

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

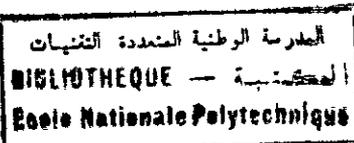
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département du Génie de l'environnement

THESE DE MAGISTER

Présentée par: **Zoubir BENMAAMAR**
Ingénieur d'Etat diplômé de l'E.N.P.

THEME



ETUDE COMPARATIVE DU COMPORTEMENT DES DIFFERENTES SUBSTANCES FILMOGENIQUES A LA SURFACE DE L'EAU. CAS DES HUILES VEGETALES

Soutenue le 23 Mai 1995 devant le jury composé de:

M ^R R. KERBACHI	Professeur E.N.P.	Président
M ^R C.E.CHITOUR	Professeur E.N.P.	Rapporteur
M ^{me} R. MAACHI	Professeur U.S.T.H.B.	Examinateur
M ^{lle} J. ARRAR	Chargé de cours E.N.P.	Examinateur
M ^{me} S. BOUCHTAOUI	Chargé de cours E.N.P.	Examinateur
M ^R T. AHMED ZAID	Maitre assistant E.N.P.	Invité

E.N.P.A 10, Avenue Hassan BADI, EL HARRACH ALGER.

DEDICACES

A mes parents.

A mes frères et soeurs.

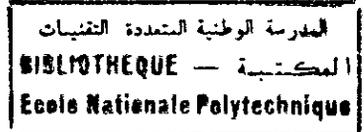
A ma femme.

A mes fils.

A tous mes amis.

En témoignage de mon affection.

REMERCIEMENTS



Qu'il me soit permis d'adresser, tout d'abord, mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse, C.E. CHITOUR, Professeur à l'E.N.P, pour avoir bien voulu m'introduire à un sujet d'actualité aussi intéressant; tout comme il m'est particulièrement agréable de lui exprimer ma profonde reconnaissance pour son soutien moral et ses précieux conseils sur les plans scientifique et technique.

Je tiens aussi à témoigner ma profonde reconnaissance à Monsieur R. KERBACHI, Professeur à l'E.N.P, pour avoir bien voulu examiner cette thèse et me faire l'honneur d'en présider le jury de soutenance.

Je suis tout particulièrement reconnaissant envers Monsieur T. AHMED ZAID, Chargés de cours à l'E.N.P, ainsi qu'envers Madame S. MACHIE, Professeur à l'U.S.T.H.B, à Melle J.ARRAR, Chargé de cours à l'E.N.P, et à Mme S. BOUCHTAOUI, Chargé de cours à l'E.N.P, pour avoir bien voulu examiner cette étude et y apporter leurs critiques. Je les remercie vivement pour le temps qu'ils ont consacré à ce travail et pour leur participation au jury de thèse.

Enfin, je ne saurais terminer sans exprimer ma sincère gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ma formation, ainsi qu'à l'ensemble personnels du Centre de Calcul et de la Bibliothèque de l'E.N.P, pour sa serviabilité et sa disponibilité.

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
Ecole Nationale Polytechnique
Département du Génie de l'environnement
Sujet étudié par Z.BENMAAMAR
Sous la direction de C.E.CHITOUR Professeur

العنوان

دراسة مقارنة لسلوك مختلف المواد الغشائية على سطح الماء
وضع الزيوت النباتية

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة الخواص الفيزيوكيميائية (دليل اليود،
معامل المد، معامل التبخر...) للزيوت النباتية لمقارنة سلوكها
على سطح الماء مع مواد أخرى

Title: Etude comparative du comportement des différentes substances filmogéniques à la surface de l'eau. Cas des huiles végétales.

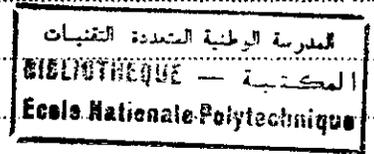
Résumé : Le but de ce travail est l'étude des caractéristiques physicochimiques (entre autres: l'indice d'iode, le coefficient d'étalement, le taux d'évaporation...) des huiles végétales afin de pouvoir comparer leur comportement la surface de l'eau avec d'autres systèmes aqueux en particulier le camphre et l'isopropanol.

Title: A comparative study behaviour of different filmogénical substances at the water surface. Case of vegetable oils.

Abstract: The aim of this work is the study of physicochemical characteristics (the iodine index, the spread coefficient, the evaporation rate...) of vegetable oils in order to compare their behaviour at the water surface with other aqueous systems, especially camphor and isopropyl alcohol.

INTRODUCTION	
Chapitre 1: LES FILMS SUR L'EAU	
I INTRODUCTION	
II LES EXIGENCES PHYSICO-CHIMIQUES POUR LA FORMATION D'UN FILM	
II.1 L'aptitude à donner un film et coefficient d'étalement	
II.2 Mesures du travail d'adhésion et du travail de cohésion	
III LES ETUDES EXPERIMENTALES ANTERIEURES	
III.1 La pression superficielle	
III.2 La méthode de la cuve de POCKELS	
III.3 La méthode du viscosimètre à canal	
III.4 Autres méthodes	
IV INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA NATURE DES FILMS	
Chapitre 2: APPLICATION DES FILMS	1
I LES TETRATHIAFULVALENES	1
II LES CORPS GRAS	1
II.1 Les acides gras	1
II.2 Les substances phospholipides	1
II.2.1 Le caractère amphiphile des phospholipides	1
1 Les interactions lipophiles	1
2 Les interactions hydrophiles	1
II.3 Les monoglycérides	1
II.3.1 Les propriétés physico-chimiques de ces substances	1

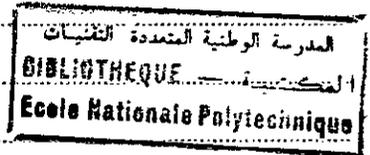
1	La structure	13
	* La longueur de la chaîne aliphatique et son degré d'insaturation	13
	* La position de l'estérification sur le glycérol	14
2	Le caractère amphiphile	15
II.4	Les huiles végétales	15
II.4.1	Définition	15
II.4.2	La classification des huiles végétales	15
II.4.3	Les différents types d'altération des huiles végétales et relation avec les propriétés physiques	18
1	L'altération biologique	18
2	L'altération chimique	18
	* Le phénomène d'acidification	18
	* Le phénomène d'oxydation	19
	- La composition des acides gras	19
	- L'énergie	19
	- Les traces de métaux	19
	* Le phénomène de rancissement	19
3	L'altération thermo-oxydative	19
	* Considérations générales	19
	* Produits d'altération thermo-oxydative	20
	- Composés volatils	20
	- Composés non volatils	20
4	Aspect toxicologique des huiles chauffées	20
5	Les inhibiteurs d'oxydation ou antioxygènes	20
II.4.4	Les huiles végétales utilisées comme substances filomogéniques	20
1	L'huile de soja	20
2	L'huile de colza	20



3 L'huile de tournesol	22
4 L'huile d'olive	23
II.4.5 Propriétés physico-chimiques des huiles	
végétales	24
1 Masse volumique. Viscosité	25
2 Fluidité à basse température	26
3 Pouvoir calorifique (PCI)	26
4 Distillation	26



Chapitre 3: ETUDE ANALYTIQUE DES HUILES VEGETALES.....	27
I ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES VEGETALES.....	27
II EVOLUTION DE LA DENSITE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.....	27
III DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION.....	31
IV DETERMINATION DU POINT D'ANILINE.....	32
V DETERMINATION DE L'INDICE D'ACIDE.....	32
VI DETERMINATION DE L'INDICE DE SAPONIFICATION.....	32
VII DETERMINATION DE L'INDICE D'IODE.....	32
 CHAPITRE 4: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES NECESSAIRES POUR L'ETUDE DES FILMS.....	 3
I TEMPERATURE D'EBULLITION MOYENNE DES HUILES VEGETALES.....	3
II VARIATION DE LA TENSION SUPERFICIELLE DES SUBSTANCES UTILISEES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.....	3
III VARIATION DE LA TENSION INTERFACIALE (T.F) DES SUBSTANCES CONSIDEREES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.....	3
 CHAPITRE 5: COMPORTEMENT DES HUILES VEGETALES A LA SURFACE DE L'EAU.....	 4
I INTRODUCTION.....	4
II VARIATION DE LA TENSION SUPERFICIELLE EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE L'HUILE DANS L'EAU.....	4
III CALCUL DE LA CONCENTRATION SUPERFICIELLE ET L'AIRE MOLECULAIRE.....	4
III.1 Calcul de Γ	4
III.2 Calcul de Γ_{\max}	5
III.3 Calcul de a_{\max}	5



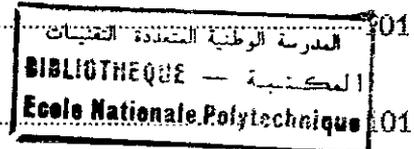
IV Détermination du travail d'adhésion W_{adh} , du travail de cohésion W_{coh} et du coefficient d'étalement E.....	54
IV.1 Mesure du coefficient d'étalement E des huiles végétales indépendamment de la concentration des huiles végétales dans l'eau.....	61
IV.2 Mesure du coefficient d'étalement E des huiles végétales en faisant varier la concentration des huiles végétales dans l'eau.....	61

Chapitre 6:COMPRESSIBILITE DES FILMS MONOMOLECULAIRES

DES SUBSTANCES CONSIDEREES	7
I. INTRODUCTION.....	7
II EVOLUTION DE LA TENSION SUPERFICIELLE EN FONCTION DE LA COMPRESSIBILITE DES FILMS MONOMOLECULAIRES ET A DIFFERENTES TEMPERATURES.....	7
III EVOLUTION DE LA PRESSION SUPERFICIELLE Π EN FONCTION DE L'AIRE OCCUPEE A L'INTERFACE SUBSTANCES CONSIDEREES/EAU A DIFFERENTES TEMPERATURES.....	81
III.1 L'aire moléculaires A.....	81
III.2 La pression superficielle Π	81
III.3 Evolution de la pression superficielle Π en fonction de la température à différentes aires occupée à l'interface substances considérées/eau.....	89
III.4 Calcul du coefficient de compressibilité isotherme	90
III.5 Calcul du coefficient de dilatation.....	93
III.6 Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de l'aire occupée à l'interface substances considérées/eau à différentes températures.....	98

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Chapitre 7: CINETIQUE D'EVAPORATION DE L'EAU EN
 PRESENCE DES FILMS MONOMOLECULAIRES DES
 SUBSTANCES CONSIDEREES AUX TEMPERATURES
 RESPECTIVES 30°C, 40°C ET 50°C



I	INTRODUCTION.....	101
II	CALCUL DU COEFFICIENT D'ÉVAPORATION A à 30°C.....	102
III	CALCUL DU COEFFICIENT D'ÉVAPORATION A à 40°C.....	104
IV	CALCUL DU COEFFICIENT D'ÉVAPORATION A à 50°C.....	105
CHAPITRE 8: EFFICACITE DES FILMS MONOMOLECULAIRES		
	DES HUILES VEGETALES.....	108
I	INTRODUCTION.....	108
II	CAS DES HUILES VEGETALES RAFFINEES.....	108
III	CAS DES HUILES VÉGÉTALES NON RAFFINEES.....	113
	CONCLUSION.....	117

INTRODUCTION

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

L'une des applications les plus importantes des films sur l'eau est la réduction de l'évaporation de l'eau dans les zones arides, mais aussi dans les zones tempérées où les pertes annuelles par évaporation sont considérables. Cette technique peut s'avérer économiquement rentable, car il suffit d'une très faible quantité de substance pour couvrir une grande surface d'eau par une couche monomoléculaire. La substance que l'on utilise doit pouvoir reconstituer le film chaque fois qu'il se déchire, elle doit pouvoir donner un film condensé, et elle ne doit évidemment pas réagir avec les impuretés présentes dans l'eau.

Les films, formés aux interfaces, ont une importance considérable du point de vue biologique et du point de vue industriel (émulsion, saponification, ...); il n'est donc pas étonnant de constater le grand nombre de travaux qu'ils ont provoqués ces dernières années et le très grand intérêt qui leur est attaché.

Il est à noter que la technique du film est aussi utilisée dans la lutte contre les moustiques, et aussi dans la protection des matériaux (lubrification et en biologie).

Notre étude consiste à étudier le comportement des huiles végétales à la surface de l'eau. Elle nécessite l'étude des exigences physico-chimiques pour la formation d'un film entre autre: le coefficient d'étalement, le travail d'adhésion et du travail de cohésion, l'aire moléculaire...La comparaison des performances des différentes huiles permettra de proposer la meilleure substance pouvant être valablement utilisée pour la réduction de l'évaporation de l'eau dans les zones arides.

Ce travail rassemble les principaux résultats d'analyses effectuées sur des huiles végétales fournies par l'entreprise nationale des corps gras (ENCG).

Les méthodes utilisées pour la caractérisation de ces produits comportent à la fois les méthodes d'essai normalisées

classiques (telles que l'utilisation des Normes entreprises pour l'étude des caractéristiques physico-chimiques des huiles végétales entre autres: la densité, l'indice de réfraction, l'indice de saponification, l'indice d'iode, l'indice d'acide, le point d'aniline...), la méthode d'arrachement de l'anneau de d'NOUY (dans laquelle la température, le temps et la concentration d'huile végétale dans l'eau ont une influence considérable) et la méthode classique de détermination de la tension interfaciale. Ces deux dernières méthodes (avec l'utilisation de l'isotherme de GIBBS) ont permis la détermination univoque de plusieurs paramètres caractérisant les substances filmogéniques monomoléculaires entre autres: le travail d'adhésion, le travail de cohésion, le coefficient d'étalement, l'aire moléculaire, le coefficient de compressibilité isotherme, le coefficient de dilatation isobare, le coefficient de dilatation, le taux d'évaporation...).

LES FILMS SUR L'EAU

I INTRODUCTION:

Si de petites quantités de certaines substances organiques liquides ou solides, comme les acides gras à longues chaînes, les amines, les alcools, les cétones, sont mises en contact avec l'eau propre, elles ont tendance à s'étendre rapidement pour couvrir la surface de l'eau comme un "drap". On dit qu'il y a formation de films [1].

L'intérêt suscité par les films monomoléculaires vient de ce que ce sont des systèmes modèles permettant d'une part d'aborder expérimentalement la physique bidimensionnelle et constituant d'autre part une première étape dans l'étude des membranes biologique [2].

II Exigences physico-chimiques pour la formation d'un film:

La solubilité dans l'eau d'un composé amphiphilique (appelé ainsi du fait de son groupement fonctionnel hydrophile et de sa chaîne hydrophobe) dépend d'un équilibre qui existe entre les groupements hydrophobe et hydrophile de la molécule (balance hydrophile-lipophile: BLH ou HLB: hydrophilic-lypophylic balance). La solubilité décroît quand la chaîne hydrocarbonée croît. De ce fait l'aptitude à donner un film de surface croît. Le film est donc un état intermédiaire entre la solubilité totale (le groupement hydrophilique est plus puissant que la chaîne hydrocarbonée) et l'insolubilité totale (la chaîne hydrocarbonée étant beaucoup plus importante que le groupement hydrophilique).

C'est ainsi que les acides gras, avec n allant de 1 à 10, sont solubles dans l'eau, mais leur solubilité diminue quand la longueur de chaîne croît, et leur adsorption positive à la surface devient progressivement plus facile.

Pour $n=11$, l'acide laurique est le premier composé à donner un film superficiel. Quand (n) varie de 11 à 15, il y a formation

de films, et la solubilité décroît toujours, à $n=15$ la solubilité devient négligeable, comme le montre le tableau 1. On peut donc considérer le film comme une adsorption positive particulièrement forte [1].

n	1	11	15	20
Solubilité	élevé	faible	presque	insoluble
Adsorption positive	non	oui	oui	non
Film	non	oui mais instable	oui	non

Tableau 1: Schéma de la formation de film sur l'eau pour les acides gras [1].

II.1 Aptitude à donner un film et coefficient d'étalement :

- Travail d'adhésion :

Considérons deux surfaces de liquide en contact intime, c'est par exemple une substance organique (L) avec l'eau (S), avec une interface unitaire (1cm^2). S'il y a attraction entre ces deux surfaces, il faudra fournir un travail pour les séparer, (figure1)

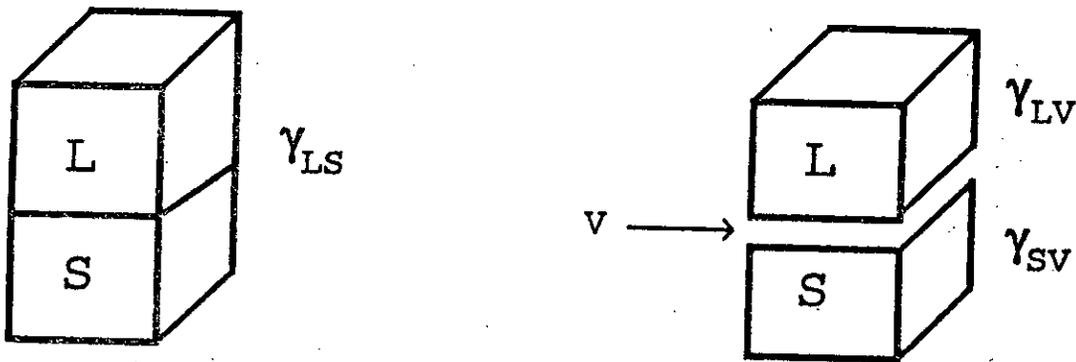


Figure 1: Séparation de deux phases S et L

La séparation d'une interface substrat-liquide(S-L) donne une surface liquide-vapeur(L-V) et une autre substrat-vapeur(S-V). Le substrat étant l'eau.

La création de ces deux surfaces nécessite un travail égal à $\gamma_{LV} + \gamma_{SV}$ tandis que la suppression de l'interface produit un travail égal à γ_{LS} . le travail d'adhésion est défini de la façon suivante:

$$W_{adh(L-S)} = \gamma_{LV} + \gamma_{SV} - \gamma_{LS} \quad (1)$$

- Travail de cohésion :

Considérons d'une façon hypothétique de surface L et L du même liquide. Séparons par l'imagination cette colonne de 1cm^2 , nous allons créer deux nouvelles interfaces γ_{LL} , l'interface γ_{LL} sera supprimé, de plus $\gamma_{LL} = 0$. Le travail de cohésion sera défini de la façon suivante (figure 2):

$$W_{coh(L-L)} = \gamma_{LV} + \gamma_{LV} - \gamma_{LL} \quad (2)$$

$$W_{coh(L-L)} = 2\gamma_{LV} \quad (3)$$



Figure 2: Détermination du travail de cohésion

- Coefficient d'étalement:

Pour qu'une substance donnée forme un film superficiel, il faut que son adhésion au substrat soit supérieure à sa cohésion propre. Le coefficient d'étalement E mesurant cette aptitude à former une couche superficielle devrait être positive, ce

coefficient s'écrit:

$$E = W_{adh_{L-S}} - W_{coh_{L-L}} > 0 \quad (4)$$

L-S: Interface liquide-substrat (adsorbat/adsorbant); le substrat étant l'eau.

L-L: Interface liquide-liquide (adsorbat/adsorbat).

donc:

$$E = \gamma_{SV} - \gamma_{LV} - \gamma_{LS} \quad (5)$$

où

γ_{SV} : tension superficielle de l'eau qui est une constante à une température donnée.

γ_{LV} : tension superficielle de la substance donnant le film (tension superficielle de l'huile végétale pure donnant le film ou tension superficielle d'huile mesurée dans le système huile végétale/eau).

γ_{LS} : tension interfaciale (tension interfaciale d'huile végétale).

Le coefficient E varie avec la température, puisqu'il dépend de la température; il est donc possible de mesurer directement toutes ces quantités ce qui permet le calcul de E [1].

II.2 Mesures du travail d'adhésion et du travail de cohésion:

Une première classification des substances pour leur aptitude à donner des films, a été faite tenant compte de la valeur relative du travail d'adhésion et du travail de cohésion (tableau 2) [1].

Fonction	Wadh	Wcoh	S final	Remarques
H.C aliphatiques	bas	bas	négatif	pas de film
CH ₂ CL-, -NO ₂	moyen	élevé	négatif	pas de film
CH ₂ -CO-CH ₃ , C ₆ H ₄ OCH ₃	moyen	moyen ou bas	positif	film peu stable
CH ₂ OH, -C ₆ H ₄ OH, COOH, CN, CONH ₂	élevé	moyen ou élevée	positif	film stable

Tableau 2 : Evaluation de substances à différents groupements fonctionnels pour leur aptitude à donner un film [1].

III ETUDES ANTERIEURES EXPERIMENTALES:

L'état thermodynamique d'un film adsorbé composé d'une seule espèce de molécules insolubles est complètement déterminé par la donnée de son aire moléculaire A , de sa pression de surface Π [3 à 11] et de la température T [2].

III.1 La pression superficielle:

POCKELS, DEVAUX et LANGMUIR [1] ont montré qu'en remplissant une cuve d'eau et en y versant avec une burette la substance filmogénique, celle ci s'étend sur la surface et ils arrivaient à mesurer son extension avec la poudre de talc comme traceur.

III.2 Méthode de la cuve de POCKELS:

POCKELS a pu mesuré la tension superficielle par la méthode d'arrachement du disque pendant la compression du film, en utilisant une cuve (munie de deux barrière une mobile et l'autre fixe) remplie à ras sur laquelle elle étale le film [1].

III.3 Méthode du viscosimètre à canal:

L'appareil utilisée est identique à la cuve de POCKELS et permet de prouver si un film non gazeux est solide ou liquide en se basant sur la compressibilité du film et la viscosité de ce film [1].

