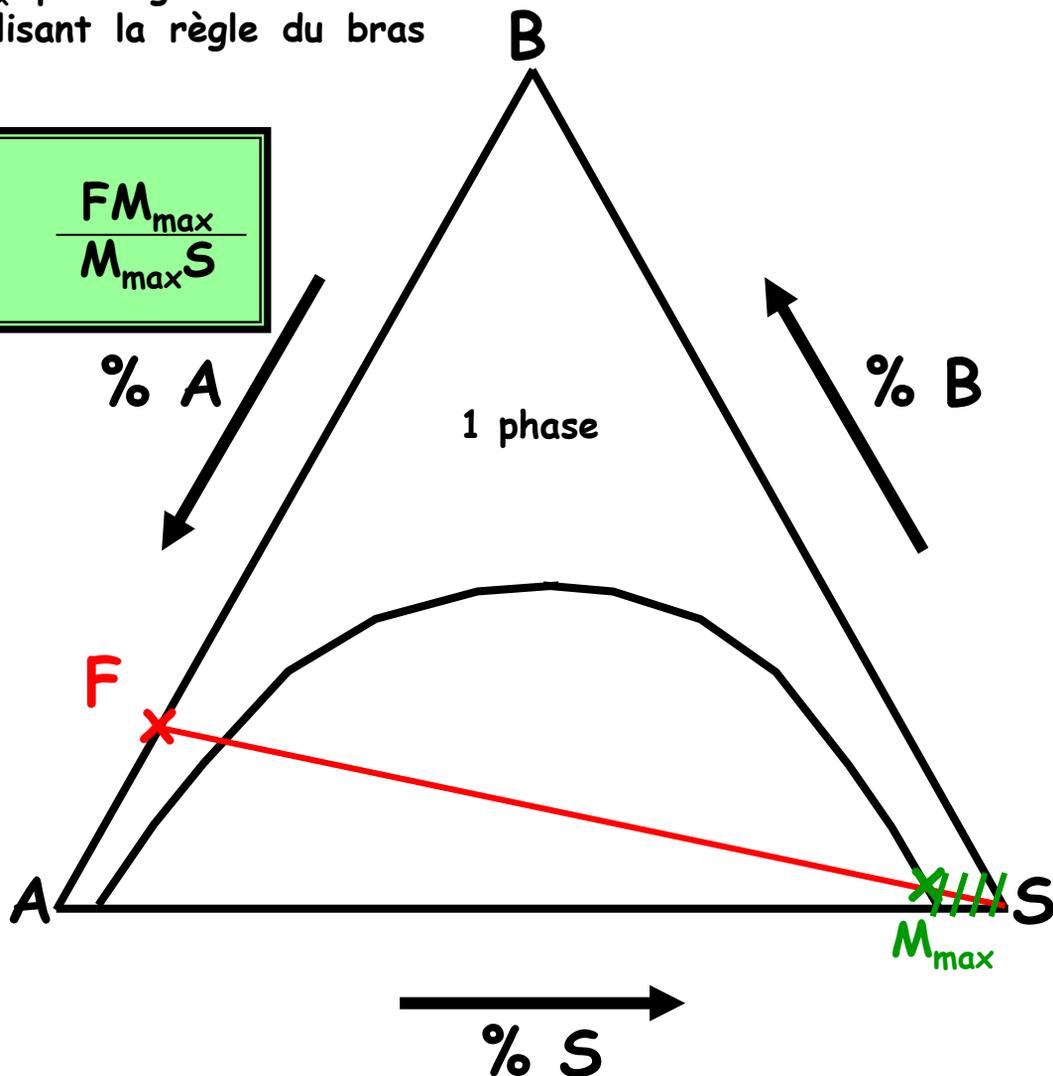
- Bilan global :  $M_{\max} = S_{\max} + F$
- Bilan partiel sur le solvant :  $M_{\max} X_{SM_{\max}} = S_{\max}$

D'où :

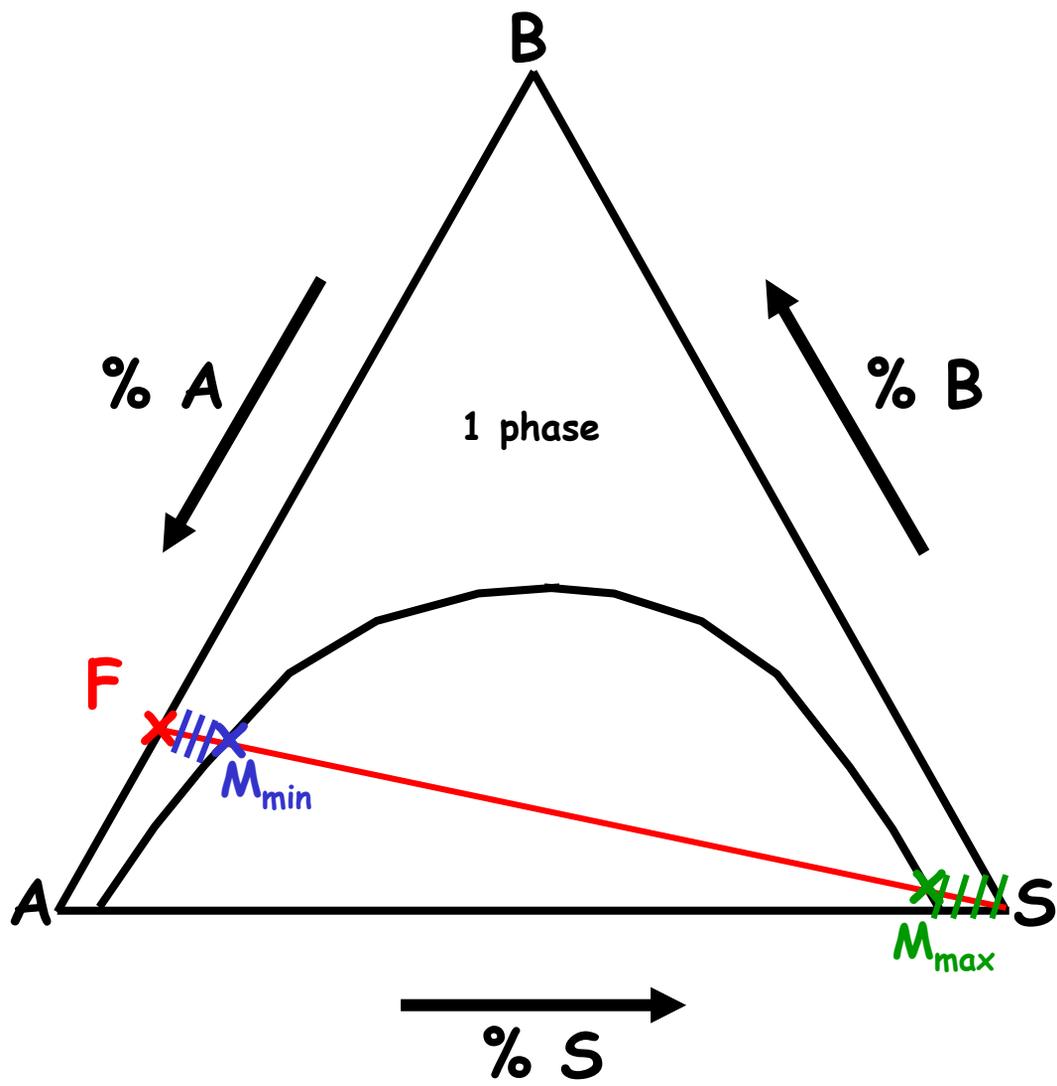
$$S_{\max} = F X_{SM_{\max}} / (1 - X_{SM_{\max}})$$

Le calcul de  $S_{\max}$  peut également être effectué en utilisant la règle du bras de levier :

$$\left( \frac{S}{F} \right)_{\max} = \frac{FM_{\max}}{M_{\max}S}$$



L'extraction est possible  
si  $M$  est placé entre  $M_{\min}$  et  $M_{\max}$ ,  
c'est à dire si la quantité de solvant  $S$   
ajoutée à l'alimentation  
est comprise entre  $S_{\min}$  et  $S_{\max}$





## POSITIONNEMENT DU POINT M

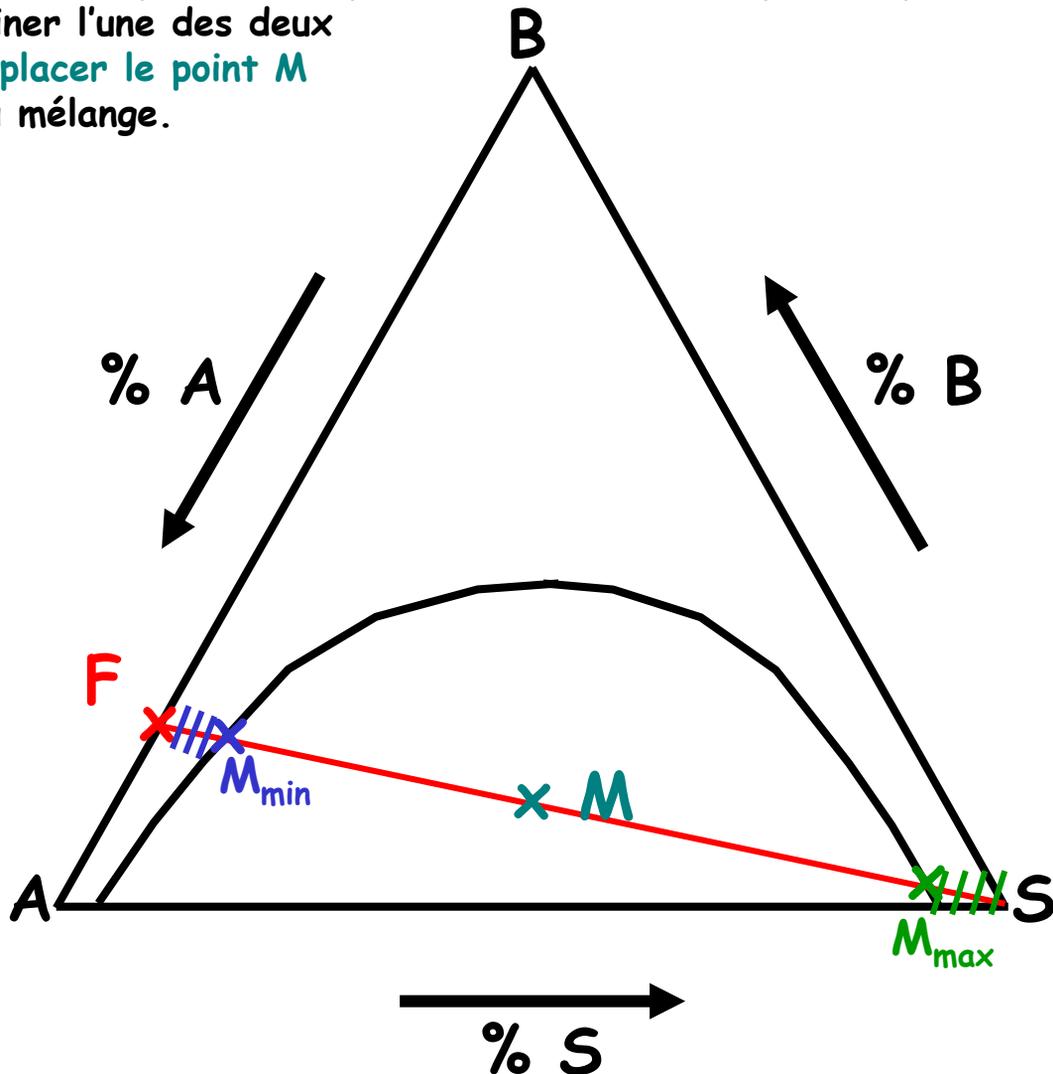
Si on ajoute à F une masse  $S$  de solvant comprise entre  $S_{\min}$  et  $S_{\max}$ , la position de  $M$  est définie par le **taux de solvant** (règle du bras de levier) :