III.4 Autres méthodes:

Parmi les techniques les plus récentes, et dont la plupart n'ont été appliquées dans le domaine que récemment, nous pouvons citer entre autres:

- La diffraction superficielle directement effectuées à la surface de l'eau ou la diffraction électroniques sur des couches déposées [12].
- La microscopie électronique [13 à 18] et de fluorescence [19 à 28]
- L'optique (diffusion de la lumière [29]).

- Le potentiel de surface [30 à 35].

-Les techniques des rayons X [36 à 42] ou des neutrons [43 à 44] donne l'accès à la structure du film orthogonalement à la surface de l'eau, complétant les résultats obtenus jusqu'alors [2]

IV INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA NATURE DES FILMS:

De façon théorique, nous avons porté sur la figure 3, les différents changements de phase en fonction de la température ($T_1 < T_2 < T_3 < T_4$).

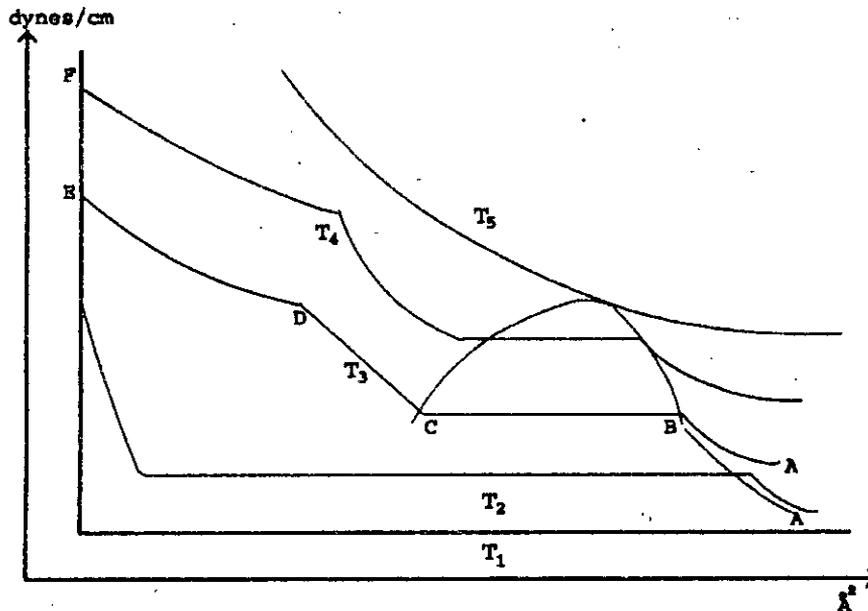


Figure 3: Effet de la température sur la nature des films.

Nous pouvons distinguer les domaines suivants:

- Domaine AB: film gazeux.
- Domaine BC: $G=Ld$
- Domaine CD: Ld
- Domaine DE: $Ld=I=Lc$
- Domaine EF: S ou S1
- Point F: le film s'écroule

D'autre part pour chacun de ces trois états: condensé, solide, liquide détendu et gazeux, les molécules occupent des surfaces très différentes comme le montre, le schéma de la figure 4, pour l'acide myristique, et le tableau 3.

	π (dynes/cm)	A (\AA)
SOLIDE	30	20.5
LIQUIDE DETENDUE	2	42.2
GAZ	0.16	1600

Tableau 3: Valeurs de π et de A selon les états du film [1].

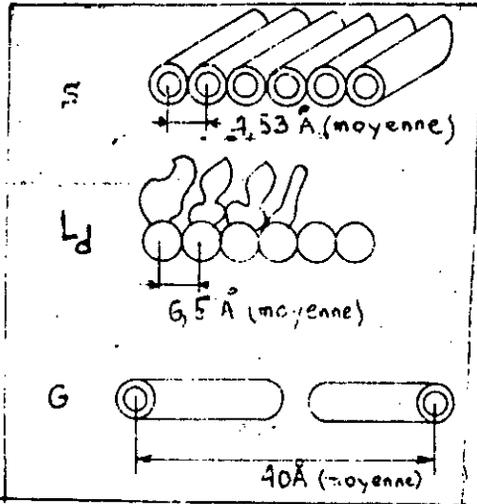
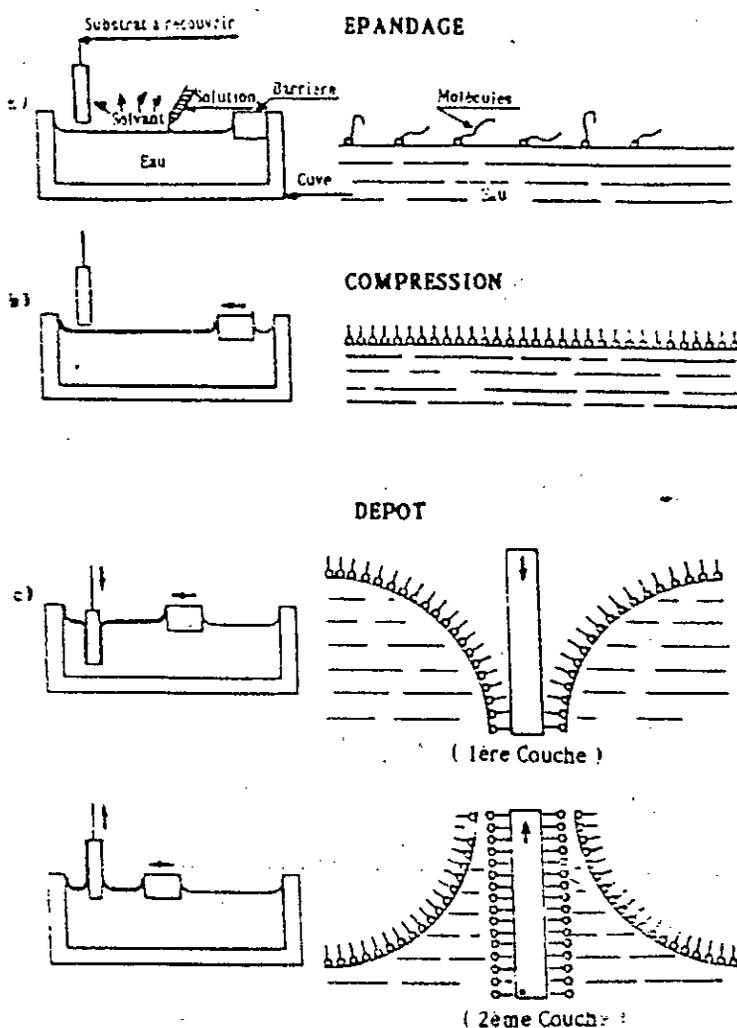


Figure 14: Molécules d'acide myristique sur l'eau.

APPLICATION DES FILMS: ETUDE DES SUBSTANCES FILMOGENIQUES.

I LES TETRATHIAFULVALENES AMPHIPHILES:

Les molécules de TTF (Tétrathiafulvalènes amphiphiles) sont solubilisées dans le chloroforme. Cette solution est alors déposée à la surface d'une cuve d'eau dans laquelle est dissous du chlorure de calcium $10^{-3}M$ (figure 5a). Les molécules de TTF forment alors une couche monomoléculaire qui peut être compressée par l'intermédiaire d'une barrière mobile afin d'obtenir un film monomoléculaire compact et stable à la surface de l'eau (phase de compression, figure 5b).



Les différentes phases de la méthode de Langmuir-Blodgett qui permet de déposer de façon séquentielle des couches sur un substrat solide hydrophobe.

La barrière mobile permet donc de faire varier la surface occupée par le film à l'interface air-eau et de déterminer la surface occupée par la molécule, le nombre total de molécules sur l'eau étant exactement connu. Une balance de WILHEMY mesure la pression superficielle du film. Enfin, un asservissement de la position de la barrière mobile permet d'imposer au film la pression superficielle désirée.

La troisième phase de la méthode de LANGMUIR-BLODGETT (figure 5c) consiste à transformer la monocouche de TTF de la surface de l'eau vers un substrat. En répétant cette opération, on obtient ainsi un film constitué de plusieurs couches monomoléculaires superposées [45].

II LES CORPS GRAS:

Les triglycérides, triesters d'acides aliphatiques supérieurs ou acides gras, sont les constituants essentiels des graisses neutres.

Ils doivent aux longues chaînes hydrocarbonées des acides gras leurs propriétés physiques principales: apolarité et hydrophobie.

II.1 Les acides gras:

JALAL et coll.(1980) ont étudié divers acides gras saturés, insaturés et hydroxylés du point de vue équilibre d'étalement sur l'eau en fonction de la température, et mesuré les différents paramètres thermodynamiques au-dessus et au-dessous de la température de fusion .

En extrapolant le rapport des pressions superficielles en fonction de la température à la pression nulle on obtient les températures d'étalement T_s (au-dessus desquelles les liquides s'étaient spontanément sur l'eau), et la relation suivante a pu être formulée:

$$T_s = -42.1 + 1.09 * T_c \quad (6)$$

avec T_c = température de fusion.

II.2 Les substances phospholipides:

Le caractère amphiphile marqué des phospholipides leur donne un rôle de plus en plus important dans tout ce qui concerne les milieux dispersés "modernes" (agro-alimentaire, pharmacologie, cosmétologie...) à cause de leur aptitude à former des structures stables telles que des bicouches ou des multi-couches planes, cylindriques ou sphériques... Ce caractère amphiphile marqué explique la grande sensibilité de la bicouche formée à de nombreux paramètres tels que l'hydratation, salinité de l'eau, le pH, la température, la présence de cholestérol, de protéines ...

II.2.1 Le caractère amphiphile des phospholipides:

Nous nous limiterons à l'étude des glycérophospholipides. La figure 6 met en évidence le caractère amphiphile des 6 classes de glycérophospholipides.

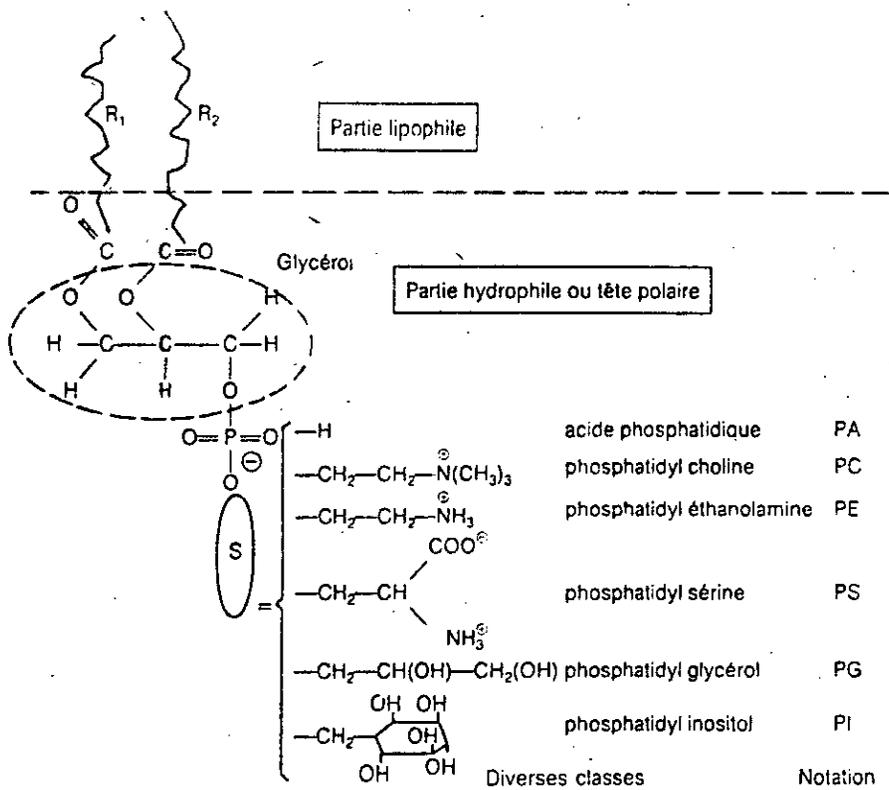


Schéma 1

Le schéma 1 rappelle l'existence de 6 classes de glycérophospholipides en fonction de la nature du substituant S, ainsi que leur notation abrégée usuelle. La plus connue (et utilisée) est certainement la classe des phosphatidylcholine (PC) très souvent appelées lécithine.

II.2 Les substances phospholipides:

Le caractère amphiphile marqué des phospholipides leur donne un rôle de plus en plus important dans tout ce qui concerne les milieux dispersés "modernes" (agro-alimentaire, pharmacologie, cosmétologie...) à cause de leur aptitude à former des structures stables telles que des bicouches ou des multi-couches planes, cylindriques ou sphériques... Ce caractère amphiphile marqué explique la grande sensibilité de la bicouche formée à de nombreux paramètres tels que l'hydratation, salinité de l'eau, le pH, la température, la présence de cholestérol, de protéines ...

II.2.1 Le caractère amphiphile des phospholipides:

Nous nous limiterons à l'étude des glycérophospholipides. La figure 6 met en évidence le caractère amphiphile des 6 classes de glycérophospholipides.

Comme toutes les molécules amphiphiles, les phospholipides sont caractérisables par les grandeurs suivantes:

- La concentration micellaire critique: CMC
- La balance hydrophile lipophile: HLB
- La température de fusion de chaîne ou température de KRAFFT: Tc.

C'est de l'ensemble de ces propriétés que découle le comportement spécifique et très structurant de ces molécules.

1 Les interactions lipophiles:

Les interactions de chaînes aliphatiques non polaires sont proportionnelles à la longueur de la chaîne et sont donc faibles.

Par contre, leur interaction avec un milieu polaire (telque l'eau) est plus complexe.

L'introduction d'un soluté non polaire dans l'eau nécessite un réarrangement de ces molécules d'eau par création de nouvelles liaisons hydrogènes.

2 Les interactions hydrophiles:

L'eau possède un moment électrique dipolaire permanent important dû aux deux paires d'électrons libres autour de l'oxygène. Les molécules d'eau sont de ce fait en très fortes interaction avec les parties polaires des molécules amphiphiles. Il y a donc une hydratation des ces têtes polaires et déstructuration du milieu (par exemple, formation de micelles au-dessus de la CMC), tout cela et en relation avec la structure, la flexibilité, la forme, la répartition, des parties polaires et non polaires des molécules amphiphiles.

II.3 Les monoglycérides:

A côté des phospholipides, il existe deux autres classes de lipides polaires dérivés du glycérol: les diglycérides et les monoglycérides, mais seuls les seconds présentent un caractère amphiphile marqué.

II.3.1 Les propriétés physico-chimiques de ces substances:

1 Structure:

Il existe un grand nombre de monoglycérides qu'il semble logique de distinguer selon deux critères simples.

*La longueur de la chaîne aliphatique et son degré d'insaturation:

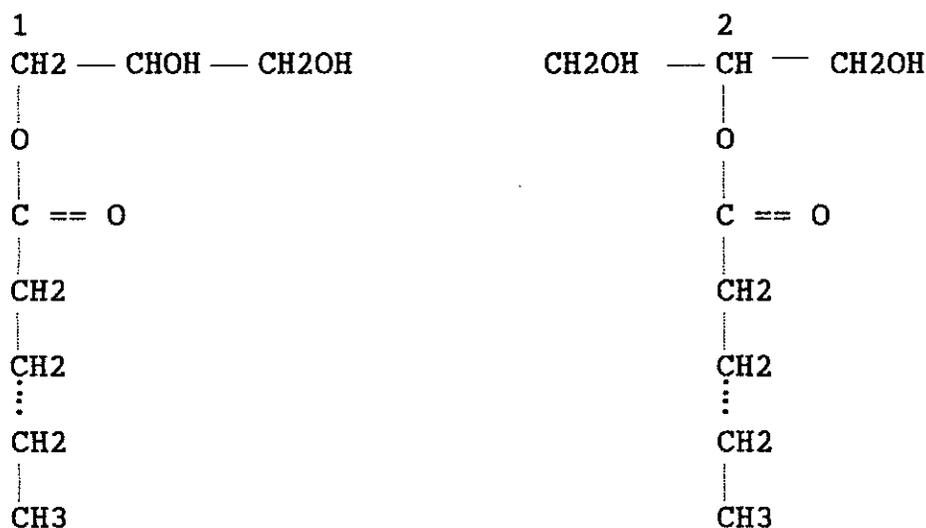
En effet, la température de fusion de la chaîne T_c dépend fortement de ces deux paramètres (tableaux 4).

Cn	Tri Tc	Di Tc	1 Mono		2 Mono	
			Tc	HLB	Tc	HLB
10	31.5	44.5	53	7.4	40.4	7.4
12	46.4	57.8	63	6.5	51.0	6.5
14	57.0	66.8	70.5	5.6	61.2	5.6
16	65.5	76.3	77	4.6	68.5	4.6
18	73.1	79.4	81.5	3.7	74.5	3.7

Tableau 4 : Températures de fusion de chaîne Tc(°C) de divers glycérides (triglycérides, diglycérides) obtenus avec des acides gras saturés. Valeurs approximatives HLB des isomères 1 et 2 des monoglycérides [46].

La HLB dépend de la longueur et de la constitution de chaîne, et uniquement d'elles puisque pour une série homologue donnée la tête polaire est constante.

* La position de l'estérification sur le glycérol:



Les deux formes isomères, représentées ci-dessus (monoglycéride 1 et monoglycéride 2) ont des HLB identiques mais une différence température de fusion de chaîne Tc, $\Delta T_c = T_{c_{\text{mono1}}} - T_{c_{\text{mono2}}}$ qui varie en fonction de la longueur de la chaîne, la variation est d'autant plus importante que la chaîne est courte, comme le montre le tableau 4.

ou alors selon leur degré de siccativité (tableau 5)

	Exemples
Les corps gras siccatifs	Huile de lin
	Huile d'oeillette
	Huile de tournesol
Les corps gras semi-siccatifs	Huile de coton
	Huile de sésame
	Huile de maïs
	Huile de colza
	Huile de soja
Les corps gras non siccatifs	Huile d'olive
	Huile d'arachide
	Huile d'amande

Tableau 5 : Classification des corps gras selon leur degré de siccativité [48].

Les huiles et graisses végétales sont classées d'après leur degré d'insaturation en cinq groupes selon leur valeur croissante de l'indice d'iode (tableau 6, 7, 8, 9 et 10).

Graisses végétales	Indice d'iode
Beurre de coco	8 - 10
Beurre de palmiste	12 - 16
Beurre de cacao	34 - 36

Tableau 6 : Classification des graisses végétales selon leur degré d'insaturation [48].

Huiles non siccatives	Indice d'iode
Huiles siccatives	80 - 85
Huile d'arachide	89 - 98
Huile d'amande	92 - 102

Tableau 7 : Classification des huiles végétales selon leur degré d'insaturation [48].

Huiles quart siccatives	Indice d'iode
Huile de colza	94 - 106
Huile de navette	98 - 100
Huile de moutarde	96 - 107

Tableau 8 : Classification des huiles végétales selon leur degré d'insaturation [48].

Les huiles de ce groupe sont caractérisées par une valeur élevée du poids moléculaire, moyen des acides gras (acide érucique).

Huiles demi-siccatives	Indice d'iode
Huile de coton	103 - 111
Huile de sésame	103 - 112
Huile de maïs	117 - 123

Tableau 9 : Classification des huiles végétales selon leur degré d'insaturation [48].

Ces huiles sont caractérisées par une valeur élevée de l'indice d'iode absolu (acide linoléique).

Huiles siccatives		Indice d'iode
A double liaisons non conjuguées	A double liaisons conjuguées	
Huile d'oeillette		131 - 134
Huile de noix		143 - 162
Huile de chenexis		140 - 172
Huile de lin		170 - 185
Huile de perilla		180 - 206
	Huile d'orthurca	179.5
	Huile de couflor	231
	Huile de bois de Chine	225 - 237

Tableau 10 : Classification des huiles végétales selon leur degré d'insaturation [48].

L'existence d'un indice d'iode élevé ne peut pas être corrélé avec la siccativité et la comestibilité des huiles végétales.

II.4.3 Les différents types d'altération des huiles et les relations avec les propriétés physiques:

Nous distinguons trois types d'altération des huiles:

1 L'altération biologique :

Des micro-organismes sont généralement introduits à partir de l'atmosphère ambiante, ou par l'appareillage de traitement insuffisamment stérilisé, par les emballages, par les contacts humains, par les insectes et ils sont favorisés par certaines conditions de température et d'un pH du milieu supérieur à cinq.

L'action de ces micro-organismes a pratiquement pour résultat la formation d'enzymes génératrices d'acides gras, de produits d'oxydation d'aldéhydes et de cétones, ce qui se traduit par des modifications d'apparence, de texture, de saveur et aussi par l'apparition de produits toxiques [48].

Le cas le plus généralement étudié est celui d'altération par ASPERGILLUS: moisissures responsables de l'acidification des graines par hydrolyse des glycérides, d'où formation de di et monoglycérides et parfois libération du glycérol.

Certaines ASPERGILLUS peuvent produire des toxines, l'exemple le plus connu est celui des alfatoxines: redoutable poison sécrété par l'ASPERGILLUS FLAVIUS.

La structure des alfatoxines est telle qu'elles sont peu solubles dans les huiles; par conséquent la contamination des huiles est généralement cinq fois plus faible que celle des graines dont elles proviennent [49].

2 L'altération chimique:

Les facteurs d'altération chimique sont induits par deux phénomènes: l'acidification et l'oxydation.

* Le phénomène d'acidification :

C'est une réaction d'hydrolyse au cours de laquelle un glycéride peut être décomposé par l'eau avec apparition de

glycérol et d'acides gras libres

* Le phénomène d'oxydation:

Au contact de l'oxygène moléculaire de l'air, les chaînes insaturées, les vitamines A et E, les pigments caroténoïdes et certains hydrocarbures présents dans l'huile tel que le squalène sont attaqués et donnent des produits d'oxydation [50]. Divers facteurs peuvent influencer le devenir des corps gras de façon très diverse. Nous citerons:

- La composition des acides gras:

La composition des acides gras est très importante pour la stabilité à l'oxydation d'une huile. En effet, plus sa teneur en acides gras insaturés est élevée, et plus ces derniers possèdent des doubles liaisons, plus l'oxydation sera rapide [51].

- L'énergie :

Il est bien connu que la lumière active le phénomène d'oxydation.

- Les traces de métaux:

Le fer et le cuivre, à l'état de traces, sont des catalyseurs actifs de l'oxydation des acides insaturés. Ils constituent un facteur d'instabilité des corps gras et représentent de ce fait un paramètre à ne pas négliger [52].

* Le phénomènes de rancissement:

Ce dernier correspond à une auto-oxydation lente des corps gras alimentaires dans les conditions normales de stockage [53].

3 L'altération thermo-oxydative :

* Considérations générales:

Sous l'effet conjugué des températures élevées et du contact avec l'air, les corps gras sont le siège de réactions d'oxydation et de polymérisation [54].

* Les produits d'altération thermo-oxydative:

Résultant aussi bien de réactions d'origine purement thermique que de réactions d'oxydation à des températures très variées; les produits formés sont multiples et divers, comprenant aussi bien des composés volatils et des composés non volatils qui s'accumulent dans le bain de friture [52].

- Les composés volatils:

Cette fraction volatile est constituée de composés carbonyles, d'hydrocarbures, d'alcools, d'acides carboxyliques, d'esters, de dérivés du furanne...[55]

- Les composés non volatils:

Cette fraction non volatile est constituée d'acides cycliques, aromatiques, dimères cycliques, non cycliques, des stérolides...[52]

4 L'aspect toxicologique des huiles chauffées:

Une huile chauffée doit être considérée comme impropre à la consommation humaine si elle contient 27 à 30% de produits de transformation sous forme tri glycérides [56].

5 Les inhibiteurs de l'oxydation ou antioxygènes:

La protection des constituants des corps gras alimentaires contre l'oxydation est assurée par certains composés phénolique [57].

II.4.4 Les huiles végétales utilisées comme substances filmogéniques:

Dans cette partie nous étudierons les huiles végétales que nous allons utiliser dans notre travail.

1 L'huile de soja:

L'huile de soja brute est de couleur jaune rouge à l'état frais. Elle a une odeur et une sueur d'abricot très prononcées qui s'altère à la longue [58]. Elle se solidifie à -10°C [59], après

raffinage sa composition est la suivante (tableau 11) [60]:

Composition centésimale des acides gras	
Acide palmitique	10,0 - 12,0%
Acide palmitoléique	0,2 - 0,4%
Acide stéarique	1,3 - 4,8%
Acide oléique	22,5 - 31,2%
Acide linoléique	49,0 - 54,7%
Acide linoléique	5,0 - 8,5%

Tableau 11 : Composition centésimale des acides gras pour l'huile raffiné de SOJA selon [60].

L'huile de soja peut être utilisée à l'état brut ou simplement délécithinée dans différents domaines tels que: l'éclairage, le chauffage (moteur diesel), le graissage, en savonnerie, pour la fabrication de caoutchouc, peinture, vernis,... Les sous produits de l'huilerie sont aussi très sollicités [61].

2 L'huile de colza: (synonymes: huile de navette, huile de choux, huile de ravison [62]).

Dans certains variétés dites: l'acide érucique dans le taux dépasse 40% [63].

Des travaux ont montré que dans certaines espèces animales, il provoquerait à longue échéance une myocradie grave [64].

A cet effet, des chercheurs, grâce à des sélections génétiques, ont pu créer du COLZA à faible teneur en acide érucique [65] telque le colza CANBRA au CANADA avec un pourcentage d'acide érucique presque nulle (0.3%) et le colza PRIMOR en FRANCE avec une teneur en acide érucique de 0.5% [66]. Cette nouvelle variété est appelée l'huile de CANOLA.

L'huile de colza brut est de couleur brune, d'odeur forte assez désagréable et d'une saveur âcre [67]. La composition en acides gras, de l'huile de colza raffinée, ne constitue pas une disposition obligatoire, mais est considérée comme des teneurs

indicatives de caractère consultatif [62]. Cependant VAISEY [65] propose la composition centésimale suivante (tableau12):

Acide gras	Colza en faible acide érucique	Canola
Acide palmitique	4	4
Acide stéarique	2	2
Acide oléique	34	55
Acide linoléique	17	26
Acide linoléique	7	10
Acide gadoléique	9	2
Acide érucique	26	trace

Tableau 12 : Composition centésimale des acides gras pour l'huile COLZA selon [65].

L'huile de colza est employé comme huile alimentaire, mais également dans l'industrie où il est utilisé pour la fabrication de lubrifiants et de savons [68].

3 L'huile de tournesol :

L'huile de tournesol brut est faiblement siccative, stable, elle contient quelques phosphatides et des mucilages, sa couleur est légèrement ambrée, après raffinage, c'est un produit jaune pâle, de saveur douce et d'odeur agréable. Elle est appréciée tant pour les tables qu'en industrie alimentaire (margarine, conserves de poisson). en effet c'est un excellent aliment, renfermant dans un faible poids une grande quantité d'énergie potentielle en raison de sa richesse en acides gras essentiels. Elle est couramment appelée huile diététique [69], et sa composition est la suivante (tableau 13) [70]:

Composition centésimale des acides gras

Acide palmitique	5.0 - 8.0
Acide palmitoléique	0.1 - 0.4
Acide stéarique	3.3 - 6.9
Acide oléique	18.7 - 37.4
Acide linoléique	51.9 - 68.1
Acide linoléique	0.2 - 1.4
Acide arachidique	0.0 - 0.3
Acide gadoléique	0.2 - 1.0
Acide behénique	0.5 - 1.1

Tableau 13 : Composition centésimale des acides gras pour l'huile raffiné de TOURNESOL selon [70].

La quasi totalité de l'huile est utilisée comme huile de table ou de cuisson. Les graisses servent soit à l'alimentation d'oiseaux domestiques, soit à l'alimentation humaine. En ALLEMAGNE et en GRANDE BRETAGNE, le tournesol est parfois utilisée dans la préparation d'aliments pour régime végétarien [68].

4 L'huile d'olive:

L'huile d'olive est constituée, pour près de 99-98% par un mélange de triglycérides, ce sont des acides gras principalement monoinsaturés et en moindre proportion saturés, estérifiés, avec un alcool (glycérol), les polyglycérides et les monoglycérides représentent respectivement 2 à 3% et 0,1 à 0,25% [70].



- Les acides gras mono-insaturés, les plus communs sont l'oléique, constituant fondamental qui distingue l'huile d'olive des autres huiles.
- Le palmétoléique, ils représentent (80%) [70].
- Les acides gras saturés, représentés, notamment par l'acide palmitique, qui est le deuxième en acide gras en importance dans

les huiles d'olives, et l'acide stéarique, ils représentent (10%) [70].

- Les acides gras polyinsaturés, sont peu représentés, le principal étant l'acide linoléique et l'alpha linoléique qui est présent en très faible quantité. Ils atteignent (10%) d'où un rapport polyinsaturés-saturés égale à 1 [70].

La présence de doubles liaisons donne à la graisse une fluidité et en abaisse son point de fusion, toute fois elle la rend plus sensible à l'oxydation.

La composition moyenne en acides gras de l'huile d'olive serait la suivante (tableau 14) [71]:

Acides gras	Esters méthyliques (%)
Acide oléique	56.0 - 83.0
Acide palmitique	7.5 - 20.0
Acide linoléique	3.5 - 20.0
Acide stéarique	0.5 - 3.5
Acide palmitoléique	0.3 - 3.5
Acide linoléique	0.0 - 1.5
Acide myristique	0.0 - 0.05
Acide arachidique	très petites quantité seulement
Acide behénique	très petites quantité seulement
Acide gadoléique	très petites quantité seulement
Acide linocérique	très petites quantité seulement
Acide érucique	pas en quantité décelables
Acide laurique	pas en quantité décelables

Tableau 14 : Composition centésimale des acides gras pour l'huile d'olive selon [71].

Ces huiles ont des utilisations diverses, quand elles sont bien raffinées tout à fait comestibles, il est à signaler que certaines huiles ne sont pas utilisées pour la friture.

II.4.5 Les propriétés physico-chimiques des huiles végétales:

Le tableau 15 indique quelques données relatives à des huiles très courantes.

1 Masse volumique. Viscosité

La plupart des huiles végétales présentent une masse volumique proche de 0.910-0.920 à 20°C. Pour certaines huiles pâteuses la viscosité ne peut être déterminée qu'à des températures supérieures à 20-25°C [72].

Caractéristiques	Huile de colza	Huile de soja
Masse volumique à 20°C (kg/l)	0.916	0.916
Viscosité (cSt)		
20°C	77.8	-
37.8°C	-	28.5
50°C	25.7	-
80°C	11.0	-
100°C	-	7.6
Plage de fusion (°C)	0 à -2	-12 à -29
Composition chimique (% masse)		
C	77.9	78.3
H	11.7	11.3
O	10.4	10.3
Formule globale	CH _{1.80} O _{0.10}	CH _{1.730} O _{0.10}
Indice de cétane	32-36	36-39
PCI massique (kJ/kg)	37440	36825
PCI volumique (kJ/l)	34300	33730
Masse moléculaire	900	-
Point d'éclair (°C)		285
PT (°C)		-11
PE (°C)		-21
TLF (°C)		+20
Carbone conradson (% masse)		0.49
Distillation (°C)		
PI		160
10%		256
50%		craquage
Distillat (%)		78
Résidu (%)		20
Pertes (%)		2

Tableau 15: Caractéristiques physico-chimiques de quelques types d'huiles végétales [72]

2 Fluidité à basse température:

Elle dépend très largement du degré de saturation des chaînes d'acides gras. Les huiles de colza, de coton, arachide, soja restent fluides pour des températures faiblement négatives (0 à -10°C). Les huiles riches en groupements saturés (palme, coprah) sont solides ou pâteuses au-dessous de 0°C .

3 Pouvoir calorifique (PCI):

Le PCI massique des huiles végétales est évidemment plus faible que celui des hydrocarbures (type gaz oil) écart sont de l'ordre de 15%. On observe de légères variations en fonction de la structure chimique de l'huile. Le PCI croît logiquement avec la longueur des chaînes hydrocarbonées et le degré de saturation, mais la plage de variation d'une huile à l'autre dépasse rarement 2%. Compte tenu de la densité élevée des huiles, le PCI volumique reste relativement satisfaisant. Il est en moyenne inférieur de 5 à 6% à celui du gaz oil.

4 Distillation:

Les huiles végétales ne sont pas habituellement distillables selon la méthode ASTM, à pression atmosphérique. Après avoir recueilli 10 à 20% de distillat, on observe un craquage, tandis qu'il reste dans le ballon plus de 80% de résidu carbonneux.

Chapitre 3

ETUDE ANALYTIQUE DES HUILES VEGETALES

I ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES HUILES VEGETALES:

Les huiles végétales présentent plusieurs caractéristiques physico-chimiques différentes. Les différentes manipulations réalisées conformément aux normes donnent les résultats résumés dans le tableau 1. Nous avons, de même, comparé ces résultats aux normes généralement admises comme nous allons le montrer. Les valeurs trouvées montrent que les huiles analysées ont des caractéristiques qui entrent bien dans les domaines prévues par les normes. Plusieurs paramètres influent sur la cohérence du film, nous allons définir leur variation en fonction d'autres caractéristiques physiques afin de mieux prévoir son influence sur le comportement filmogénique des substances utilisées.

II EVOLUTION DE LA DENSITE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE:

C'est une étape intermédiaire entrant dans la détermination de la tension interfaciale, les valeurs de la densité ont été déterminées par un densimètre électronique D.M.A 60, à différentes températures pour les échantillons d'huiles considérées. Nous pouvons aussi utiliser la Norme Entreprise [73], mais cette méthode reste moins précise que les mesures du densimètre électronique.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 2 suivant:

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	$d(g/cm^3)$								
H.R.SO	0.9221	0.9212	0.9173	0.9134	0.9068	0.9000	0.8933	0.8876	0.877
H.R.CO	0.9197	0.9188	0.9149	0.9110	0.9038	0.8972	0.8907	0.8853	0.877
H.R.TR	0.9233	0.9224	0.9185	0.9146	0.9079	0.9011	0.8943	0.8885	0.877
H.SA	0.9225	0.9216	0.9176	0.9137	0.9069	0.9001	0.8934	0.8879	0.880
H.OL	0.9148	0.9139	0.9111	0.9083	0.8989	0.8922	0.8855	0.8830	0.877
EAU.BID	0.9992	0.9983	0.9971	0.9957	0.9923	0.9881	0.9833	0.9778	0.971

Tableau 2: Evolution de la densité en g/cm^3 , des végétales utilisées en fonction de la température.

SUBSTANCES PARAMETRES		H.R.SO	H.R.CO	H.R.TR	H.OL	H
DENSITE (20°C/eau 20°C)		0.919-0.925 0.921	0.910-0.920 0.919	0.918-0.923 0.922	0.910-0.916 0.914	0.
INDICE DE REFRACTION n _D ^{40°C}		1.466-1.470 1.473	1.465-1.469 1.472	1.467-1.469 1.473	1.467-1.470 1.471	1
INDICE DE SAPONIFICATION (mg KOH/g huile)		189-195 192	168-181 179	188-194 191	184-196 190	18
INDICE D'IODE (mg I ₂ /100g huile)		120-143 130	94-120 109	110-143 114	75-94 82	12
INDICE D'ACIDE (mg KOH/g huile)		0.40 0.40	0.40 0.30	0.40 0.30	6.6 5.4	0.
TENEUR EN EAU ET MATIERES VOLATILES		NEANT	NEANT	NEANT	-	
TENEUR EN OLEATE DE SODIUM (SAVON)		NEANT	NEANT	NEANT	NEANT	
TENEUR EN PHOSPHATIDES		NEANT	NEANT	NEANT	-	
TENSION SUPERFICIELLE (dynes/cm) (20°C)		33.8	33.5	33.8	33.0	33
POINT D'ANILINE (°C)		14	18	17	19	16
CONTAMINANTS	T.F _e	1.5	1.5	1.5	-	
	T.Cu	0.1	0.1	0.1	-	
	T.Pb	0.1	0.1	NEANT	-	
	T.As	0.1	0.1	NEANT	-	
COLORANTS ET AROMATISANTS	A.O	C _{max}	C _{max}	C _{max}	-	
	G	100mg/kg	100mg/kg	100mg/kg	-	
	BHT	200mg/kg	200mg/kg	200mg/kg	-	
	P.A	200mg/kg	200mg/kg	200mg/kg	-	
	S.A	200mg/kg	200mg/kg	200mg/kg	-	
T.N&S	Limitée BPF	Limitée BPF	Limitée BPF	Additif non		
ANTIOXYGENES SYNERGISTES	A.C	Limitée BPF	Limitée BPF	Limitée BPF	-	
	C.S	Limitée BPF	Limitée BPF	Limitée BPF	-	

Tableau 1: Données concernant les quatre huiles végétales étudiées et les normes d'analyses et les résultats expérimentaux..

* Valeurs données par les normes d'analyses [60,62,70 et 74].

** Valeurs données par expérience (l'indice de réfraction est donné à H.R.SO: Huile raffinée de Soja, H.R.CO: Huile raffinée de Colza, H.R. Huile raffinée de Tournesol, H.OL: Huile d'Olive, H.SA: Huile Safia.

* Valeurs en bon accord avec celles données par EVRARD [75].

N.B: Les huiles végétales contiennent des acides gras de C₆ à C₂₂, avec en majorité des C₁₈, elles contiennent aussi de

insaponifiables (de 0.5 à 1.6%) [75].

D'après ces résultats nous remarquons que la densité de toutes les substances diminue avec l'augmentation de la température. Cette diminution de densité peut être corrélée avec la "température d'ébullition moyenne".

Nous avons reporté sur les figures 1 à 6 la variation de la densité d (g/cm^3) en fonction de la température T ($^{\circ}\text{C}$).

L'allure des courbes est la même pour les différents échantillons à analyser et l'équation représentant ces courbes est de la forme:

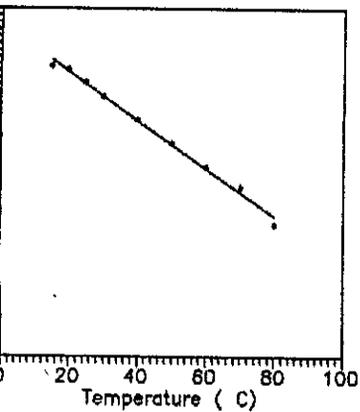
$$d = \exp(-B * T) * D \quad (1)$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont été calculées par l'équation 1 pour les différentes huiles végétales (tableau 3).

Substance	B	D
H.R.SO	-0.000757751	0.934428
H.R.CO	-0.000738466	0.931303
H.R.TR	-0.000769650	0.935951
H.SA	-0.000739258	0.934191
H.OL	-0.000745254	0.927064
EAU.BID	-0.000425689	1.007660

Tableau 3 : Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la densité des huiles végétales raffinées en fonction de la température.

Une première constatation est que les huiles végétales ont des densités du même ordre de grandeur. De plus, la densité est faible, plus la volatilité du produit est grande. L'huile raffinée d'olive est plus volatile que l'huile raffinée de colza, plus volatile que l'huile raffinée de tournesol, plus volatile que l'huile raffinée de soja. En tout état de cause la densité n'est pas un paramètre qui peut discriminer valablement entre les différentes huiles végétales.



Evolution de la densité de l'huile raffinée d'olive en fonction de la température.

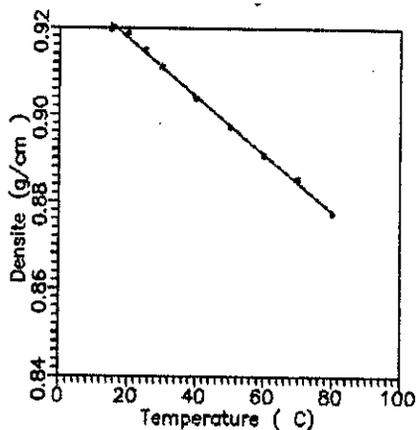
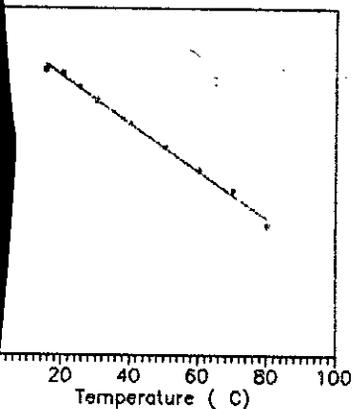


Fig. 2 : Evolution de la densité de l'huile raffinée de colza en fonction de la température.



Evolution de la densité de l'huile de soja en fonction de la température.

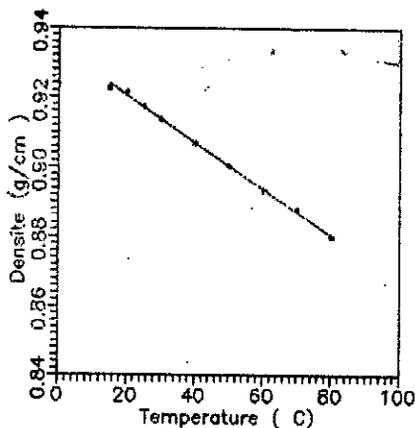
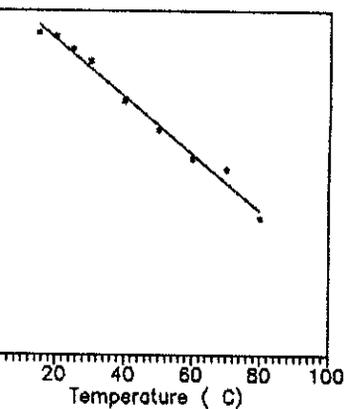


Fig. 4 : Evolution de la densité de l'huile safia en fonction de la température.



Evolution de la densité de l'huile d'olive en fonction de la température.

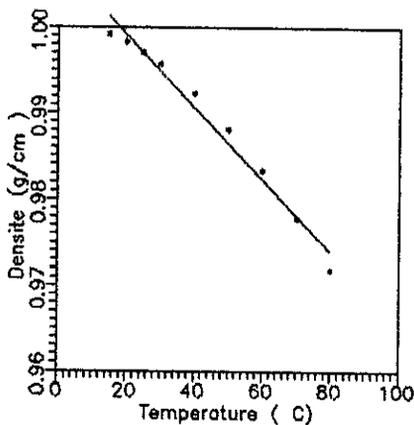


Fig. 6 : Evolution de la densité de l'eau en fonction de la température.

Les caractéristiques principales des huiles végétales sont publiées sous forme de norme notamment celle du conseil oléicole international (COI) [76] c'est aussi que pour l'huile d'olive vierge, en plus de tous les essais analytiques, complétés par l'UV et la chromatographie en phase liquide à haute performance, une norme donne un indice global de qualité IGO à partir de données sensorielles: dégustation et physico-chimiques. Une note de 0 à 10 est donnée

III DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION:

L'indice de réfraction d'une substance est le rapport de la vitesse de la lumière à une longueur d'onde choisie est, sauf indication contraire celle de la moyenne des raies D du sodium (589.6 nm). Nous avons utilisé un réfractomètre de type ATAGO. Les expériences ont été effectuées à 20°C et les résultats sont résumés dans le tableau 1, et sont comparés.