$$\rho = \frac{S}{F} = \frac{MF}{MS}$$

De plus, on peut écrire que la distance totale  $FS$  est égale à la somme des distances  $MF$  et  $MS$  :

$$FS = MF + MS$$

Connaissant les masses de  $F$  et  $S$ , on peut établir une relation entre  $MF$  et  $MS$  à partir de la première équation. La seconde équation permet alors de déterminer l'une des deux distances et de **placer le point M** représentatif du mélange.





On peut également placer M en déterminant la **composition du mélange** ( $X_{BM}$ ,  $X_{AM}$  et  $X_{SM}$ ). Pour cela, on établit les bilans partiels :

$$\text{Bilan sur A : } M X_{AM} = F X_{AF} + S \cancel{X_{AS}}$$

$$\text{Bilan sur B : } M X_{BM} = F X_{BF} + S \cancel{X_{BS}}$$

$$\text{Bilan sur S : } M X_{SM} = F \cancel{X_{SF}} + S X_{SS} = 1$$

Ces bilans partiels peuvent être simplifiés :

Le solvant ne contient pas de diluant ( $X_{AS} = 0$ )

Le solvant ne contient pas de soluté ( $X_{BS} = 0$ )

L'alimentation ne contient pas de solvant ( $X_{SF} = 0$ ) et le solvant est pur ( $X_{SS} = 1$ ).

L'ensemble de ces équations permet de calculer les **compositions massiques du mélange M** :

$$X_{AM} = \frac{X_{AF}}{1 + \rho}$$

$$X_{BM} = \frac{X_{BF}}{1 + \rho}$$

$$X_{SM} = \frac{\rho}{1 + \rho}$$

$$\text{où } \rho = S/F$$

et, par suite, de placer le point M sur le diagramme.

# CARACTERISTIQUES DE L'EXTRAIT ET DU RAFFINAT

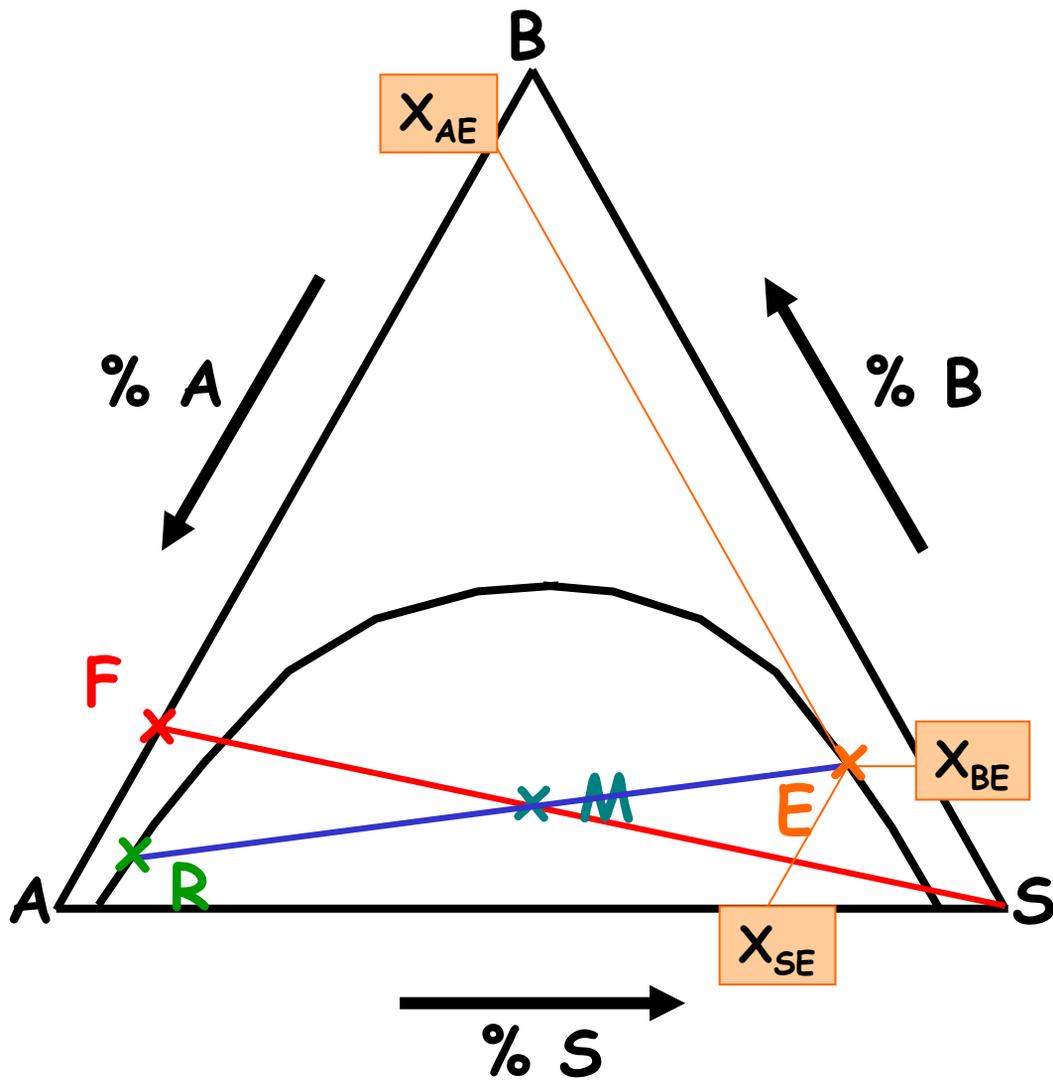


Le mélange, qui est hétérogène, conduit à deux phases à l'équilibre (l'extrait et le raffinat).