La variation étant faible d'une huile à une autre, l'indice de réfraction n'est pas un paramètre significatif de discrimination entre les différents types d'huiles. Un indice de réfraction élevé dénote d'une nature chimique insaturée.

IV DETERMINATION DU POINT D'ANILINE:

Le point d'aniline est la température la plus basse à laquelle des volumes égaux d'aniline et de produit à examiner sont complètement miscibles, la rupture de miscibilité se manifestant par l'apparition d'un trouble net; dans les conditions opératoires décrites par la Norme AFNOR [77], les résultats sont résumés dans le tableau 1.

Un point d'aniline bas suppose l'existence de corps chimiques "apparentés" à l'aniline (aromatique), principalement dû dans le cas des huiles végétales considérées aux doubles liaisons. Nous remarquons le faible point d'aniline de l'huile raffinée de soja.

V DETERMINATION DE L'INDICE D'ACIDE:

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras. Conformément à la norme entreprise [78] nous avons utilisé la méthode titrimétrique, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 1

La variation de l'indice d'acide d'une huile à une autre est due à la composition en acide gras, à la nature de ce dernier, ce paramètre va influencer le comportement de ces huiles à la surface de l'eau. Plus l'indice d'acide est important, plus le coefficient d'étalement sera important, nous verrons que l'huile d'olive s'étale bien à la surface de l'eau; coefficient d'étalement positive.

VI DETERMINATION DE L'INDICE DE SAPONIFICATION:

L'indice de saponification est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier 1g de matière grasse dans les conditions spécifiées. Nous avons suivi les indications de la norme entreprise [74]. Les résultats sont regroupés dans le tableau 1.

L'indice de saponification de l'huile raffinée de colza est nettement inférieur à ceux des autres huiles. Le plus élevé étant celui de l'huile de soja. Cela voudrait dire que l'huile raffinée de soja se saponifie plus facilement et rapidement que l'huile raffinée de tournesol, l'huile d'olive, l'huile safia, et l'huile raffinée de colza.

VII DETERMINATION DE L'INDICE D'IODE:

L'indice d'iode est la quantité de monochlorures d'iode, exprimée en grammes d'iode, absorbée par 100g du produit dans les conditions opératoires décrites par la norme entreprise [79], les résultats expérimentaux sont résumés dans le tableau 1.

L'indice d'iode de l'huile d'olive est plus petit que

CHAPITRE 3. ETUDE ANALYTIQUE DES HUILES VÉGÉTALES. PAGE 33

l'indice d'iode des autres huiles cela serait du à la présence en faible quantité de doubles liaisons dans la structure des acides gras.

L'importance de ce paramètre vient du fait que les huiles végétales sont en général insaturées. En présence d'oxygène, ils ont tendance à s'oxyder, ce qui nuie à la stabilité des films d'huiles.

Puisque l'indice d'iode pour l'huile raffinée de soja est nettement supérieur à celui des autres huiles, on peut supposer que le film de l'huile raffinée de soja s'oxyde plus rapidement que les autres huiles (insaturation plus importante). Quand l'indice d'iode augmente, le nombre de liaisons augmente, donc l'oxydation sera plus rapide ce qui influence certainement la stabilité du film. D'autre part, l'indice d'iode peut être corrélié avec le point d'aniline, ils varient dans le même sens.

En définitive et pour clore cette première partie de caractérisation des huiles végétales. Nous remarquons que les bornes définies pour chaque essai, encadrent les valeurs expérimentales trouvées. Cependant ces paramètres ne sont pas suffisants pour mettre en valeur la propriété filmogénique de ces différentes huiles végétales. Pour aboutir à cette évaluation nous allons dans une deuxième étape déterminer d'autres caractéristiques des films telque la température d'ébullition, et surtout la tension superficielle.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES NECESSAIRES POUR L'ETUDE DES FILMS:

I TEMPERATURE D'EBULLITION MOYENNE DES HUILES VEGETALES:

Un autre paramètre important concernant les huiles végétales, est leur "température d'ébullition moyenne".

La "température d'ébullition moyenne T_{eb} " des acides gras de C_5 à C_{18} est donnée par l'équation 2: Une relation empirique a été proposée [46].

$$T_{eb1} = 1179.1 - 55.345 / (n_2 + 50.89) \quad (2)$$

avec:

n_2 : nombre d'atomes de carbone pour chaque acide gras.

T_{eb} = 1179.1°C à 760 torrs.

Nous supposons que la "température d'ébullition moyenne" est une propriété additive, connaissant les acides gras composant les différents huiles végétales en utilisant l'équation 2 nous pouvons déterminer la température d'ébullition moyenne des huiles végétales utilisées,

$$T_{eb} = \sum T_{eb1} / n1 \quad (3)$$

n : nombre d'acides gras composant l'huile végétale.

Pour le calcul de la "température d'ébullition moyenne" des acides gras, avec n_2 supérieur à 18, nous avons T_{eb1} en fonction de n_2 et puis faire une extrapolation.

La "température d'ébullition moyenne" des huiles végétales ainsi que celle du camphre et de l'isopropanol sont résumés dans le tableau 4 suivant:

Substance	"température d'ébullition moyenne" T_{eb} (°C)
H.R.SO	1178.28
H.R.CO	1178.30
H.R.TR	1178.30
H.SA	1178.30
H.OL	1178.30
Isopropanol*	82.33
Camphre*	209.00

Tableau 4: Données concernant la température d'ébullition (°C) des substances utilisés.

* Valeurs données par Am.Petr.In. [80].

Nous ne comprenons pas l'extrême grandeur de ces valeurs d'une part et d'autre part, que la température d'ébullition soit la même pour toutes les huiles. Ces valeurs reflètent uniquement l'application de la formule 2; ce que nous retenons simplement est que les tensions de vapeur sont très faibles jusqu'à des températures de 50°C (limite supérieure atteinte par le climat au sud).

La température d'ébullition est un critère qui peut nous donner les limites supérieures aux quelles nous devons opérer sur l'état du film par exemple, le film formé par l'isopropanol s'évapore à partir de 80°C. Une grande tension de vapeur ne va pas permettre d'avoir un film cohérent et l'évaporation peut être importante, dans le cas des huiles considérées, la tension de vapeur sera faible jusqu'à 80°C.

Les huiles brutes quelque soit leur provenance renferment toujours à côté des triglycérides qui en sont les composants essentielles, de petites quantités de phospholipidiques.

Ce sont des dérivés du phosphoryl 3 glycérol dont les fonctions alcool en 1 et 2 sont estérifiées par deux acides gras identiques ou différents tandis que le reste phosphorique peut être estérifié soit par un amino-alcool soit par un polyol. Ils ont un rôle majeur dans les organismes vivants en qualité de

constituant des membranes.

Ils ont d'après LETERRIER des "qualités amphiphile marquée, et jouent de ce fait un rôle important dans les milieux dispersés" (agro-alimentaire, pharmacologie, cosmétologie) à cause de leur aptitude à former des structures stables telles que des bicouches ou des multicouches planes, cylindriques ou sphériques, cette bicouche est très sensible à de nombreux paramètres, telle que l'hydratation, la salinité de l'eau, le PH, la température, (figure 6 de la partie théorique).

Ils ont enfin une dynamique moléculaire importante ce qui leur permet une liberté de mouvement.

Les principaux paramètres intervenant dans les mécanismes d'adsorption sont la concentration micellaire critique, la balance hydrophile lipophile HLB et la température de fusion (point de KRAFT) [46].

II VARIATION DE LA TENSION SUPERFICIELLE DES SUBSTANCES UTILISEES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE:

Le but de cette manipulation est de mesurer l'influence de la température sur la tension superficielle pour différentes catégories d'huiles végétales. Nous avons utilisé la méthode d'arrachement de l'anneau de du NOUY pour mesurer la tension superficielle de l'eau, des huiles végétales, et du système huile végétale/eau à différentes concentrations. Les résultats sont résumés dans le tableau 5:

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
H.OL	33.5	33.0	32.7	32.6	32.0	31.5	31.0	30.2	29.6
H.SA	34.2	33.7	33.4	33.2	32.7	32.1	31.7	31.0	30.3
H.R.CO	33.7	33.5	33.1	32.7	32.3	31.8	31.3	30.5	30.1
H.R.SO	34.3	33.8	33.5	33.4	32.5	32.4	31.6	31.2	30.4
H.R.TR	34.1	33.8	33.3	32.9	32.6	31.9	31.4	31.1	30.2
EAU BIDISTILLEE	73.6	72.5	71.4	71.0	69.4	67.2	67.0	64.4	62.0

Tableau 5: Evolution de la tension superficielle (dynes/cm) des huiles végétales utilisées en fonction de la température.

La tension superficielle diminue d'environ 25% pour toutes les huiles quand la température passe de 15 à 80°C.

En comparant avec la tension superficielle de l'eau, nous remarquons que la grande différence, $\gamma_{\text{eau}} - \gamma_{\text{huile}}$ fera que l'huile s'étalera, cette différence diminue quand la température augmente l'aptitude à s'étaler diminue avec l'élévation de la pression de vapeur

Lorsque la température s'élève le corps se dilate, les forces d'attractions mutuelles de ses molécules internes et celle de ses molécules superficielles diminuent. Ainsi, la tension superficielle décroît lorsque la température s'élève.

Dans le but de nous rendre compte graphiquement de cette diminution de la tension superficielle, nous avons reporté sur les figures 7 à 12 la variation de la tension superficielle (dynes/cm) en fonction de la température T(°C).

L'allure des courbes est la même pour les différents échantillons analysés, en effet la fonction est linéaire, presque, jusqu'à la température critique T_c à laquelle la tension superficielle s'annule à la suite de la disparition de la différence de comportement entre le liquide et la vapeur. Il s'avère que plus le liquide observé est éloigné de sa température critique, plus γ sera élevé; et que plus le liquide est près de sa température critique, plus γ est faible. Nous pouvons écrire que:

$$\gamma = B*T + D \quad (4)$$

le tableau 6 donne les paramètres B et D, pour chaque échantillon.

Nature de la substance	B	D	Equations
H.R.OL	-0.0569412	34.2675	$\gamma = -0.0569412*T + 34.2675$
H.R.CO	-0.0568627	34.6529	$\gamma = -0.0568627*T + 34.6529$
H.R.SO	-0.0543529	34.9553	$\gamma = -0.0543529*T + 34.9553$
H.SA	-0.0560000	34.9267	$\gamma = -0.0560000*T + 34.9267$
H.R.TR	-0.0560000	34.8267	$\gamma = -0.0560000*T + 34.8267$
EAU BIDISTILLEE	-0.1667450	75.9478	$\gamma = -0.1667450*T + 75.9478$

Tableau 6: Equations caractéristiques des huiles végétales utilisées

Nous pouvons prévoir la tension superficielle à n'importe

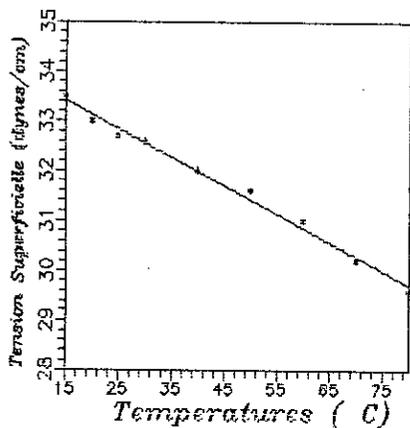


Fig. 7 : Evolution de la tension Superficielle d'huile d'olive en fonction de la température.

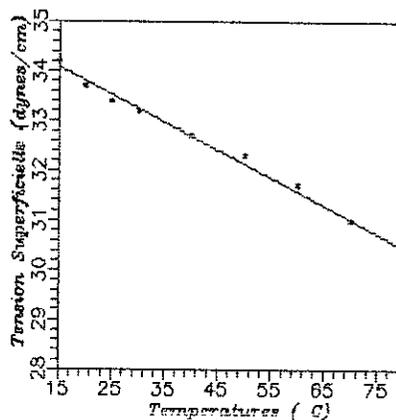


Fig. 8 : Evolution de la tension Superficielle d'huile Safia en fonction de la température.

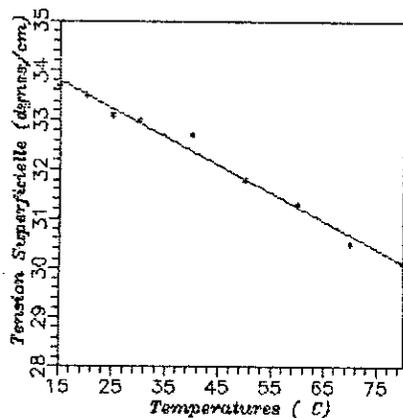


Fig. 9 : Evolution de la tension Superficielle d'huile raffinée de Coiza en fonction de la température.

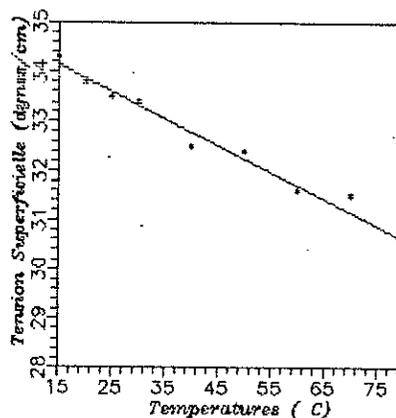


Fig. 10: Evolution de la tension Superficielle d'huile raffinée de Soja en fonction de la température.

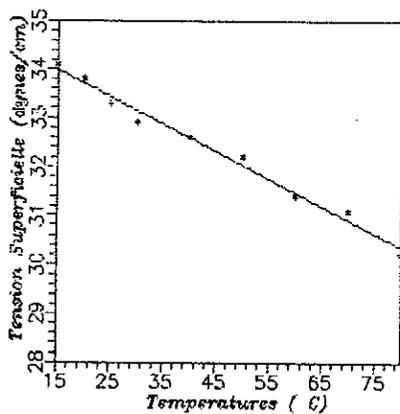


Fig. 11: Evolution de la tension Superficielle d'huile raffinée de tournesol en fonction de la température.

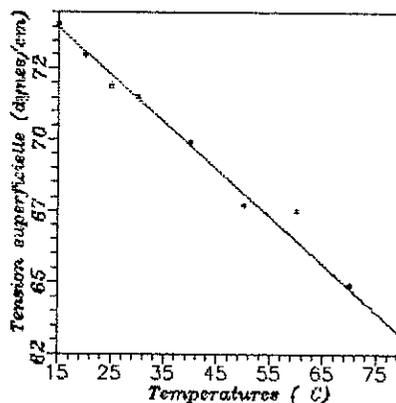


Fig. 12: Evolution de la tension superficielle de l'eau bidistillée en fonction de la température.

qu'elle température dans l'intervalle 15 à 80°C et l'extrapolation peut se faire à 100°C à partir soit des courbes soit des équations, les équations étant pratiquement linéaires.

III VARIATION DE LA TENSION INTERFACIALE (T.F) EN FONCTION DE LA TEMPERATURE:

Les tensions interfaciales sont évaluées de façon classique avec le tensiomètre à goutte tournante de type KRUSS dont le principe consiste à placer une goutte d'huile végétale dans le tube capillaire rempli d'eau bidistillée. Ce tube cylindrique est mis en rotation autour de son axe et l'accélération combinée avec la tension interfaciale maintient la goutte au centre du tube et lui donne une forme allongée.

Une relation simple relie son diamètre et la tension interfaciale recherchée.

Une fois la température à laquelle nous voulons déterminer la tension interfaciale, réglée et stabilisée nous remplissons le tube capillaire avec l'eau bidistillée et par la suite, nous réglons la vitesse de rotation du tube capillaire, et puis nous injectons une goutte d'huile végétale dans ce tube.

La mesure du diamètre de la goutte est faite après avoir obtenue la condition [81]:

$$D < (1/4) * L \quad (5)$$

où

D: diamètre de la goutte (en subdivision).

L: longueur d'allongement de la goutte.

La tension interfaciale est donnée par la formule suivante donnée [81] pour l'utilisation de l'appareil:

$$T I = P * D^3 * n^2 * \Delta\rho \quad (6)$$

où

P: C^{te} = 2.19328 10⁻⁸ (dynes.min².cm²/((subdivision).tr².g).

n: vitesse de rotation (tr/min).

$\Delta\rho$: différence de densité entre l'eau bidistillée et l'huile végétale (g/cm³).

L'ensemble des résultats sont regroupés dans le tableau 7.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
H. OLIVE	30.21	28.11	27.00	26.32	25.01	22.74	21.35	19.16	16.80
H. SAFIA	31.69	30.00	29.25	28.61	27.58	25.83	24.70	23.05	20.80
H. R. COLZA	30.75	28.80	27.90	27.40	26.35	24.60	23.90	21.80	19.80
H. R. SOJA	31.58	30.98	30.15	29.51	28.75	27.35	26.74	24.93	22.80
H. R. TOURNESOL	30.80	29.20	28.21	28.00	27.04	25.60	24.80	23.20	21.80

Tableau 7: Evolution de la tension interfaciale (T.I) en fonction de la température.

L'étude des tensions interfaciales a une grande importance pour des domaines scientifiques souvent très différents. Le film sera d'autant plus cohérent que la tension interfaciale, elle est en relation directe avec le coefficient d'étalement.

Nous avons reporté sur les figures 13 à 17 la variation de la tension interfaciale en fonction de la température.

La tension interfaciale décroît quand la température augmente et la fonction est linéaire. Donc nous pouvons écrire que:

$$T.I. = B \cdot T + D \quad (7)$$

Le tableau 8, donne les paramètres B et D pour chaque échantillon étudié.

Nature de la substance	B	D	Equations
H. OLIVE	-0.193	32.421	T.I. = -0.193 * T + 32.420
H. R. COLZA	-0.153	32.312	T.I. = -0.153 * T + 32.312
H. R. SOJA	-0.128	33.590	T.I. = -0.127 * T + 33.590
H. SAFIA	-0.153	33.461	T.I. = -0.153 * T + 33.461
H. R. TOURNESOL	-0.132	32.210	T.I. = -0.132 * T + 32.210

Tableau 8: Equations caractéristiques donnant la variation de la tension interfaciale des huiles végétales en fonction de la température.

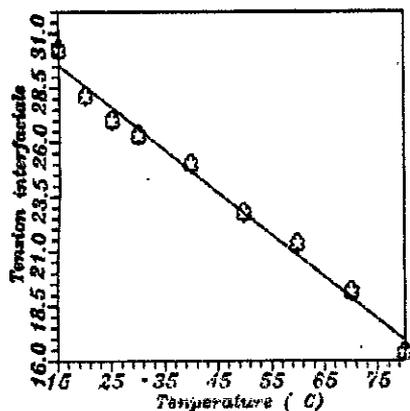


Fig. 13: Evolution de la Tension interfaciale d'huile d'Olive en fonction de la Temperature.

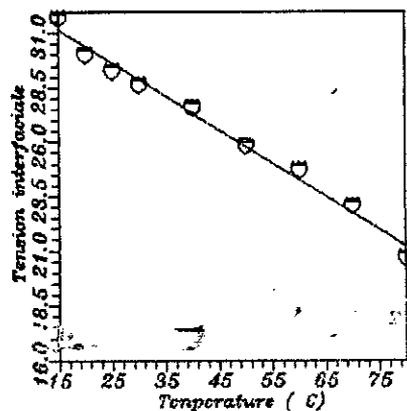


Fig. 14: Evolution de la Tension interfaciale d'huile Safia en fonction de la Temperature.

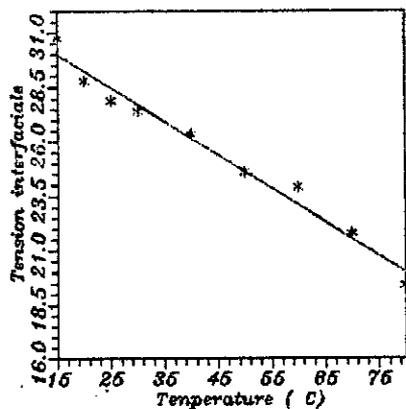


Fig. 15: Evolution de la Tension interfaciale d'huile raffinee Gezales en fonction de la temperature.

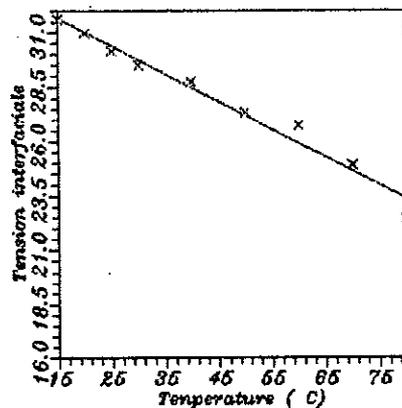


Fig. 16: Evolution de la tension Interfaciale d'huile raffinee Sojo en fonction de la temperature.

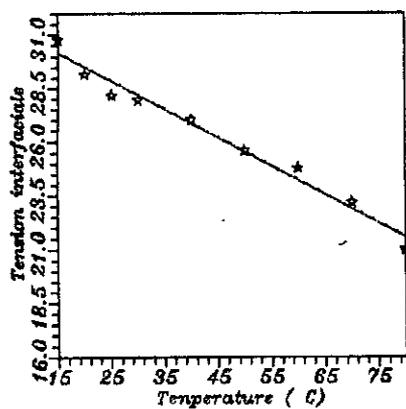


Fig. 17: Evolution de la tension Interfaciale d'huile raffinee tournesol en fonction de la temperature.