Il s'agit de déterminer les compositions et débits de ces deux phases.

## Compositions de E et R

Elles sont déterminées graphiquement. Pour ce qui est de l'extrait, on lit sur le graphe  $X_{BE}$ ,  $X_{AE}$  et  $X_{SE}$ .



# CARACTERISTIQUES DE L'EXTRAIT ET DU RAFFINAT



Le mélange, qui est hétérogène, conduit à deux phases à l'équilibre (l'extrait et le raffinat).

Il s'agit de déterminer les compositions et débits de ces deux phases.

## Compositions de E et R

Elles sont déterminées graphiquement. Pour ce qui est de l'extrait, on lit sur le graphe  $X_{BE}$ ,  $X_{AE}$  et  $X_{SE}$ . En ce qui concerne le raffinat, on lit sur le graphe  $X_{BR}$ ,  $X_{AR}$  et  $X_{SR}$ .

## Débits de E et R

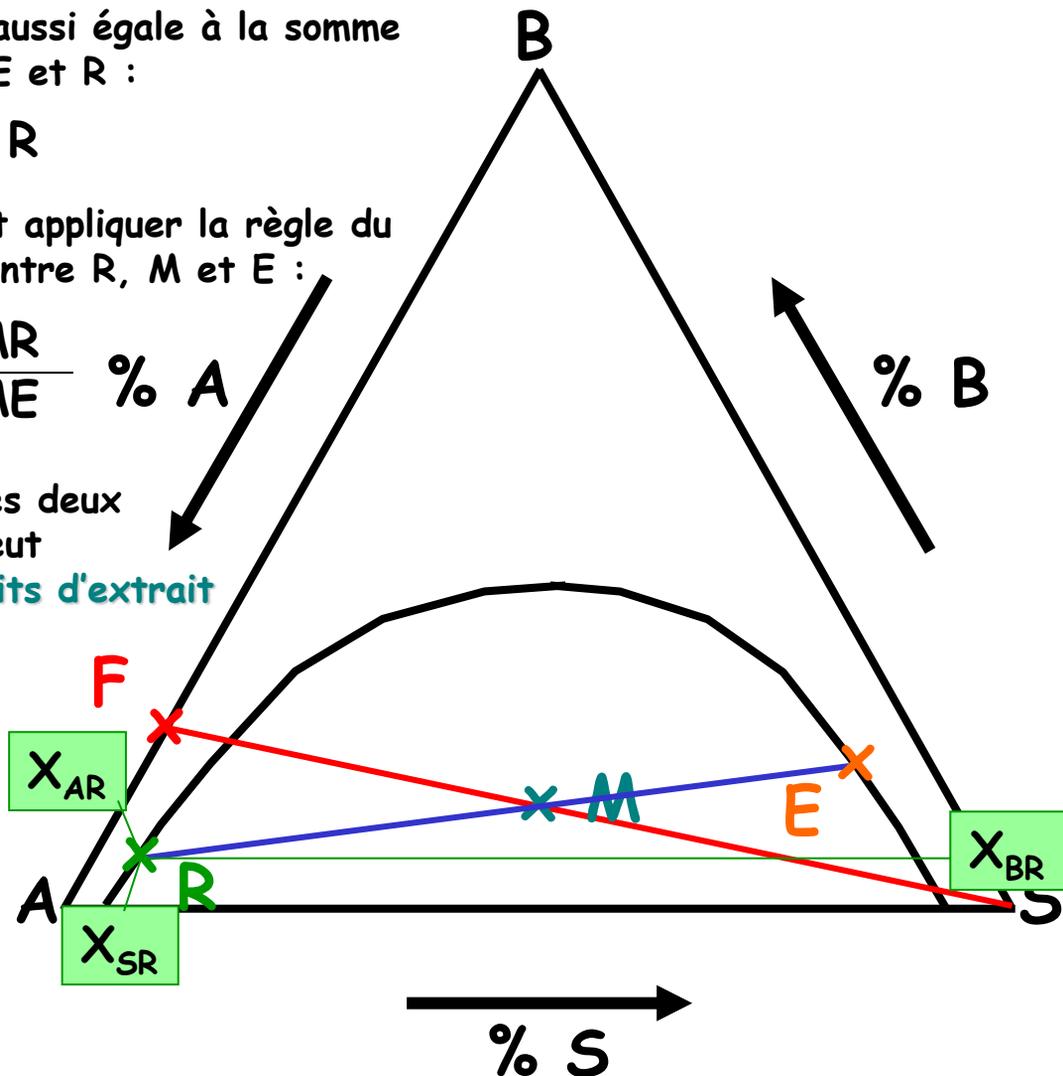
On sait que la masse de mélange est égale à la somme des masses de F et S. En outre, elle est aussi égale à la somme des masses de E et R :

$$M = E + R$$

De plus, on peut appliquer la règle du bras de levier entre R, M et E :

$$\frac{E}{R} = \frac{MR}{ME} \% A$$

En combinant ces deux équations, on peut calculer les débits d'extrait et de raffinat.



# CARACTERISTIQUES DE L'EXTRAIT ET DU RAFFINAT



Le mélange, qui est hétérogène, conduit à deux phases à l'équilibre (l'extrait et le raffinat).

Il s'agit de déterminer les compositions et débits de ces deux phases.

## Compositions de E et R

Elles sont déterminées graphiquement. Pour ce qui est de l'extrait, on lit sur le graphe  $X_{BE}$ ,  $X_{AE}$  et  $X_{SE}$ . En ce qui concerne le raffinat, on lit sur le graphe  $X_{BR}$ ,  $X_{AR}$  et  $X_{SR}$ .

## Débits de E et R

On sait que la masse de mélange est égale à la somme des masses de F et S. En outre, elle est aussi égale à la somme des masses de E et R :

$$M = E + R$$

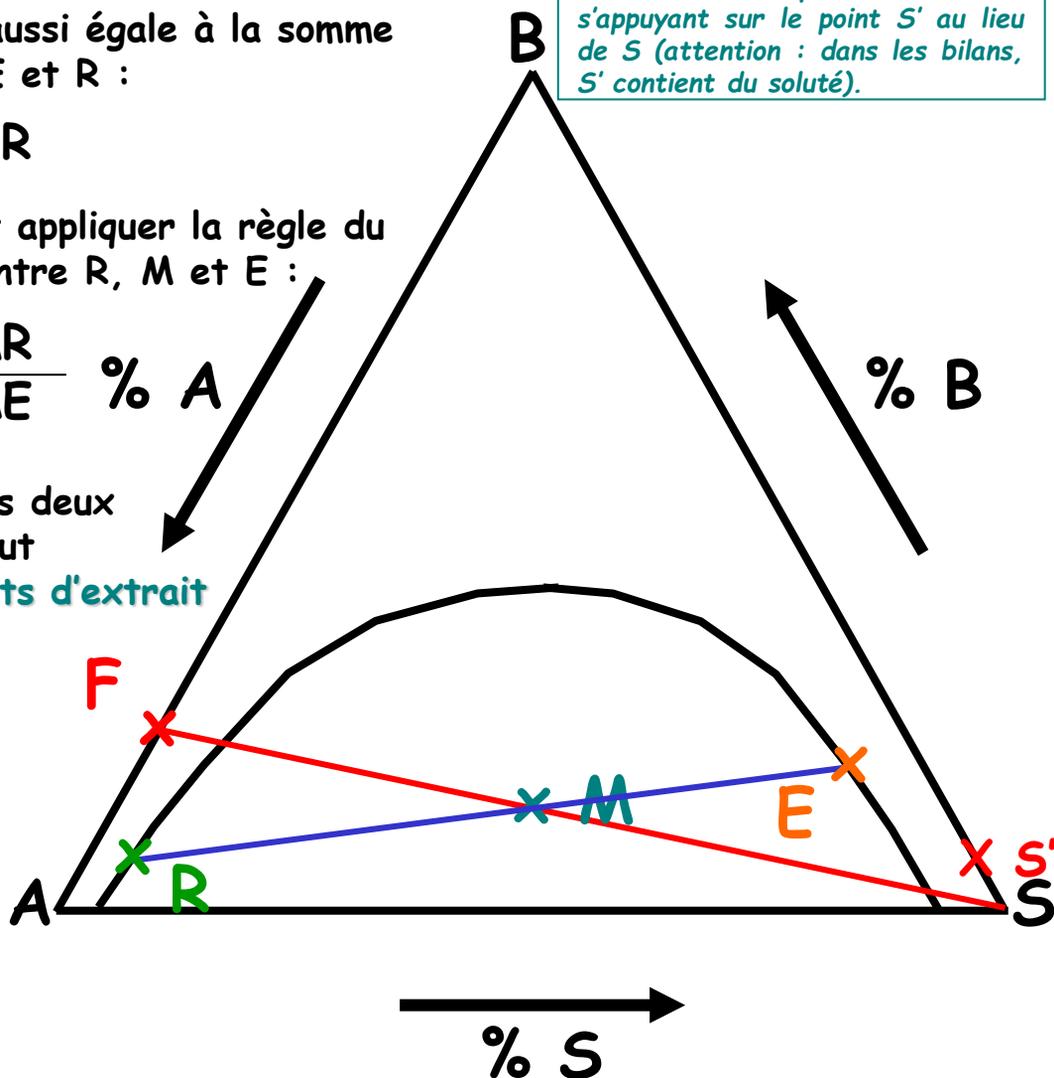
De plus, on peut appliquer la règle du bras de levier entre R, M et E :

$$\frac{E}{R} = \frac{MR}{ME} \quad \% A$$

En combinant ces deux équations, on peut calculer les débits d'extrait et de raffinat.

**REMARQUE** : Si le solvant n'est pas pur et contient un peu de soluté, le point représentatif sera en  $S'$ .

Les constructions graphiques et les bilans seront réalisés de manière identique, mais en s'appuyant sur le point  $S'$  au lieu de  $S$  (attention : dans les bilans,  $S'$  contient du soluté).



# PURIFICATION DE L'EXTRAIT ET DU RAFFINAT



En raison de la **miscibilité partielle éventuelle** entre **A** et **S**, l'extrait et le raffinat produits peuvent contenir tous deux du solvant. Il est nécessaire d'éliminer celui-ci des deux phases avant de les utiliser. On obtient alors un **extrait, E'**, et un **raffinat, R'**, **sans solvant**.

Le point représentatif d'une phase dont on a éliminé le solvant se trouve sur le côté **AB** du triangle (proportion en **S** nulle).