COMPORTEMENT DES HUILES VÉGÉTALES à LA SURFACE DE L'EAU

I INTRODUCTION:

Parmi les paramètres importants permettant de se rendre compte si une substance est capable de s'étaler à la surface de l'eau, nous citerons la détermination du travail d'adhésion, W_{adh} , du travail de cohésion, W_{coh} , et du coefficient d'étalement, E . Nous pouvons aussi déduire l'aire moléculaire, a_{max} , ainsi que la concentration micellaire critique des huiles végétales dans le cas de l'addition d'un tensio-actif.

Nous sommes amené de ce fait à étudier l'évolution de la tension superficielle en fonction de la concentration de l'huile dans l'eau, ainsi que l'évolution de la tension interfaciale en fonction de la température.

Dans le but d'analyser le comportement en surface aqueuse des huiles végétales, nous avons par expérience mesuré la tension superficielle avec un tensiomètre type de DU NOUY en fonction de la concentration (0.086-15.308g/l) à différentes températures (15-80°C). Les isothermes $\gamma([C])$ (variation de la tension superficielle en fonction de la concentration d'huile dans l'eau), sont données pour les huiles sur les figures 18 à 22, de même nous avons mesuré la variation de la TI(T) (variation de la tension interfaciale γ_{LS} en fonction de la température, sur un tensiomètre à goutte tournante de type KRUSS figures 13 à 17). La connaissance des tensions superficielles et la tension interfaciale permet de déterminer le travail d'adhésion et le travail de cohésion à partir des relations données dans la partie théorique (équations 1 et 3).

II Variation de la tension superficielle en fonction de la concentration de l'huile dans l'eau:

Dans ce qui suit, nous présentons les éléments qui composent le système physico-chimique sur lequel nous allons travailler. La

variation de la tension superficielle à une température donnée en fonction de la concentration peut nous indiquer la concentration maximale nécessaire à l'huile pour couvrir la surface de l'eau d'une couche monomoléculaire. Il est ensuite possible d'atteindre la concentration micellaire critique, c'est à dire celle à partir de laquelle, il n'y a pas que l'adhésion à l'eau mais aussi un début de formation de micelle (agrégation des molécules d'huiles).

Expérimentalement, nous avons mesuré la tension superficielle du mélange (huile-eau) pour différentes concentrations d'huile dans l'eau et différentes températures.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux 9 à 13.

C(g/l)	T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)									
0		73.6	72.5	71.4	71.0	69.4	67.2	67.0	64.4	62.0
0.086		46.8	46.2	45.3	44.9	43.9	42.3	41.8	40.4	38.4
0.157		45.8	45.3	44.4	44.0	43.1	41.5	41.0	39.7	37.7
0.212		45.4	44.9	44.0	43.6	42.6	41.1	40.6	39.3	37.3
0.300		44.8	44.3	43.4	43.0	42.1	40.6	40.1	38.8	36.8
0.450		44.0	43.6	42.7	42.3	41.4	40.0	39.4	38.2	36.3
0.728		43.1	42.8	41.9	41.5	40.6	39.2	38.6	37.5	35.5
1.275		42.1	41.7	40.8	40.4	39.6	38.2	37.7	36.6	34.6
2.186		41.0	40.7	39.8	39.4	38.6	37.2	36.7	35.6	33.7
5.102		39.4	39.0	38.1	37.7	36.9	35.6	35.0	34.0	32.1
7.654		38.6	38.2	37.3	36.9	36.1	34.8	34.2	33.2	31.3
15.308		37.2	36.9	36.0	35.6	34.8	33.5	32.9	31.9	30.0

Tableau 9: Evolution de la tension superficielle d'huile safia e fonction de la température et à différentes concentrations.

C(g/l)	T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)									
0		73.6	72.5	71.4	71.0	69.4	67.2	67.0	64.4	62.0
0.086		46.6	46.0	44.8	44.2	43.1	41.9	41.0	39.8	38.2
0.157		45.6	45.1	43.9	43.2	42.2	41.1	40.1	39.0	37.5
0.212		45.2	44.6	43.4	42.8	41.7	40.7	39.7	38.6	37.1
0.300		44.6	44.1	42.9	42.2	41.2	40.1	39.2	38.1	36.6
0.450		43.8	43.4	42.2	41.4	40.5	39.5	38.5	37.5	36.1
0.728		42.9	42.5	41.3	40.5	39.6	38.7	37.6	36.7	35.3
1.275		41.9	41.4	40.2	39.5	38.5	37.7	36.6	35.7	34.4
2.186		40.8	40.4	39.2	38.4	37.5	36.7	35.6	34.7	33.5
5.102		39.2	38.8	37.6	36.8	35.9	35.0	33.9	33.1	31.9
7.654		38.4	37.9	36.7	36.0	35.0	34.2	33.1	32.3	31.1
15.308		37.0	36.6	35.4	34.6	33.7	32.9	31.8	31.0	29.8

Tableau 10: Evolution de la tension superficielle d'huile de tournesol en fonction de la température et à différentes concentrations.

T (°C)	B	D	F
15	1.991 10 ⁻¹⁸	3.341 10 ⁻²⁰	1.086 10 ⁻³²
20	4.423 10 ⁻¹⁸	1.683 10 ⁻²⁰	3.263 10 ⁻³²
25	4.423 10 ⁻¹⁷	2.503 10 ⁻¹⁹	9.804 10 ⁻³²
30	9.846 10 ⁻¹⁷	1.647 10 ⁻¹⁸	1.462 10 ⁻³¹
40	1.981 10 ⁻¹⁶	3.044 10 ⁻¹⁸	7.234 10 ⁻³¹
50	1.616 10 ⁻¹⁵	4.228 10 ⁻¹⁷	6.537 10 ⁻³⁰
60	7.262 10 ⁻¹⁵	2.261 10 ⁻¹⁶	7.985 10 ⁻³⁰
70	3.249 10 ⁻¹⁴	4.100 10 ⁻¹⁶	1.075 10 ⁻²⁸
80	1.607 10 ⁻¹³	6.110 10 ⁻¹⁵	1.185 10 ⁻²⁷

Tableau 15: Constantes B, D, et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile d'olive en fonction de la température et à différentes concentrations.

T (°C)	B	D	F
15	1.325 10 ⁻¹⁹	2.197 10 ⁻²⁰	1.086 10 ⁻³²
20	3.602 10 ⁻¹⁹	5.973 10 ⁻²⁰	3.263 10 ⁻³²
25	3.967 10 ⁻¹⁹	8.833 10 ⁻²⁰	9.804 10 ⁻³²
30	1.194 10 ⁻¹⁸	2.301 10 ⁻¹⁹	1.462 10 ⁻³¹
40	2.931 10 ⁻¹⁸	6.527 10 ⁻¹⁹	7.243 10 ⁻³¹
50	7.137 10 ⁻¹⁸	2.706 10 ⁻¹⁸	6.537 10 ⁻³⁰
60	1.180 10 ⁻¹⁷	3.938 10 ⁻¹⁸	7.984 10 ⁻³⁰
70	2.111 10 ⁻¹⁸	1.306 10 ⁻¹⁷	1.075 10 ⁻²⁸
80	8.425 10 ⁻¹⁷	7.420 10 ⁻¹⁷	1.185 10 ⁻²⁷

Tableau 16: Constantes B, D, et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de soja en fonction de la température et à différentes concentrations.

T (°C)	B	D	F
15	2.962 10 ⁻¹⁹	2.954 10 ⁻²⁰	1.086 10 ⁻³²
20	3.981 10 ⁻¹⁹	6.601 10 ⁻²⁰	3.263 10 ⁻³²
25	9.792 10 ⁻¹⁹	1.623 10 ⁻¹⁹	9.804 10 ⁻³²
30	1.461 10 ⁻¹⁸	2.422 10 ⁻¹⁹	1.462 10 ⁻³¹
40	3.239 10 ⁻¹⁸	7.213 10 ⁻¹⁹	7.243 10 ⁻³¹
50	1.180 10 ⁻¹⁷	3.937 10 ⁻¹⁸	6.537 10 ⁻³⁰
60	2.156 10 ⁻¹⁷	6.311 10 ⁻¹⁸	7.985 10 ⁻³⁰
70	5.789 10 ⁻¹⁷	2.813 10 ⁻¹⁷	1.075 10 ⁻²⁸
80	3.855 10 ⁻¹⁶	2.115 10 ⁻¹⁶	1.185 10 ⁻²⁷

Tableau 17: Constantes B, D, et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile safia en fonction de la température et à différentes concentrations.

T (°C)	B	D	F
15	3.618 10 ⁻¹⁹	3.610 10 ⁻²⁰	1.086 10 ⁻³²
20	5.382 10 ⁻¹⁹	7.615 10 ⁻²⁰	3.263 10 ⁻³²
25	1.787 10 ⁻¹⁸	2.528 10 ⁻¹⁹	9.804 10 ⁻³²
30	3.988 10 ⁻¹⁸	3.978 10 ⁻¹⁹	1.462 10 ⁻³¹
40	9.782 10 ⁻¹⁸	1.384 10 ⁻¹⁸	7.243 10 ⁻³¹
50	2.161 10 ⁻¹⁷	5.530 10 ⁻¹⁸	6.537 10 ⁻³⁰
60	6.518 10 ⁻¹⁷	1.256 10 ⁻¹⁷	7.984 10 ⁻³⁰
70	1.437 10 ⁻¹⁶	4.797 10 ⁻¹⁷	1.075 10 ⁻²⁸
80	4.708 10 ⁻¹⁶	2.583 10 ⁻¹⁶	1.185 10 ⁻²⁷

Tableau 18: Constantes B, D, et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de tournesol en fonction de la température et à différentes concentrations.

L'avantage de ces équations est qu'il nous permet de prévoir l'abaissement de la tension superficielle en fonction de la température et de la concentration et ceci sans réaliser d'expérience.

III CALCUL DE LA CONCENTRATION SUPERFICIELLE ET L'AIRE MOLECULAIRE

L'une des possibilités qu'offre ces résultats expérimentaux et de pouvoir calculer la concentration superficielle Γ , la concentration superficielle maximum et l'aire moléculaire.

A partir de la formule 8 l'isotherme de GIBBS nous permet d'atteindre:

$$a_{\max}^{(2)} = R T 10^{+16} / 2 N \quad (9)$$

En effet l'isotherme de GIBBS est donnée par la formule suivante:

$$\Gamma = -C*(d\gamma/d[C])/R*T \quad (10)$$

où

Γ : Désigne la concentration superficielle (nombre de mole par unité de surface).

[C] : Désigne la concentration de l'huile végétale dans l'eau.

R : Constante des gaz parfait ($R = 8.314 \cdot 10^{+7}$).

T : Température en degré kelvin(K).

La surface d'une mole de soluté est:

$$A = 1/\Gamma_{\max} \quad (11)$$

où

$$\Gamma_{\max} = \lim_{c \rightarrow \infty} \Gamma \quad (12)$$

Et la surface par molécule sera:

$$a_{\max} = 1/(\Gamma_{\max} * N) \quad (13)$$

où

N : est le nombre d'AVOGADRO ($N = 6.023 \cdot 10^{+23}$).

Nous constatons que pour arriver au calcul de l'aire moléculaire nous devons passer par les étapes suivantes:

III.1 Calcul de Γ :

En appliquant l'équation 10 nous pouvons déterminer Γ .

$$\Gamma = \frac{2 * B * [C] + D * [C]}{2 * (B * [C] + D * [C] + F) * R * T} \quad (14)$$

B, D et F constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 8 pour les différentes huiles végétales (tableaux 14 à 18).

Les résultats sont regroupés dans les tableaux 19 à 23.

A partir de ces données nous pouvons tracer $\Gamma = f([C])$ figures 23 à 27.

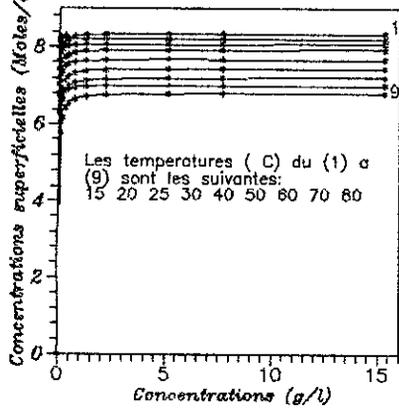


Fig 23: Evolution de la concentration Superficielle d'huile d'Olive en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperatures.

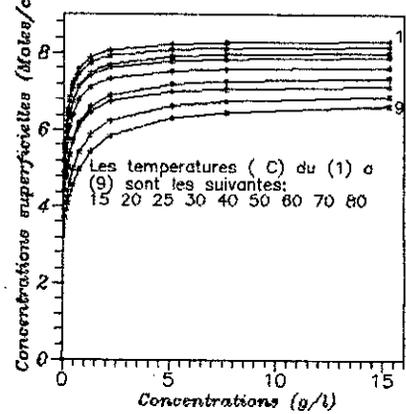


Fig 24: Evolution de la concentration Superficielle d'huile raffinee de Soja en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperatures.

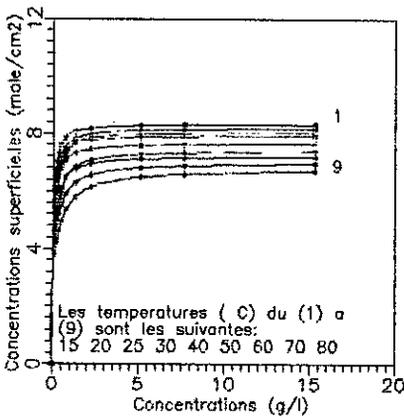


Fig. 25: Evolution de la concentration superficielle d'huile raffinee de Tournesol en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperatures.

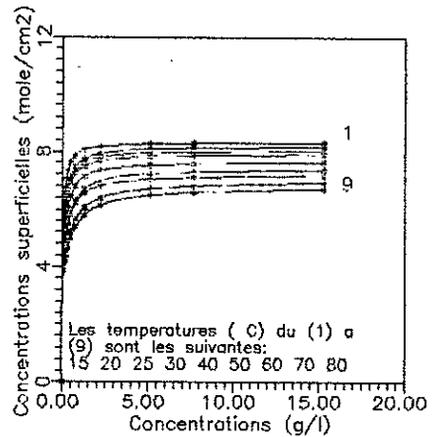


Fig. 26: Evolution de la concentration superficielle d'huile Safia en fonction de la concentration et a differentes temperatures.

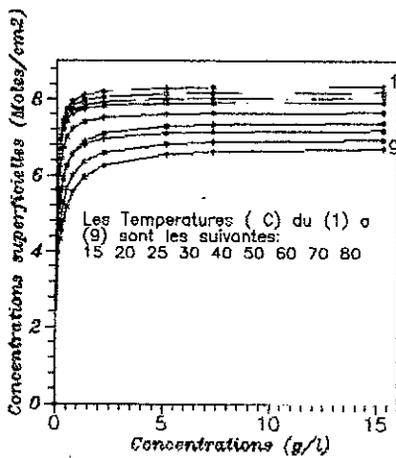


Fig 27: Evolution de la concentration Superficielle d'huile raffinee de Colza en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperatures.

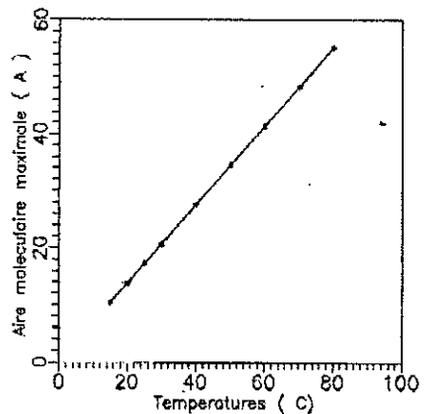


Fig. 28: Evolution de l'aire moleculaire maximale des substances considerees en fonction de la temperature.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	$\Gamma \cdot 10^{11}$ (mole/cm ²)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.086	6.109	5.657	5.562	5.428	5.295	4.660	4.442	4.225	3.869
0.157	6.730	6.264	6.159	6.010	5.864	5.139	4.883	4.628	4.165
0.212	7.016	6.567	6.457	6.315	6.147	5.411	5.139	4.868	4.357
0.300	7.310	6.895	6.779	6.616	6.454	5.733	5.449	5.166	4.612
0.450	7.594	7.228	7.107	6.936	6.766	6.097	5.808	5.520	4.942
0.728	7.849	7.542	7.415	7.237	7.060	6.479	6.468	5.911	5.350
1.275	8.049	7.800	7.669	7.651	7.301	6.825	6.749	6.285	5.789
2.186	8.170	7.960	7.827	7.766	7.452	7.057	6.931	6.549	6.131
5.102	8.272	8.099	7.963	7.863	7.582	7.269	7.092	6.798	6.484
7.654	8.299	8.135	7.999	7.888	7.616	7.327	7.135	6.867	6.586
15.308	8.325	8.172	8.035	7.913	7.650	7.386	7.179	6.938	6.697

TABLEAU 19: Evolution de la concentration superficielle Γ d'huile de tournesol en fonction de la température et de la concentration.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	$\Gamma \cdot 10^{11}$ (mole/cm ²)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.086	6.110	5.507	5.415	5.325	4.913	4.487	4.432	4.034	3.869
0.157	6.730	6.101	5.999	5.900	5.431	4.915	4.873	4.363	4.165
0.212	7.016	6.408	6.301	6.197	5.717	5.170	5.129	4.572	4.357
0.300	7.310	6.749	6.636	6.526	6.048	5.487	5.440	4.845	4.612
0.450	7.595	7.105	6.986	6.870	6.413	5.862	5.800	5.192	4.942
0.728	7.849	7.448	7.324	7.203	6.785	6.277	6.188	5.609	5.350
1.275	8.049	7.737	7.608	7.482	7.114	6.675	6.549	6.045	5.789
2.186	8.170	7.920	7.788	7.659	7.330	6.954	6.797	6.375	6.131
5.102	8.272	8.081	7.945	7.814	7.524	7.219	7.027	6.708	6.484
7.654	8.299	8.123	7.987	7.855	7.577	7.292	7.091	6.804	6.586
15.308	8.325	8.166	8.029	7.896	7.630	7.368	7.156	6.905	6.697

TABLEAU 20: Evolution de la concentration superficielle Γ d'huile de safia en fonction de la température et de la concentration.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	$\Gamma \cdot 10^{11}$ (mole/cm ²)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.086	8.144	8.036	7.823	7.293	7.103	6.579	6.264	6.564	5.770
0.157	8.231	8.113	7.932	7.557	7.343	6.915	6.626	6.752	6.150
0.212	8.261	8.138	7.967	7.649	7.426	7.038	6.761	6.816	6.296
0.300	8.285	8.158	7.997	7.729	7.498	7.149	6.884	6.872	6.431
0.450	8.202	8.175	8.022	7.796	7.558	7.243	6.990	6.917	6.549
0.728	8.258	8.189	8.041	7.850	7.606	7.318	7.076	6.953	6.646
1.275	8.298	8.198	8.054	7.888	7.640	7.372	7.138	6.979	6.716
2.186	8.321	8.203	8.062	7.909	7.658	7.403	7.173	6.993	6.756
5.102	8.339	8.207	8.068	7.926	7.674	7.428	7.202	7.004	6.789
7.654	8.343	8.208	8.069	7.930	7.678	7.435	7.209	7.007	6.798
15.308	8.348	8.209	8.071	7.935	7.681	7.441	7.216	7.010	6.806

TABLEAU 21: Evolution de la concentration superficielle Γ d'huile d'olive en fonction de la température et de la concentration.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	$\Gamma \cdot 10^{11}$ (mole/cm ²)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.086	5.602	5.507	5.160	5.036	4.913	4.412	4.352	3.934	3.710
0.157	6.207	6.101	5.705	5.568	5.431	4.814	4.767	4.216	3.922
0.212	6.520	6.408	6.005	5.861	5.717	5.059	5.015	4.401	4.068
0.300	6.886	6.749	6.353	6.200	6.048	5.368	5.322	4.652	4.273
0.450	7.228	7.105	6.736	6.574	6.413	5.744	5.686	4.983	4.559
0.728	7.578	7.448	7.127	7.108	6.785	6.172	6.088	5.402	4.949
1.275	7.872	7.737	7.472	7.418	7.114	6.594	6.474	5.867	5.422
2.186	8.058	7.920	7.699	7.617	7.330	6.897	6.745	6.240	5.836
5.102	8.221	8.081	7.903	7.794	7.525	7.190	7.000	6.634	6.313
7.654	8.264	8.123	7.958	7.841	7.577	7.272	7.073	6.751	6.463
15.308	8.308	8.166	8.014	7.890	7.630	7.357	7.147	6.877	6.629

TABLEAU 22: Evolution de la concentration superficielle Γ d'huile de soja en fonction de la température et de la concentration d'huile dans l'eau .