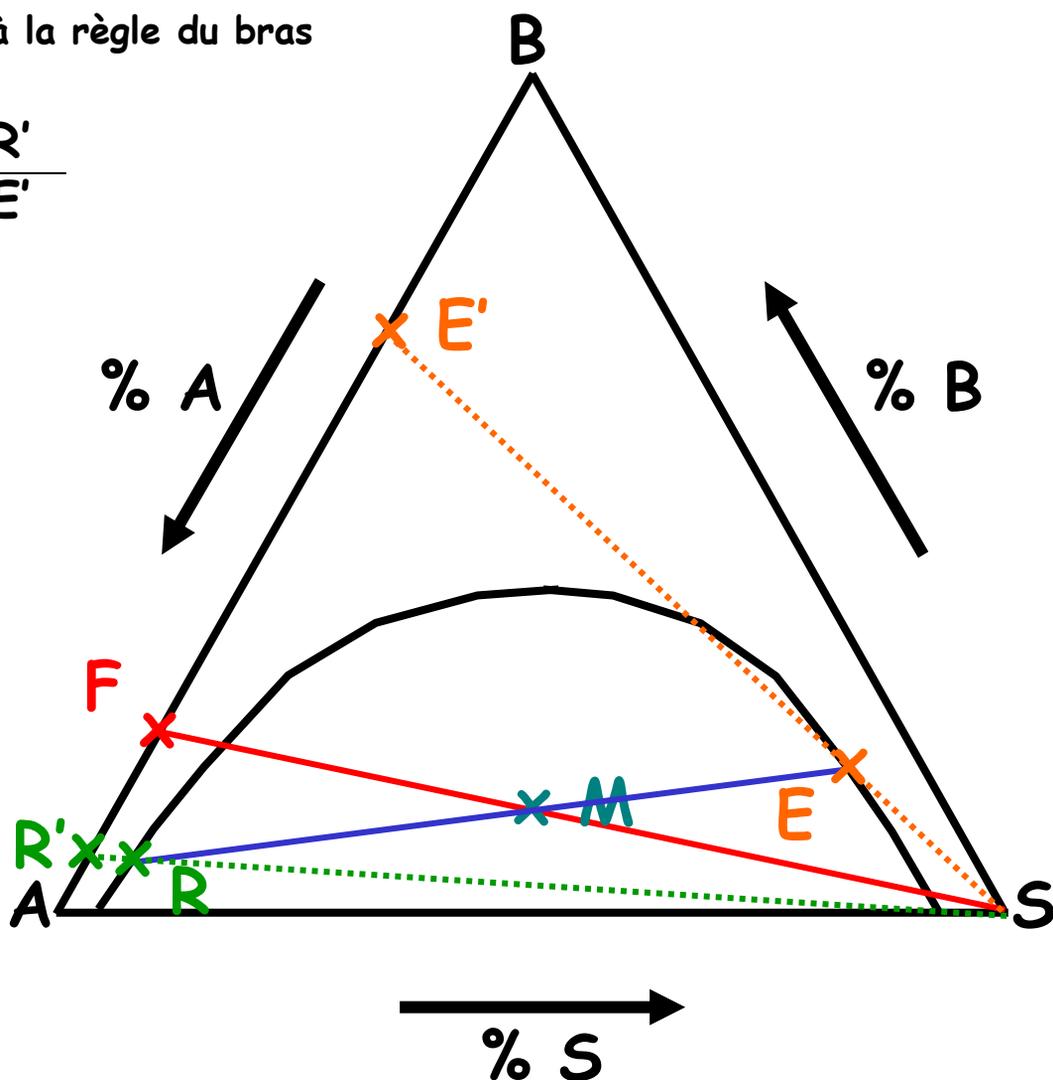
L'extrait **E'**, sans solvant, est donc situé sur ce côté, et pour le positionner, on prolonge la droite **SE**. Le raffinat **R'**, sans solvant, est également situé sur le côté **AB**, dans le prolongement de la droite **SR**.

La **composition de ces deux phases** se lit sur le graphe. Quant à leurs **débites**, ils sont calculés à partir du bilan suivant :

$$F = E' + R'$$

ainsi que grâce à la règle du bras de levier :

$$\frac{E'}{R'} = \frac{FR'}{FE'}$$



# DETERMINATION DE LA MASSE DE SOLVANT POUR UNE COMPOSITION DONNEE DE L'EXTRAIT



Dans ce qui a précédé, il s'agissait de caractériser l'extrait et le raffinat pour une masse de solvant donnée. Dans certains cas, on impose la composition de l'extrait, et il est nécessaire de **déterminer la masse de solvant** à introduire.

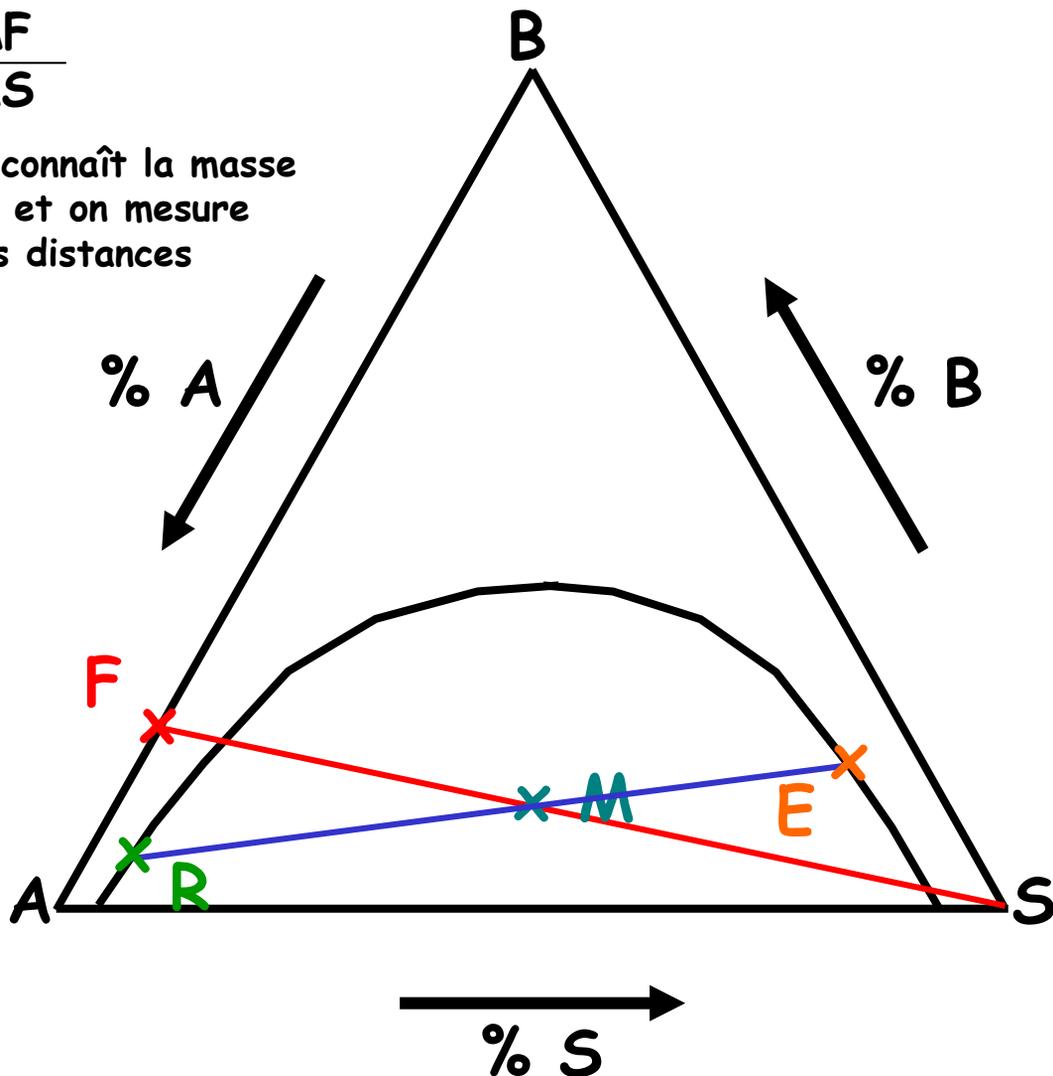
La position de l'extrait E étant imposée, on peut en déduire celle du raffinat R (car ces deux phases sont à l'équilibre défini par la conodale passant par E).