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	$\Gamma \cdot 10^{11}$ (mole/cm ²)								
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.086	6.316	6.208	6.103	5.862	5.622	4.761	4.532	4.303	3.975
0.157	6.921	6.803	6.689	6.440	6.192	5.263	4.996	4.730	4.319
0.212	7.189	7.066	6.947	6.701	6.456	5.540	5.259	4.979	4.533
0.300	7.457	7.330	7.207	6.966	6.726	5.861	5.571	5.281	4.808
0.450	7.709	7.578	7.451	7.433	6.988	6.214	5.922	5.631	5.150
0.728	7.930	7.795	7.664	7.610	7.222	6.575	6.554	6.007	5.550
1.275	8.100	7.962	7.829	7.744	7.406	6.894	6.808	6.358	5.955
2.186	8.202	8.062	7.926	7.823	7.518	7.103	6.969	6.599	6.255
5.102	8.286	8.145	8.008	7.888	7.612	7.292	7.110	6.823	6.550
7.654	8.308	8.166	8.029	7.905	7.636	7.342	7.147	6.884	6.633
15.308	8.330	8.188	8.051	7.922	7.660	7.394	7.185	6.947	6.721

TABLEAU 23: Evolution de la concentration superficielle Γ d'huile de colza en fonction de la température et de la concentration d'huile dans l'eau .

III.2 Calcul de Γ_{max} :

En appliquant l'équation 12 nous pouvons déterminer Γ_{max} .

A concentration infini nous trouvons que Γ_{max} est identique pour toutes les huiles végétales considérées:

$$\Gamma_{max} = 2 / R T \tag{15}$$

Le tableau 24 résume les résultats trouvés.

Il faut signaler cependant que JALAI ET COLL. [80] en 1980 ont trouvé des aires de 25 à 28 (Å^2) à 25°C pour les acides gras industriels composant ces huiles; on pourrait penser que les acides gras libres, ont plus d'espace, que s'ils étaient en mélange comme dans le cas des huiles (empêchement mutuel).

IV Détermination du travail d'adhésion " W_{adh} ", du travail de cohésion " W_{coh} ", du coefficient d'étalement "E" en fonction de la température pour différentes concentrations des huiles végétales dans l'eau:

L'étude de la tension superficielle en fonction de la température, ainsi que l'étude de la tension interfaciale, permet de déterminer le travail de cohésion, le travail d'adhésion et le coefficient d'étalement à chaque température en tenant compte des équations 1, 3 et 5 données dans le chapitre 1 de la partie théorique.

A titre d'exemple nous déterminons le W_{adh} et le W_{coh} de l'huile d'olive à 15°C et pour une concentration de 0.086g/l.

$$W_{adh} = 73.6 + 45.5 - 30.21 = 88.89(\text{dynes/cm}).$$

$$W_{coh} = 2 \times 45.5 = 91.00(\text{dynes/cm}).$$

Les résultats sont résumés dans les tableaux 26 à 35.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wadh(dynes/cm)								
0.086	88.89	88.88	86.90	86.28	85.29	83.20	82.75	81.04	79.63
0.157	87.79	87.68	85.70	85.18	84.09	82.10	81.65	79.94	78.53
0.212	87.29	87.18	85.10	84.58	83.59	81.50	81.15	79.34	78.03
0.300	86.59	86.48	84.40	83.88	82.89	80.90	80.45	78.64	77.33
0.450	85.79	85.68	83.60	83.08	82.09	80.10	79.75	77.84	76.53
0.728	84.89	84.68	82.70	82.08	81.09	79.10	78.75	76.84	75.63
1.275	83.79	83.58	81.50	80.98	79.88	78.00	77.65	75.74	74.53
2.186	82.79	82.58	80.50	79.98	78.99	77.00	76.55	74.74	73.43
5.102	81.09	80.88	78.80	78.28	77.29	75.30	74.95	73.04	71.83
7.654	80.29	80.08	78.00	77.48	76.49	74.50	74.15	72.24	71.03
15.308	78.89	78.68	76.60	76.08	75.09	73.10	72.75	70.84	69.63

Tableau 26: Evolution du travail d'adhésion W_{adh} en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile d'olive dans l'eau.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wcoh(dynes/cm)								
0.086	91.00	89.00	85.00	83.20	81.80	77.40	74.20	71.60	68.00
0.157	88.60	86.80	82.60	81.00	79.40	75.20	72.00	69.40	65.80
0.212	87.60	85.80	81.40	79.80	78.40	74.00	71.00	68.20	64.80
0.300	86.20	84.40	80.00	78.40	77.00	72.80	69.60	66.80	63.40
0.450	84.60	82.80	78.40	76.80	75.40	71.20	68.20	65.20	61.80
0.728	82.60	81.00	76.60	74.80	73.40	69.20	66.20	63.20	60.00
1.275	80.40	78.80	74.20	72.60	71.20	67.00	64.00	61.00	57.80
2.186	78.40	76.80	72.20	70.60	69.20	65.00	61.80	59.00	55.60
5.102	75.00	73.40	68.80	67.20	65.80	61.60	58.60	55.60	52.40
7.654	73.40	71.80	67.20	65.60	64.20	60.00	57.00	54.00	50.80
15.308	70.60	69.00	64.40	62.80	61.40	57.20	54.20	51.20	48.00

Tableau 27: Evolution du travail de cohésion Wcoh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile d'olive dans l'eau

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wadh(dynes/cm)								
0.086	88.7	88.71	87.45	87.29	85.72	83.67	84.10	81.75	79.74
0.157	87.80	87.71	86.55	86.39	84.92	82.87	83.30	81.05	79.04
0.212	87.40	87.31	86.15	85.99	84.42	82.47	82.90	80.65	78.64
0.300	86.80	86.71	85.55	85.39	83.92	81.97	82.40	80.15	78.14
0.450	86.10	85.91	84.85	84.69	83.22	81.37	81.70	79.55	77.54
0.728	85.30	85.01	84.05	83.89	82.42	80.57	80.90	78.85	76.84
1.275	84.20	84.01	82.95	82.79	81.42	79.57	80.00	77.95	75.94
2.186	83.20	82.91	81.95	81.79	80.42	78.57	79.00	76.95	75.04
5.102	81.50	81.31	80.25	80.09	78.72	76.97	77.30	75.35	73.44
7.654	80.70	80.51	79.45	79.29	77.92	76.17	76.50	74.55	72.64
15.308	79.40	79.11	78.15	77.99	76.62	74.87	75.20	73.25	71.34

Tableau 28: Evolution du travail d'adhésion Wadh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile safia dans l'eau

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wcoh(dynes/cm)								
0.086	93.60	92.40	90.60	89.80	87.80	84.60	83.60	80.80	76.80
0.157	91.60	90.60	88.80	88.00	86.20	83.00	82.00	79.40	75.40
0.212	90.80	89.80	88.00	87.20	85.20	82.20	81.20	78.60	74.60
0.300	89.60	88.60	86.80	86.00	84.20	81.28	80.20	77.60	73.60
0.450	88.00	87.20	85.40	84.60	82.80	80.00	78.80	76.40	72.60
0.728	86.20	85.60	83.80	83.00	81.20	78.40	77.20	75.00	71.00
1.275	84.20	83.40	81.60	80.80	79.20	76.40	75.40	73.20	69.20
2.186	82.00	81.40	79.60	78.80	79.20	74.40	73.40	71.20	67.40
5.102	78.80	78.00	76.2	75.40	73.80	71.20	70.00	68.00	64.20
7.654	77.20	76.40	74.60	73.80	72.20	69.60	68.40	66.40	62.60
15.308	74.40	73.80	72.00	71.20	69.60	67.00	65.80	63.80	60.00

Tableau 29: Evolution du travail de cohésion Wcoh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile safia dans l'eau

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wadh(dynes/cm)								
0.086	89.40	89.30	87.99	87.20	85.46	83.50	83.20	81.00	79.20
0.157	88.40	88.40	87.09	86.20	84.56	82.70	82.30	80.20	78.50
0.212	88.00	87.90	86.59	85.80	84.06	82.30	81.90	79.80	78.10
0.300	87.40	87.40	86.09	85.20	83.56	81.70	81.40	79.30	77.60
0.450	86.70	86.60	85.39	84.40	82.86	81.10	80.70	78.70	77.10
0.728	85.80	85.70	84.49	83.50	81.96	80.30	79.80	77.90	76.30
1.275	84.70	84.70	83.39	82.50	80.86	79.30	78.80	76.90	75.40
2.186	83.70	83.60	82.39	81.40	79.86	78.30	77.80	75.90	74.50
5.102	82.10	82.00	80.79	79.80	78.26	76.60	76.10	74.30	72.90
7.654	81.20	81.20	79.89	79.00	77.36	75.80	75.30	73.50	72.10
15.308	79.90	79.80	78.59	77.60	76.06	74.50	74.00	72.20	70.80

Tableau 30: Evolution du travail d'adhésion Wadh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de tournesol dans l'eau .

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wcoh(dynes/cm)								
0.086	93.20	92.00	89.60	88.40	86.20	83.80	82.00	79.60	76.40
0.157	91.20	90.20	87.80	86.40	84.40	82.20	80.20	78.00	75.00
0.212	90.40	89.20	86.80	85.60	83.40	81.40	79.40	77.20	74.20
0.300	89.20	88.20	85.80	84.40	82.40	80.20	78.40	76.20	73.20
0.450	87.60	86.80	84.40	82.80	81.00	79.00	77.00	75.00	72.20
0.728	85.80	85.00	82.60	81.00	79.20	77.40	75.20	73.40	70.60
1.275	83.80	82.40	80.40	79.00	77.00	75.40	73.20	71.40	68.80
2.186	81.60	80.80	78.40	76.80	75.00	73.40	71.20	69.40	67.00
5.102	78.40	77.60	75.20	73.60	71.80	70.00	67.80	66.20	63.80
7.654	76.80	75.80	73.40	72.00	70.00	68.40	66.20	64.60	62.20
15.308	74.00	73.20	70.80	69.20	67.40	65.80	63.60	62.00	59.60

Tableau 31: Evolution du travail de cohésion Wcoh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de tournesol dans l'eau .

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wadh(dynes/cm)								
0.086	89.05	89.10	87.70	87.10	85.65	84.30	83.80	81.80	80.40
0.157	88.05	88.10	86.70	86.10	84.65	83.50	82.90	81.00	79.60
0.212	87.55	87.60	86.20	85.60	84.25	83.00	82.50	80.60	79.20
0.300	86.95	87.00	85.60	84.90	83.65	82.50	81.90	80.10	78.80
0.450	86.25	86.30	84.90	84.20	82.85	81.80	81.20	79.40	78.20
0.728	85.35	85.40	84.00	83.30	81.95	81.00	80.40	78.60	77.40
1.275	84.25	84.30	82.90	82.20	80.95	80.00	79.30	77.70	76.50
2.186	83.15	83.20	81.80	81.10	79.85	79.00	78.30	76.70	75.50
5.102	81.55	81.60	80.20	79.50	78.25	77.30	76.60	75.00	73.90
7.654	80.75	80.80	79.40	78.70	77.45	76.50	75.80	74.20	73.10
15.308	79.35	79.40	78.00	77.30	76.05	75.20	74.50	72.90	71.80

Tableau 32: Evolution du travail d'adhésion Wadh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de colza dans l'eau .

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wcoh(dynes/cm)								
0.086	92.40	90.80	88.40	87.00	85.20	83.40	81.40	78.40	75.60
0.157	90.40	88.80	86.40	85.00	83.20	81.80	79.60	76.80	74.00
0.212	89.40	87.80	85.40	84.00	82.40	80.80	78.80	76.00	73.20
0.300	88.20	86.60	84.20	82.60	81.20	79.80	77.60	75.00	72.40
0.450	86.80	85.20	82.80	81.20	79.60	78.40	76.20	73.60	71.20
0.728	85.00	83.40	81.00	79.40	77.80	76.80	74.60	72.00	69.60
1.275	82.80	81.20	78.80	77.20	75.80	74.80	72.40	70.20	67.80
2.186	80.60	79.00	76.60	75.00	73.60	72.80	70.40	68.20	65.80
5.102	77.40	75.80	73.40	71.80	70.40	69.40	67.00	64.80	62.60
7.654	75.80	74.20	71.80	70.20	68.80	67.80	65.40	63.20	61.00
15.308	73.00	71.40	69.00	67.40	66.00	65.20	62.80	60.60	58.40

Tableau 33: Evolution du travail de cohésion Wcoh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de colza dans l'eau.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wadh(dynes/cm)								
0.086	88.89	89.32	87.25	86.49	84.65	82.55	82.56	80.67	79.04
0.157	87.79	88.42	86.45	85.59	83.85	81.75	81.76	79.97	78.34
0.212	87.29	88.02	85.95	85.19	83.35	81.35	81.36	79.57	77.94
0.300	86.59	87.42	85.45	84.69	82.85	80.85	80.86	79.17	77.54
0.450	85.79	86.72	84.75	83.99	82.15	80.25	80.26	78.57	77.04
0.728	84.89	85.92	83.95	83.09	81.35	79.55	79.46	77.87	76.34
1.275	83.79	84.82	82.95	82.09	80.35	78.55	78.46	76.97	75.54
2.186	82.79	83.82	81.95	81.09	79.35	77.55	77.46	75.77	74.64
5.102	81.09	82.12	80.25	79.39	77.65	75.95	75.86	74.47	73.14
7.654	80.29	81.32	79.45	78.59	76.85	75.15	75.06	73.67	72.34
15.308	78.89	80.02	78.15	77.29	75.55	73.85	73.76	72.37	71.04

Tableau 34: Evolution du travail d'adhésion Wadh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de soja dans l'eau.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	Wcoh(dynes/cm)								
0.086	94.60	92.60	92.00	90.00	88.00	85.40	84.60	82.40	79.00
0.157	92.80	90.80	90.40	88.20	86.40	83.80	83.00	81.00	77.60
0.212	92.00	90.00	89.40	87.40	85.40	83.00	82.20	80.20	76.80
0.300	90.80	88.80	88.40	86.40	84.40	82.00	81.20	79.40	76.00
0.450	89.40	87.40	87.00	85.00	83.00	80.80	80.00	78.20	75.00
0.728	87.80	85.80	85.40	83.20	81.40	79.40	78.40	76.80	73.60
1.275	85.60	83.60	83.40	81.20	79.40	77.40	76.40	75.00	72.00
2.186	83.60	81.60	81.40	79.20	77.40	75.40	74.40	72.60	70.20
5.102	80.20	78.20	78.00	75.80	74.00	72.20	71.20	70.00	67.20
7.654	78.60	76.60	76.40	74.20	72.40	70.60	69.60	68.40	65.60
15.308	76.00	74.00	73.80	71.60	69.80	68.00	67.00	65.80	63.00

Tableau 35: Evolution du travail de cohésion Wcoh en fonction de la température pour différentes concentrations d'huile de soja dans l'eau.

Nous reportons sur les figures 29 à 38 la variation du W_{adh} et du W_{coh} en fonction de la température T, ainsi que la variation du W_{adh} et du W_{coh} en fonction de la concentration, figures 39 à 48 pour les cinq huiles végétales.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les isothermes, et l'équation permettant de les représenter est:

$$W_{adh} = B * \ln ([C]) + D \tag{16}$$

$$W_{adh} = B * T + D \tag{17}$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 16 pour les différentes huiles végétales (tableaux 36 à 40).

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 17 pour les différentes huiles végétales (tableaux 41 à 45).

$$W_{coh} = B * \ln ([C]) + D \tag{18}$$

$$W_{coh} = B * T + D \tag{19}$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 18 pour les différentes huiles végétales (tableaux 46 à 50).

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 19 pour les différentes huiles végétales (tableaux 51 à 55).

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-1.968	-1.934	-1.983	-1.974	-1.969	-1.954	-1.939	-1.974	-1.93
D	84.080	84.238	82.027	81.489	80.480	78.483	78.098	76.249	74.96

Tableau 36: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail d'adhésion d'huile d'olive en fonction de concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-1.857	-1.824	-1.824	-1.824	-1.784	-1.723	-1.742	-1.662	-1.63
D	84.345	84.519	83.269	83.109	81.669	79.796	80.179	78.071	76.10

Tableau 37: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail d'adhésion d'huile safie en fonction de concentration à différentes températures.

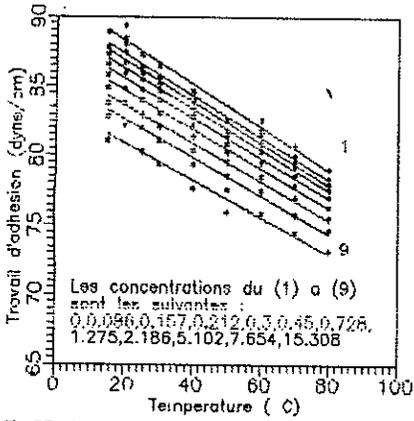


Fig.29: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Soja en fonction de la température et a différentes concentrations d'huile dans l'eau.

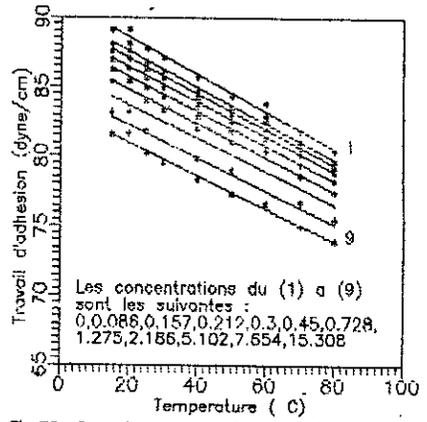


Fig.30: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Colza en fonction de la température et a différentes concentrations d'huile dans l'eau.

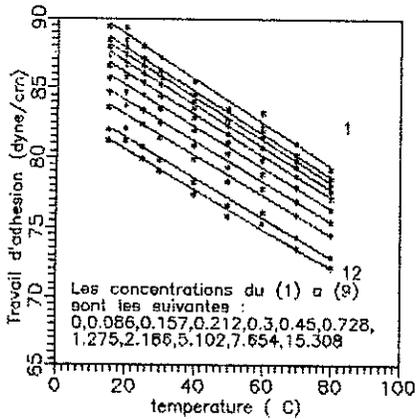


Fig.31: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Tournesol en fonction de la température et a différentes concentrations d'huile dans l'eau.

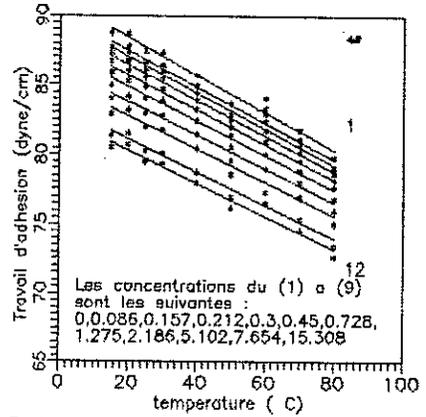


Fig.32: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Saflia en fonction de la température et a différentes concentrations.

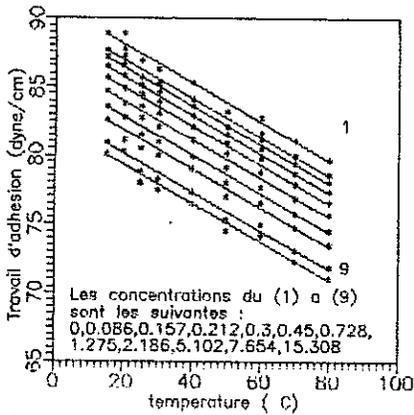


Fig.33: Evolution du travail d'adhésion d'huile d'olive en fonction de la température et a différentes concentrations d'huile dans l'eau.

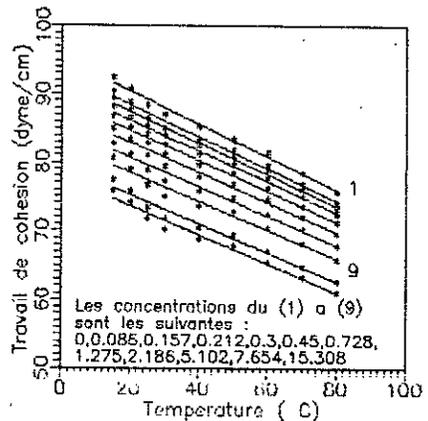


Fig. 34: Evolution du travail de cohésion d'huile Raffinée de colza en fonction de la température et a différentes concentrations.

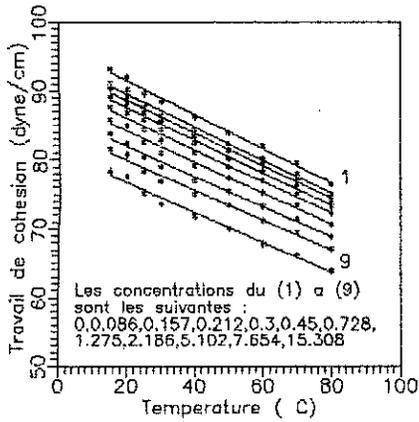


Fig. 35: Evolution du travail de cohesion d'huile raffinee de tournesol en fonction de la Temperature et a differentes concentrations.

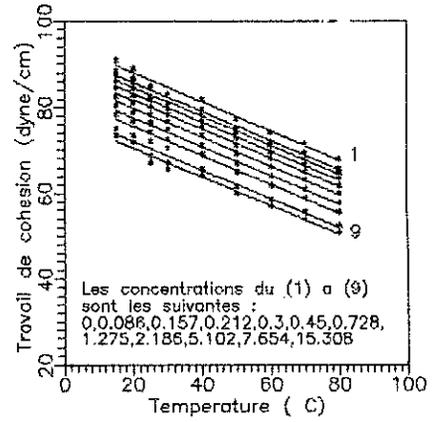


Fig. 36: Evolution du travail de cohesion d'huile d'olive en fonction de la Temperature et a differentes concentrations.

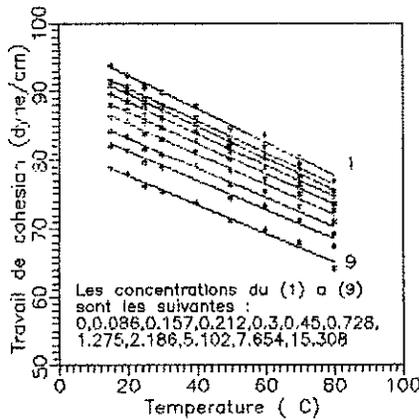


Fig. 37: Evolution du travail de cohesion d'huile saffia en fonction de la temperature et a differentes concentrations.

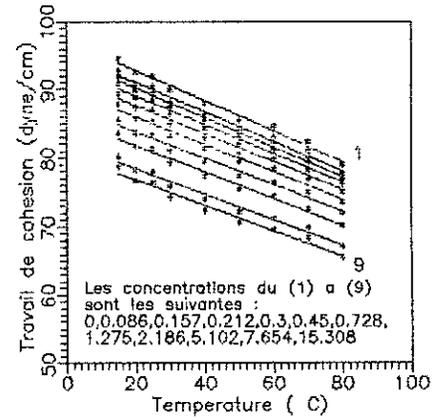


Fig. 38: Evolution du travail de cohesion d'huile raffinee de soja en fonction de la temperature et a differentes concentrations.

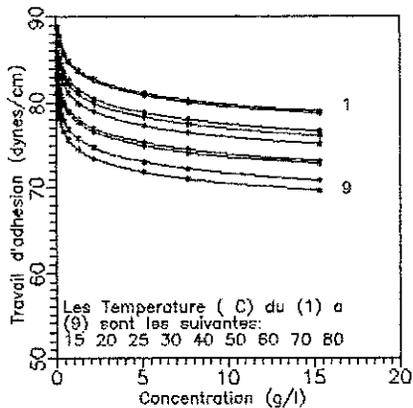


Fig.39: Evolution du travail d'adhesion d'huile d'Olive en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperature.

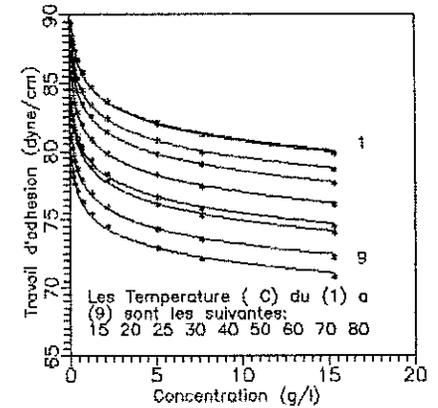


Fig. 40: Evolution du travail d'adhesion d'huile raffinee de Tournesol en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et a differentes temperatures.

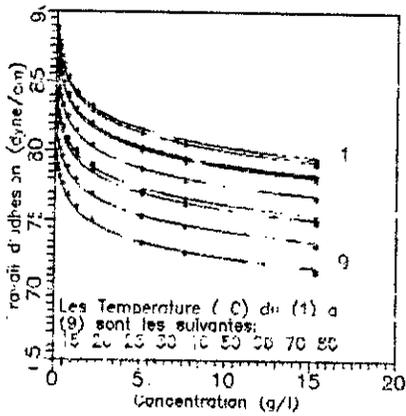


Fig. 41: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Colza en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et à différentes températures.

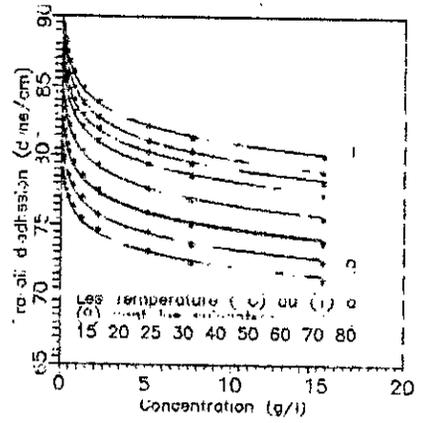


Fig. 42: Evolution du travail d'adhésion d'huile raffinée de Saffin en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et à différentes températures.

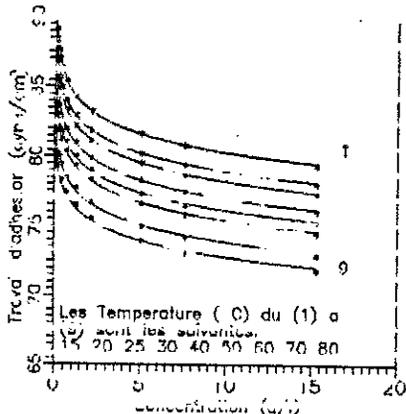


Fig. 43: Evolution du travail de cohésion d'huile raffinée de Colza en fonction de la concentration d'huile dans l'eau et à différentes températures.

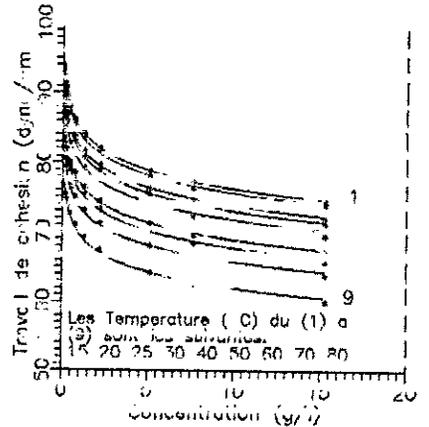


Fig. 44: Evolution du travail de cohésion d'huile Saffin en fonction de la concentration et à différentes températures.

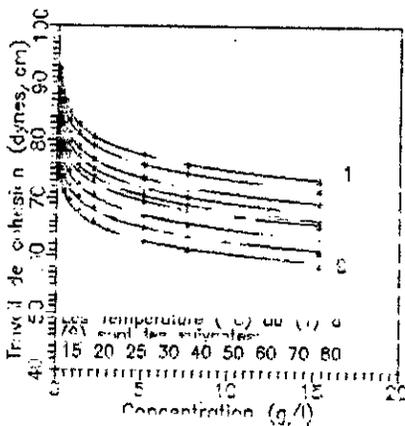


Fig. 45: Evolution du travail de cohésion d'huile raffinée de Colza en fonction de la concentration et à différentes températures.

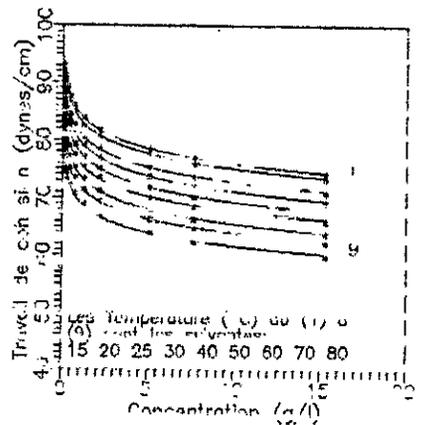


Fig. 46: Evolution du travail de cohésion d'huile raffinée de tournesol en fonction de la concentration et à différentes températures.

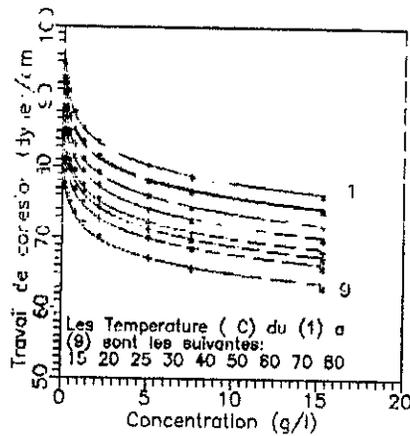


Fig. 47: Evolution du travail de cohésion d'huile raffinée de soja en fonction de la concentration et à différentes températures.

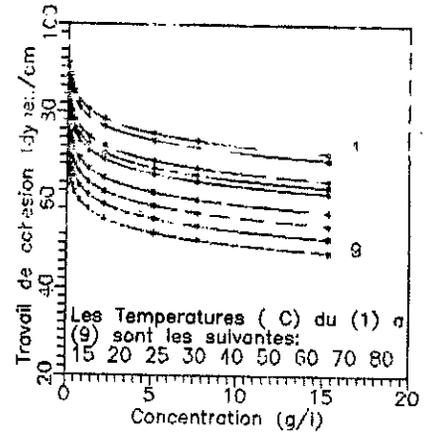


Fig. 48: Evolution du travail de cohésion d'huile d'olive en fonction de la concentration et à différentes températures.

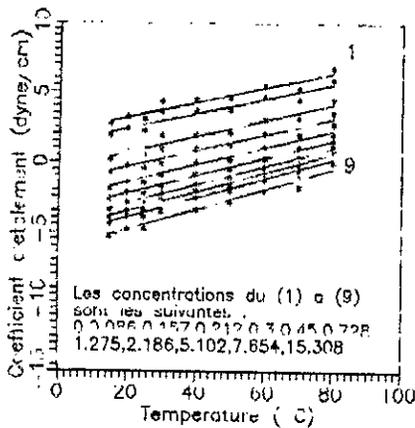


Fig. 49: Evolution du coefficient d'étalement d'huile raffinée de soja en fonction de la température et à différentes concentrations.

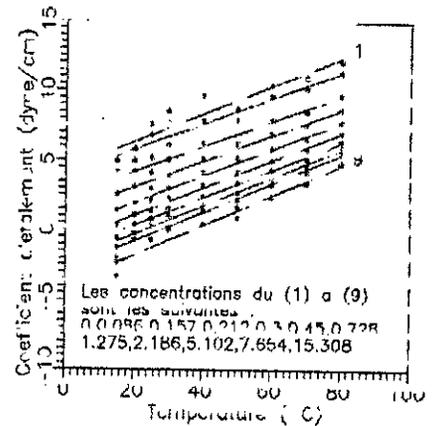


Fig. 50: Evolution du coefficient d'étalement de l'huile d'olive en fonction de la température et à différentes concentrations.

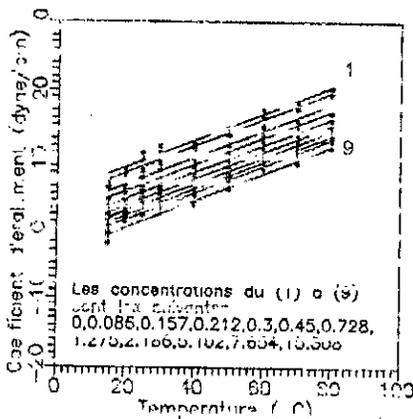


Fig. 51: Evolution du coefficient d'étalement d'huile de soja en fonction de la température et à différentes concentrations.

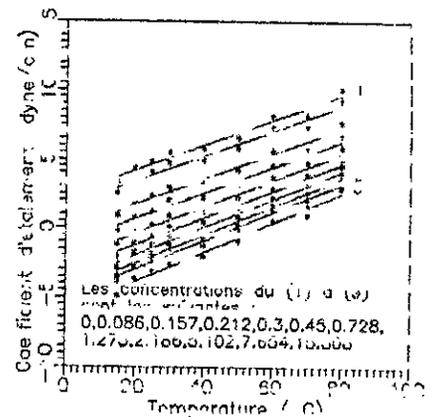


Fig. 52: Evolution du coefficient d'étalement d'huile de tournesol en fonction de la température et à différentes concentrations.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-1.934	-1.824	-1.784	-1.804	-1.784	-1.697	-1.723	-1.625	-1.543
D	84.238	85.139	83.199	82.374	80.599	78.733	78.686	77.076	75.615

Tableau 38: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de soja en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-1.885	-1.885	-1.885	-1.905	-1.867	-1.784	-1.824	-1.742	-1.677
D	84.620	84.670	83.270	82.596	81.285	80.249	79.619	77.879	76.648

Tableau 39: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de colza en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-1.867	-1.839	-1.839	-1.867	-1.839	-1.765	-1.804	-1.723	-1.639
D	85.035	85.064	83.754	82.835	81.224	79.523	79.084	77.126	75.568

Tableau 40: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de tournesol en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.15	-0.15	-0.15	-0.14	-0.14	-0.14	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.
D	91.35	90.32	89.84	89.18	88.37	87.47	86.33	85.33	83.51	82.71	81.

Tableau 41: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de soja en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.
D	91.23	90.15	89.61	88.92	88.18	87.24	86.07	84.63	83.35	82.55	81.

Tableau 42: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de colza en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.
D	90.93	89.75	89.20	88.51	87.70	86.76	85.60	84.64	82.91	82.11	80.

Tableau 43: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile d'olive en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.11	-0.11	-0.11	-0.
D	91.07	90.06	89.64	89.02	88.21	87.35	86.22	85.15	83.45	82.65	81.

Tableau 44: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile safia en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.14	-0.
D	91.97	90.94	90.45	89.89	89.06	88.12	87.02	85.92	83.33	83.45	82.

Tableau 45: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail d'adhésion d'huile de tournesol en fonction de la température à différentes concentrations.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-3.752	-3.648	-3.648	-3.648	-3.509	-3.450	-3.485	-3.324	-3.278
D	84.887	84.039	82.239	81.439	79.885	76.860	75.759	73.443	69.537

Tableau 46: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail de cohésion d'huile safia en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-3.735	-3.683	-3.709	-3.735	-3.678	-3.531	-3.608	-3.447	-3.278
D	84.469	83.491	81.580	79.669	77.728	75.847	73.769	71.853	69.137

Tableau 47: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail de cohésion d'huile de tournesol en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-3.771	-3.771	-3.771	-3.810	-3.735	-3.568	-3.648	-3.485	-3.354
D	83.540	81.940	79.540	77.992	76.469	75.299	73.039	70.559	68.096

Tableau 48: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail de cohésion d'huile de colza en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-3.648	-3.648	-3.568	-3.608	-3.568	-3.395	-3.447	-3.251	-3.087
D	86.239	84.239	83.899	81.769	79.899	77.766	76.853	75.212	72.150

Tableau 49: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail de cohésion d'huile de soja en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-3.936	-3.868	-3.967	-3.949	-3.936	-3.909	-3.879	-3.949	-3.874
D	81.401	79.697	75.254	73.618	72.291	67.967	64.896	62.018	58.678

Tableau 50: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du travail de cohésion d'huile d'olive en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.24	-0.23	-0.23	-0.23	-0.22	-0.22	-0.21	-0.21	-0.20	-0.20	-0.
D	97.25	95.15	94.32	93.07	91.45	89.74	87.47	85.62	81.94	80.34	77.

Tableau 51: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail de cohésion d'huile safia en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.24	-0.24	-0.23	-0.23	-0.22	-0.22	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.
D	96.36	94.85	93.34	92.20	90.54	88.67	86.32	84.27	81.08	79.32	76.

Tableau 52: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail de cohésion d'huile de tournesol en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.34	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.
D	94.81	92.44	91.36	89.97	88.35	86.43	84.17	82.24	78.77	77.17	74.

Tableau 53: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail de cohésion d'huile d'olive en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.22	-0.21	-0.21	-0.21	-0.20	-0.20	-0.19	-0.19	-0.19	-0.18	-0.
D	97.28	95.40	94.51	93.27	91.73	90.01	87.72	87.72	85.73	82.09	77.

Tableau 54: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation du travail de cohésion d'huile de soja en fonction de température à différentes concentrations.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	-0.24	-0.23	-0.23	-0.22	-0.22	-0.21	-0.21	-0.20	-0.21	-0.21	-0.
D	95.19	93.03	91.96	90.58	89.10	87.21	84.88	82.59	79.43	77.83	74.

Tableau 55: Constantes B et D caractérisant l'équation, représentant variation du travail de cohésion d'huile de colza en fonction de température à différentes concentrations.

Le travail d'adhésion et de cohésion décroissent quand la température augmente et quand la concentration augmente, leur décroissance est cependant différente c'est ce qui permet de mesurer le coefficient d'étalement.

Pour mettre en évidence l'efficacité des films d'huiles végétales nous avons mesuré le coefficient d'étalement des huiles végétales dans deux cas que nous présentons ici:

IV.1 Mesure du coefficient d'étalement des huiles végétales indépendamment de la concentration des huiles végétales dans l'eau:

Le coefficient d'étalement est défini comme suit:

$$E = \gamma_{\text{Eau}} - \gamma_{\text{Huile végétale}} - TI \quad (20)$$

TI étant la tension interfaciale

Les valeurs sont données dans le tableau 56.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
$E_{\text{H.O.L}}$	9.88	11.39	11.70	12.08	12.39	12.86	14.65	15.04	16.03
$E_{\text{H.R.CO}}$	9.15	10.20	10.40	10.60	10.35	10.80	11.80	12.10	12.30
$E_{\text{H.R.SO}}$	7.72	07.72	07.75	08.09	08.15	07.45	08.66	07.97	09.14
$E_{\text{H.R.TR}}$	8.70	09.50	10.00	10.10	09.76	09.40	10.80	10.35	11.04
$E_{\text{H.SA}}$	7.71	08.80	08.75	09.19	09.12	09.07	10.60	10.10	10.80

Tableau 56: Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température et indépendamment de la concentration des huiles végétales dans l'eau.

Nous remarquons que toutes les huiles végétales donnent un coefficient d'étalement positif mais l'huile d'olive est la meilleure. Elle présente une augmentation de plus de 57% (9.14/16.03) par rapport à l'huile de soja.

IV.2 Mesure du coefficient d'étalement des huiles végétales en faisant varier la concentration des huiles végétales dans l'eau:

Le coefficient d'étalement est défini comme suit:

$$E = \gamma_{\text{Eau}} - \gamma_{\text{Huile végétale}} - TI \quad (21)$$

mesurée dans le système

Cette approche nous permet de mieux discriminer entre les comportements des huiles végétales.

Les résultats sont résumés dans les tableaux 57 à 61.

a) L'huile d'olive :

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	E(dynes/cm)								
0.086	-2.110	-0.120	01.90	03.08	03.49	05.80	08.55	09.44	11.63
0.157	-0.810	0.880	03.10	04.18	04.69	06.90	09.65	10.54	12.73
0.212	-0.310	1.380	03.70	04.78	05.19	07.50	10.15	11.14	13.23
0.300	0.390	2.080	04.40	05.48	05.89	08.10	10.85	11.84	13.93
0.450	1.190	2.880	05.20	06.28	06.69	08.90	11.55	12.64	14.73
0.728	2.290	3.680	06.10	07.28	07.69	09.90	12.55	13.64	15.63
1.275	3.300	4.780	07.30	08.38	08.79	11.00	13.65	14.74	16.73
2.186	4.390	5.780	08.30	09.38	09.79	12.00	14.75	15.64	17.83
5.102	6.090	6.680	10.00	11.08	11.49	13.70	16.35	17.44	19.43
7.654	6.890	8.280	10.80	11.88	12.29	14.50	17.15	18.24	20.23
15.308	8.290	9.680	12.20	13.28	13.69	15.90	18.55	19.64	21.63

Tableau 57 : Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température pour différentes concentrations de l'huile d'olive dans l'eau .

b) L'huile de colza:

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	E(dynes/cm)								
0.086	-03.35	-01.70	-00.70	00.10	00.45	00.90	02.40	03.40	04.80
0.157	-02.35	-00.70	00.30	01.10	01.45	01.70	03.30	04.20	05.60
0.212	-01.85	-00.20	00.80	01.60	01.85	02.20	03.70	04.60	06.00
0.300	-01.25	00.40	01.40	02.30	02.45	02.70	04.30	05.10	06.40
0.450	-00.55	01.10	02.10	03.00	03.25	03.40	05.00	05.80	07.00
0.728	00.35	02.00	03.00	03.90	04.15	04.20	05.80	06.60	07.80
1.275	01.45	03.10	04.10	05.00	05.15	05.20	06.90	07.50	08.70
2.186	02.55	04.20	05.20	06.10	06.25	06.20	07.90	08.50	09.70
5.102	04.15	05.80	06.80	07.70	07.85	07.90	09.60	10.20	11.30
7.654	04.95	04.95	07.60	08.50	09.65	08.70	10.40	11.00	12.10
15.308	06.35	06.35	09.00	09.90	10.05	10.00	11.70	12.30	13.40

Tableau 58 : Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température pour différentes concentrations de l'huile de colza dans l'eau.

c) L'huile de soja:

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	E(dynes/cm)								
0.086	-05.28	-04.78	-04.75	-03.51	-3.35	-2.85	-2.04	-1.73	0.04
0.157	-04.38	-03.88	-03.95	-02.61	-2.55	-2.05	-1.24	-1.03	0.74
0.212	-03.98	-03.48	-03.45	-02.21	-2.05	-1.65	-0.84	-0.63	1.14
0.300	-03.38	-02.88	-02.95	-01.71	-1.55	-1.15	-0.34	-0.23	1.54
0.450	-02.68	-02.18	-02.25	-01.01	-0.85	-0.55	0.26	0.37	2.04
0.728	-01.88	-01.38	-01.45	-00.11	-0.05	0.15	1.06	1.07	2.74
1.275	-00.78	-00.28	-00.45	00.89	0.95	1.15	2.06	1.97	3.54
2.186	00.22	00.72	00.55	01.89	1.95	2.15	3.06	3.17	4.44
5.102	01.92	02.42	02.25	03.59	3.65	3.75	4.66	4.47	5.94
7.654	02.72	03.22	03.05	04.39	4.45	4.55	5.46	5.27	6.74
15.308	04.02	04.52	04.35	05.69	5.75	5.85	6.76	6.57	8.04

Tableau 59 : Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température pour différentes concentrations de l'huile de soja dans l'eau .

d) L'huile de tournesol :

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	E(dynes/cm)								
0.086	-3.800	-2.700	-01.61	-01.20	-0.74	-0.30	01.20	01.40	02.80
0.157	-2.800	-1.800	-00.71	-00.20	0.16	0.50	02.10	02.20	03.50
0.212	-2.400	-1.300	-00.21	00.20	0.66	0.90	02.50	02.60	03.90
0.300	-1.800	-0.800	00.29	00.80	1.16	1.50	03.00	03.10	04.40
0.450	-1.000	-0.100	00.99	01.60	1.86	2.10	03.70	03.70	04.90
0.728	-1.000	0.800	01.89	02.50	2.76	2.90	04.60	04.50	05.70
1.275	0.900	1.900	02.99	03.50	3.86	3.90	05.60	05.50	06.60
2.186	2.000	2.900	03.99	04.60	4.86	4.90	06.60	06.50	07.50
5.102	3.600	4.500	05.59	06.20	6.46	6.60	08.30	08.10	09.10
7.654	4.400	5.400	06.49	07.00	7.36	7.40	09.10	08.90	09.90
15.308	5.800	6.700	07.79	08.40	8.65	8.70	10.40	10.20	11.20

Tableau 60 : Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température pour différentes concentrations de l'huile de TOURNESOL dans l'eau .

e) L'huile de safia :

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
C(g/l)	E(dynes/cm)								
0.086	-4.890	-3.700	-3.150	-2.510	-02.08	-00.93	0.50	0.95	02.94
0.157	-3.890	-2.800	-2.250	-1.610	-01.28	-00.13	1.30	1.65	03.64
0.212	-3.490	-2.400	-1.850	-1.210	-00.78	00.27	1.70	2.05	04.04
0.300	-2.890	-1.800	-1.250	-0.610	-00.28	00.77	2.20	2.55	04.54
0.450	-2.090	-1.100	-0.550	0.090	00.42	01.37	2.90	3.15	05.04
0.728	-1.190	-0.300	0.250	0.890	01.22	02.17	3.70	3.85	05.84
1.275	-0.190	0.800	1.350	1.990	02.22	03.17	4.60	4.75	06.74
2.186	0.910	1.800	2.350	2.990	03.22	04.17	5.60	5.75	07.64
5.102	2.510	3.500	4.050	4.690	04.92	05.77	7.30	7.35	09.24
7.654	3.310	4.300	4.850	5.490	05.72	06.57	8.10	8.15	10.04
15.308	4.710	5.600	6.150	6.790	07.02	07.87	9.40	9.45	11.34

Tableau 61 : Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de la température pour différentes concentrations de l'huile safia dans l'eau .