Le point M représentatif du mélange est à l'intersection entre la conodale ER et la droite FS, car on a toujours  $M = F + S = E + R$ .

La **masse de solvant** nécessaire pour produire un extrait de composition définie s'appuie sur la règle du bras de levier :

$$\frac{S}{F} = \frac{MF}{MS}$$

pour laquelle on connaît la masse de l'alimentation et on mesure sur le graphe les distances MF et MS.



# LIMITES DE L'EXTRACTION A CONTACT SIMPLE

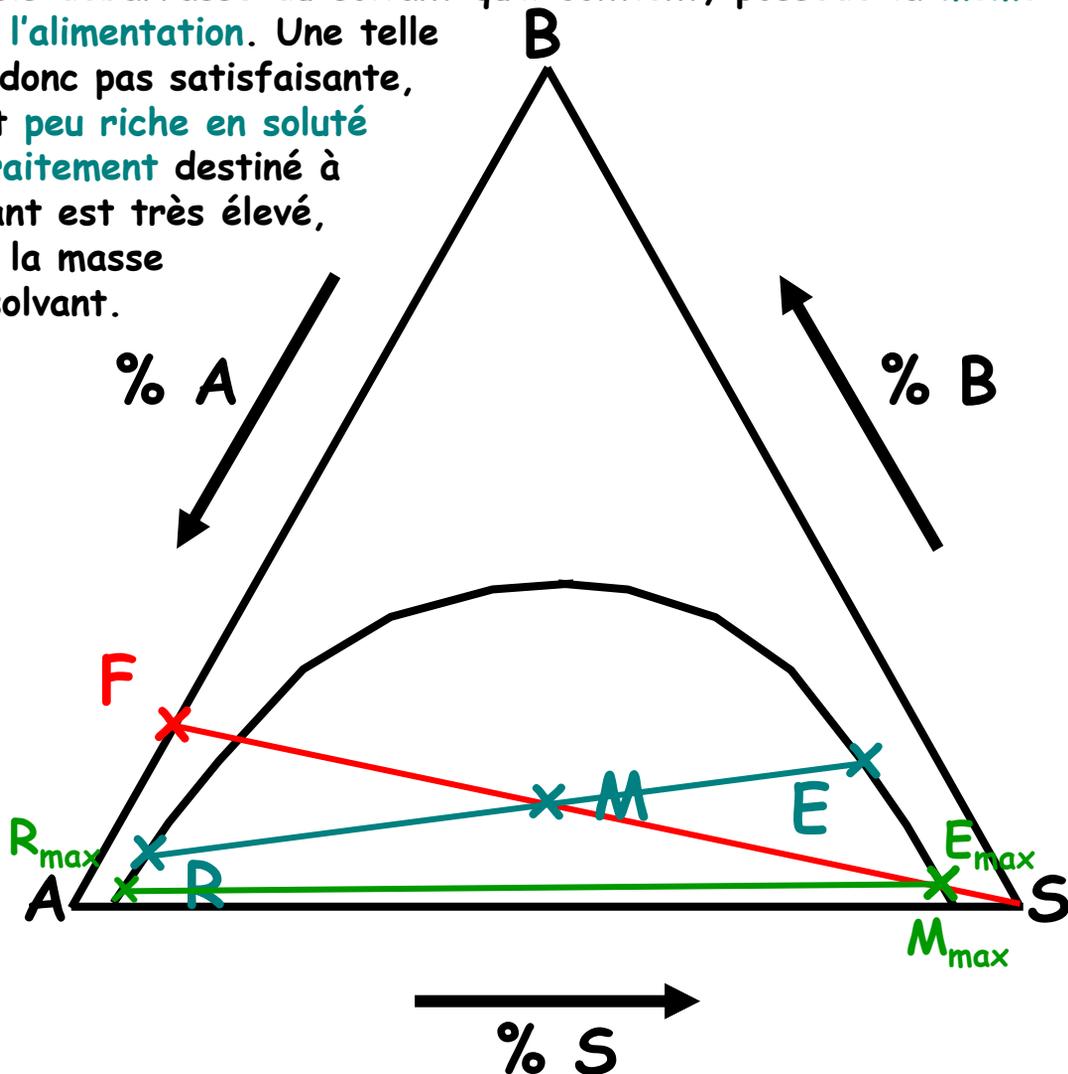


Dans le cas où l'on ajoute à l'alimentation une masse de solvant permettant d'obtenir le mélange représenté par le point  $M$ , on transfère du soluté dans la phase extrait. Toutefois, une proportion non négligeable de ce **soluté demeure dans le raffinat**.

Si l'on désire appauvrir le plus possible le raffinat en soluté, il est nécessaire d'ajouter une masse élevée de solvant. C'est avec la masse maximale de solvant,  $S_{max}$ , correspondant à un mélange représenté par le point  $M_{max}$  que l'on transfère le plus de soluté dans l'extrait.

L'extrait et le raffinat résultant de cette opération sont alors ceux définis sur le graphe (conodale passant par  $M_{max}$ ).

Si l'objectif concernant le **raffinat (appauvrissement maximal)** est atteint, il impose d'utiliser une **masse importante de solvant**. En outre, l'extrait, une fois débarrassé du solvant qu'il contient, possède la **même composition que l'alimentation**. Une telle opération n'est donc pas satisfaisante, car l'**extrait est peu riche en soluté** et le **coût du traitement** destiné à éliminer le solvant est très élevé, compte tenu de la masse importante de solvant.



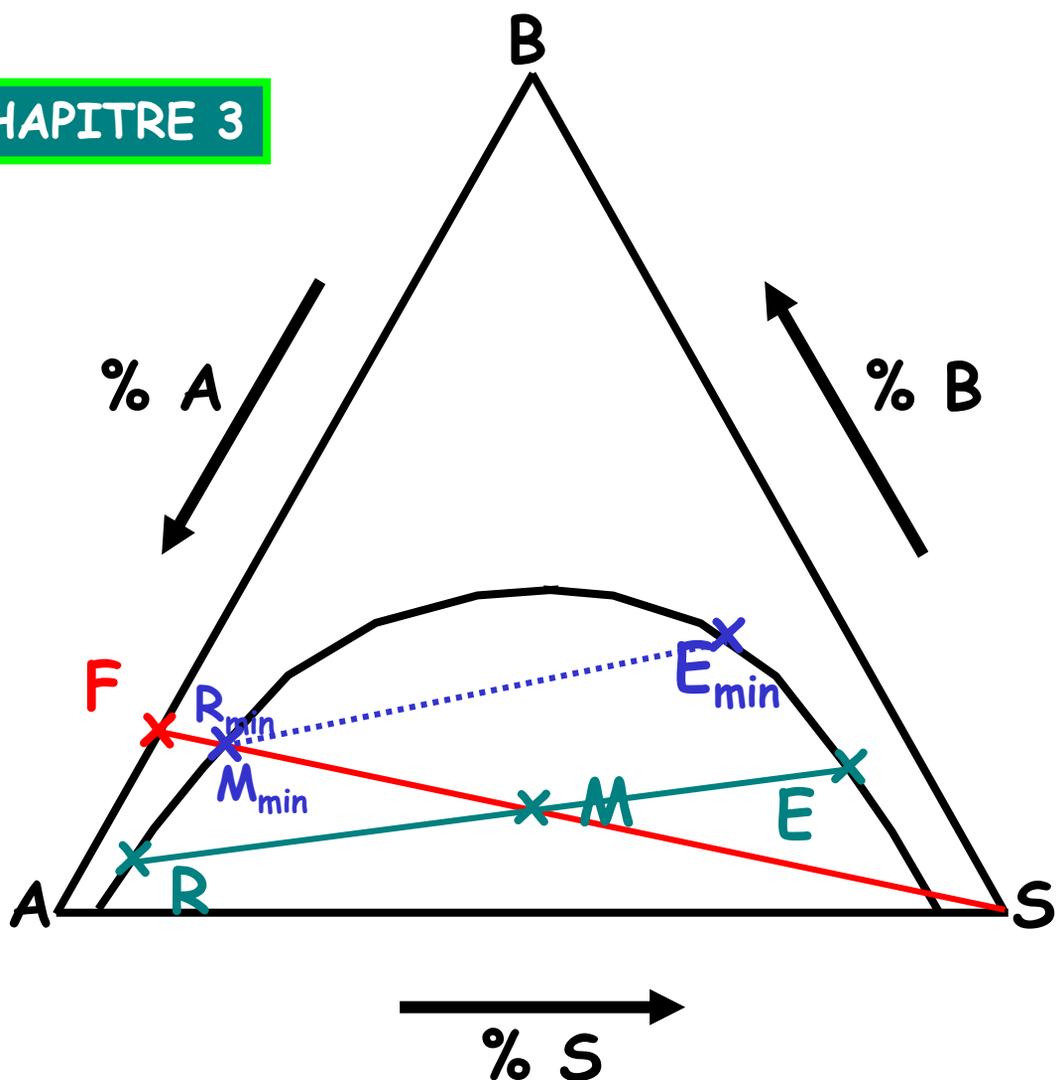
A l'opposé, ajouter une masse de solvant permettant de produire un mélange défini par  $M_{\min}$ , conduit à produire l'extrait et le raffinat reportés sur le graphe.



Si l'extrait est riche en soluté, sa masse est toutefois faible car on ajoute peu de solvant. De plus, le raffinat est peu appauvri en soluté.

**En conclusion,**  
 l'extraction à contact simple ne permet pas la  
 séparation complète du soluté B et du diluant A.  
 Il est impossible d'obtenir à la fois  
 un extrait riche en soluté et  
 un raffinat totalement débarrassé du soluté

**FIN CHAPITRE 3**



# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