Nous avons vu dans la partie théorique que quand le coefficient d'étalement est positif, le travail d'adhésion est supérieur au travail de cohésion, la substance aura une affinité plus grande pour le solvant que pour les autres molécules de même nature qu'elle. Les tableaux précédents montrent les différents domaines de l'impossibilité de l'existence de film superficiel. En définitive les calculs montrent que le domaine le plus petit concernera l'étalement le plus important. Les meilleurs résultats sont obtenus pour l'huile d'olive.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les isothermes, et l'équation permettant de les représenter est:

$$E = B \cdot \ln([C]) + D \quad (22)$$

$$E = B \cdot T + D \quad (23)$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 22 pour les différentes huiles végétales (tableaux 62 à 66).

B et D constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 23 pour les différentes huiles végétales (tableaux 67 à 71).

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	1.8244	1.8244	1.7842	1.8040	1.7842	1.6975	1.7235	1.6259	1.5439
D	-1.099	-0.599	-0.699	+0.605	+0.700	+0.966	+1.833	+1.863	+3.464

Tableau 62: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile de soja en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	1.968	1.934	1.983	1.974	1.968	1.954	1.939	1.971	1.937
D	2.679	4.541	6.773	7.870	8.289	10.516	13.201	14.221	16.290

Tableau 63: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile d'olive en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	1.8857	1.6059	1.8857	1.9053	1.9407	1.7842	1.8244	1.7429	1.6770
D	1.0799	2.4106	3.7299	4.6039	4.9109	4.9501	6.5802	7.3200	8.5518

Tableau 64: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile de colza en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	1.8757	1.8394	1.8394	1.8394	1.8394	2.3535	1.8040	1.7235	1.6391
D	0.4837	1.5358	2.6258	3.1650	3.4958	4.6257	5.3151	5.2732	6.4311

Tableau 65: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile de tournesol en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	1.9679	1.8244	1.8244	1.8244	1.7842	1.7235	1.7429	1.6623	1.6391
D	-0.524	0.480	1.030	1.670	1.970	2.943	4.420	4.628	6.571

Tableau 66: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile safia en fonction de la concentration à différentes températures.

T(°C)	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
B	0.107	0.103	0.103	0.101	0.098	0.097	0.094	0.092	0.091	0.091	0.0
D	-6.10	-5.09	-4.67	-4.04	-3.24	-2.38	-1.24	-0.18	+1.51	+2.31	+3.

Tableau 67: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'étalement d'huile safia en fonction de température à différentes concentrations.

C g/l	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
F	0.088	0.085	0.084	0.083	0.079	0.084	0.076	0.074	0.074	0.073	0.073
G	-4.39	-3.36	-2.88	-2.31	-1.48	-0.90	+0.55	+1.65	+3.24	+4.12	+5.12

Tableau 68: Constantes F et G caractérisant l'équation approximant la variation du coefficient d'étalement d'huile de tournesol en fonction de la température à différentes concentrations.

C g/l	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
F	0.072	0.069	0.069	0.066	0.063	0.061	0.057	0.058	0.053	0.053	0.053
G	-6.28	-5.34	-4.89	-4.28	-3.51	-2.64	-1.50	-0.51	+1.30	+2.10	+3.10

Tableau 69: Constantes F et G caractérisant l'équation approximant la variation du coefficient d'étalement d'huile de soja en fonction de la température à différentes concentrations.

C g/l	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
F	0.107	0.103	0.102	0.099	0.098	0.096	0.093	0.091	0.092	0.100	0.100
G	-3.96	-2.88	-2.34	-1.65	-0.91	+0.02	+1.19	+2.33	+3.91	+4.28	+5.12

Tableau 70: Constantes F et G caractérisant l'équation approximant la variation du coefficient d'étalement d'huile de colza en fonction de la température à différentes concentrations.

C g/l	0.086	0.157	0.212	0.300	0.450	0.728	1.275	2.186	5.102	7.654	15.
F	0.196	0.195	0.195	0.195	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194
G	-3.87	-2.69	-2.15	-1.45	-0.65	+0.31	+1.44	+2.42	+4.14	+4.94	+6.12

Tableau 71: Constantes F et G caractérisant l'équation approximant la variation du coefficient d'étalement d'huile d'olive en fonction de la température à différentes concentrations.

L'avantage des équations précédentes nous permet de prévoir à une température donnée et à une concentration donnée si une substance s'étalera ou non à la surface de l'eau; les deux équations sus-citées 22 et 23 devront être utilisées concomitamment.

Nous reportons sur les figures 49 à 53 (résultats de l'équation 21 et tableaux 57 à 61) la variation du coefficient d'étalement en fonction de la température T, ainsi que la variation en fonction de la concentration, figures 54 à 58 (résultats de l'équation 21 et tableaux 57 à 61) pour les cinq huiles végétales.

Nous avons réalisé ces expériences pour les cinq huiles végétales et avons porté sur les tableaux 57 à 61 les valeurs du coefficient d'étalement pour les différentes huiles végétales. Nous remarquons que l'huile d'olive donne les meilleurs résultats

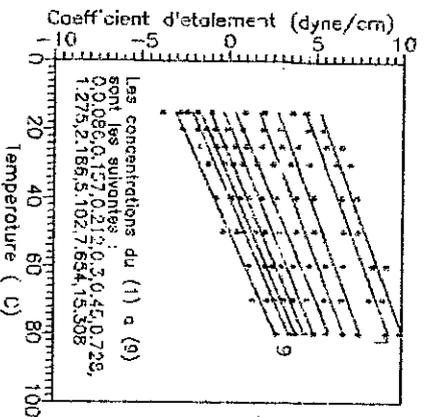


Fig. 53: Evolution du coefficient d'etatement d'huile raffinée de tournesol en fonction de la température et d'alternatives concentrations.

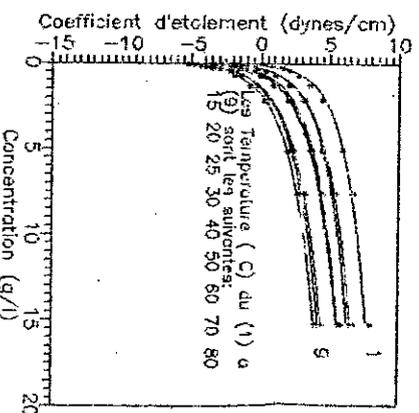


Fig. 54: Evolution du coefficient d'etatement d'huile raffinée de soja en fonction de la concentration et a différentes températures.

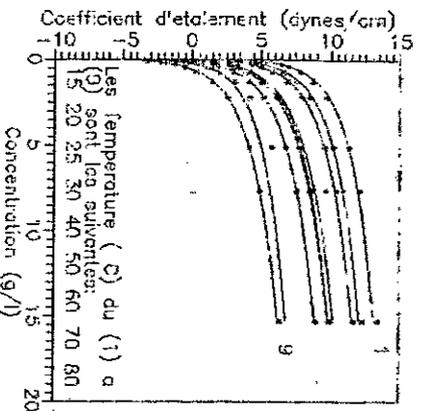


Fig. 55: Evolution du coefficient d'etatement d'huile raffinée de coiza en fonction de concentration et a différentes températures.

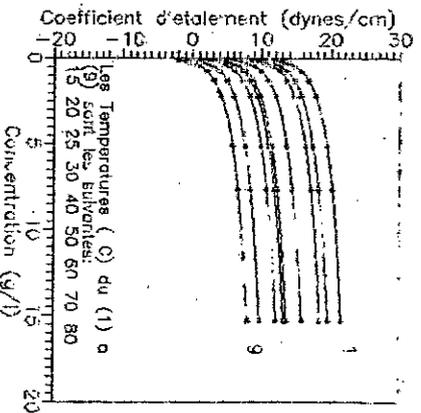


Fig. 56: Evolution du coefficient d'etatement d'huile d'olive en fonction de la concentration et a différentes températures.

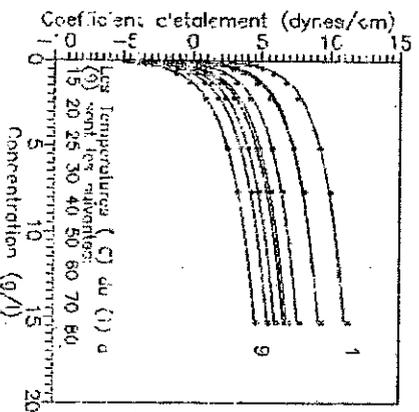


Fig. 57: Evolution du coefficient d'etatement d'huile raffinée de tournesol en fonction de la concentration et a différentes températures.

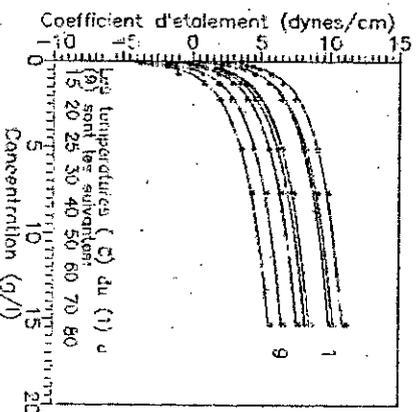


Fig. 58: Evolution du coefficient d'etatement d'huile raffinée de tournesol en fonction de la concentration et a différentes températures.

Chapitre 6

COMPRESSIBILITE DES FILMS D'HUILES VEGETALES

I. INTRODUCTION:

Dans le but de mesurer le comportement des films des surfaces, il nous a paru indiqué de concevoir un appareillage permettant de mesurer la compression de la substance filmogénique. Ceci permettra d'évaluer qualitativement l'existence du film superficiel et qualitativement la diminution relative de γ quand l'aire offerte diminue.

Dans un réservoir de dimension (1*10dm) plein d'eau bidistillée nous versons les solutions d'huiles végétales à étudier entre deux barrières flottantes A (fixe) et B (mobile) (figure 59). Dans le but de former une couche monomoléculaire, il faut déterminer la masse "m", à partir de la connaissance de la masse molaire "M" du corps à étudier et de la surface du réservoir sur laquelle nous allons étaler le film.

Nous supposons que la masse molaire est une loi additive, connaissant la composition des différents huiles en acides gras (p), la formule chimique de chaque acide gras (voir nomenclature) nous déterminons la masse molaire de chaque huile végétale à partir de l'équation 24:

$$M = \left(\sum_i (M_i * p_i) \right) / n_i \tag{24}$$

A partir des données de la littérature relatives à la composition qualitative (i) et quantitative (n), la détermination des masses moléculaires moyennes permettra de déterminer la quantité optimum à étaler pour avoir une monocouche.

Le tableau (72) donne la masse moléculaire moyenne des huiles végétales considérées:

Substances	H.O	H.R.SO	H.R.CO	H.R.TR	H.S
Masse moléculaire moyenne M(g)	277	277	278	277	278

Tableau 72: Masse moléculaire moyenne des huiles végétales considérées obtenues par l'équation 24.

pour l'isopropanol et le camphre nous pouvons calculer leurs masses moléculaires car leurs formules chimiques sont connues.

$$M_{\text{isopropanol}} = 50\text{g}$$

$$M_{\text{camphre}} = 152\text{g}$$

L'empilement que nous prendrons par hypothèse est un empilement cubique (figure 60), dans lequel pour une superficie de 100\AA^2 , il n'y a que 80\AA^2 qui est occupée par les molécules (puisque nous supposons que les molécules sont des sphères d'aire moyenne 20\AA^2 chacune).

Du fait de l'inclinaison, généralement constatée, des molécules en surface, l'aire occupée est supérieure à l'aire propre d'environ 25% soit: $20 \times 1.25 = 25\%$.

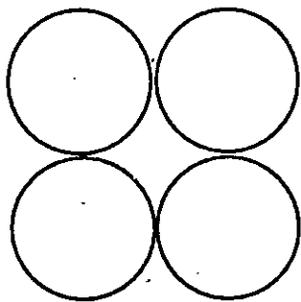


Figure 60: Disposition des molécules dans un empilement cubique.

Pour déterminer la masse "m" qu'il faut utiliser pour avoir un film monomoléculaire nous procédons comme suit:

-Calculons en premier lieu le nombre de molécules n contenu dans 1g de substance utilisée:

$$n = N / M \quad (25)$$

avec N nombre d'AVOGADRO

-Déterminons ensuite la surface occupée par les "n" molécules

(pour 1g de substance utilisée):

$$S = n * 25 \cdot 10^{-16} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (26)$$

-Et enfin la masse "m" qu'il faut utiliser pour une cuve de superficie 100 cm^2 (en utilisant la règle de trois):

$$m = (100 * M) / (N * 25 \cdot 10^{-16}) \quad (27)$$

Les masses d'huile requises pour former un film monomoléculaire et pour une superficie de 100 cm^2 sont résumées dans le tableau 73.

Substances	H.O	H.R.SO	H.R.CO	H.R.TR	H.SA	ISO-P	CA
Masse (g)	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$				

Tableau 73: Masse des substances nécessaires pour former des films monomoléculaires.

Nous avons utilisé la méthode de l'arrachement de l'anneau de du NOUY pour mesurer la tension superficielle du système huile-eau, en s'arrangeant à effectuer la mesure de la tension superficielle à la diagonale de la surface délimitée par les deux barrières A et B (on note x la distance séparant les deux barrières A et B) figure 59.

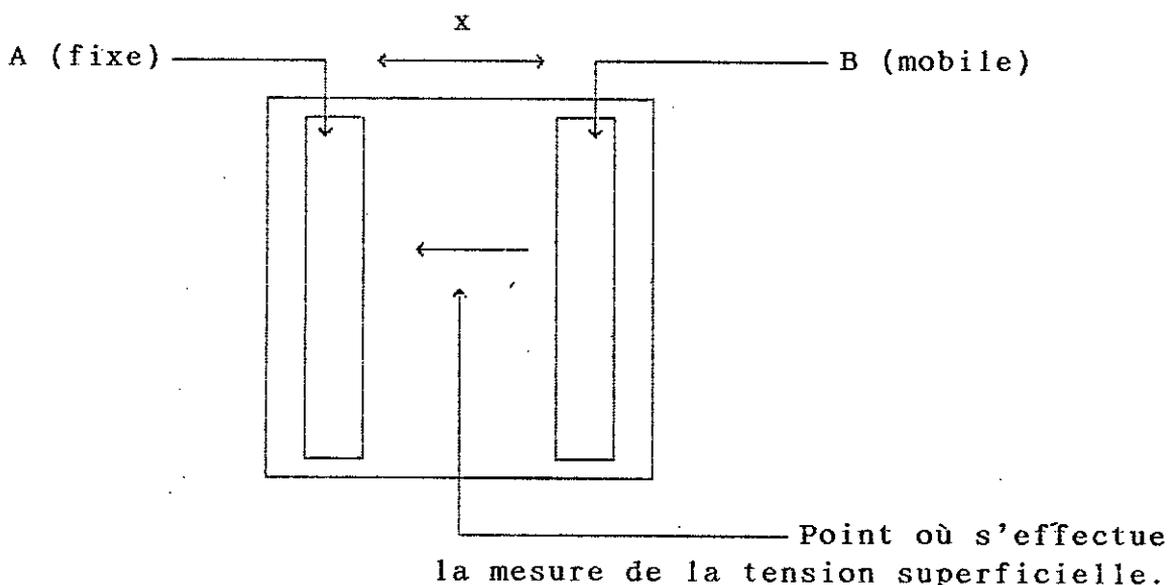


Figure 59: Représentation schématique de la cuve de POCKELS-LANGMUIR permettant l'étude de la compressibilité des films d'huiles végétales (vue de dessus).

II EVOLUTION DE LA TENSION SUPERFICIELLE EN FONCTION DE LA COMPRESSIBILITE DU FILM MONOMOLECULAIRE ET A DIFFERENTES TEMPERATURES:

Nous avons mesuré pour les températures considérées et pour une concentration donnée, en fonction de la compressibilité, les différentes valeurs de la tension superficielle, la tension superficielle initiale étant celle de l'eau $\gamma=72.5$ dynes/cm à 20°C.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
x(dm)	γ (dynes/cm)								
10	48.4	47.3	46.9	46.0	45.1	43.9	43.4	42.0	41.7
9	47.8	46.8	46.4	45.5	44.6	43.4	42.9	41.6	41.3
8	47.2	46.1	45.7	44.9	44.0	42.9	42.4	41.1	40.7
7	46.4	45.4	45.0	44.1	43.3	42.2	41.7	40.4	40.1
6	45.3	44.4	43.9	43.1	42.4	41.3	40.8	39.6	39.3
5	43.9	43.0	42.6	41.8	41.1	40.1	39.7	38.5	38.2
4	42.0	41.2	40.8	40.0	39.4	38.5	38.0	37.0	36.7
3	39.1	38.3	37.9	37.3	36.7	36.0	35.6	34.8	34.4
2	34.2	33.7	33.3	32.8	32.4	31.9	31.5	31.0	30.6
$\gamma_{\text{substance}}$	33.7	33.5	33.1	32.7	32.3	31.8	31.3	30.5	30.1

Tableau 74: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de colza à concentration donnant une monocouche.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
x(dm)	γ (dynes/cm)								
10	49.0	47.9	47.5	46.6	45.7	44.5	44.0	42.6	42.3
9	48.4	47.4	47.0	46.1	45.2	44.0	43.5	42.1	41.8
8	47.8	46.7	46.3	45.5	44.6	43.4	42.9	41.6	41.3
7	47.0	46.0	45.5	44.7	43.9	42.7	42.2	40.9	40.6
6	45.9	45.0	44.5	43.7	42.9	41.8	41.3	40.1	39.8
5	44.5	43.6	43.2	42.4	41.6	40.6	40.1	39.0	38.6
4	42.6	41.8	41.3	40.6	39.9	38.9	38.4	37.4	37.1
3	39.7	38.9	38.5	37.8	37.2	36.4	35.9	35.1	34.7
2	34.9	34.3	33.8	33.3	32.8	32.2	31.7	31.2	30.7
$\gamma_{\text{substance}}$	34.2	33.7	33.4	33.2	32.7	32.1	31.7	31.0	30.3

Tableau 75: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de safia à concentration donnant une monocouche.

x(dm)	T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)									
10		49.5	48.4	48.0	47.1	46.2	45.0	44.5	43.1	41.4
9		48.9	47.9	47.4	46.6	45.7	44.5	44.0	42.6	41.0
8		48.3	47.2	46.8	45.9	45.1	43.9	43.4	42.1	40.5
7		47.5	46.4	46.0	45.2	44.3	43.2	42.7	41.4	39.9
6		46.4	45.4	45.0	44.2	43.3	42.3	41.8	40.5	39.1
5		45.0	44.1	43.6	42.8	42.0	41.0	40.5	39.4	38.1
4		43.0	42.2	41.7	41.0	40.2	39.3	38.8	37.8	36.6
3		40.1	39.3	38.8	38.1	37.5	36.7	36.2	35.3	34.4
2		35.2	34.6	34.1	33.5	33.0	32.4	31.9	31.3	30.8
γ substance		34.3	33.8	33.5	33.4	32.5	32.4	31.6	31.2	30.4

Tableau 76: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de soja à concentration donnant la monocouche.

x(dm)	T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)									
10		48.8	47.7	47.2	46.4	45.5	44.2	42.8	41.4	40.8
9		48.3	47.2	46.7	45.9	45.0	43.7	42.4	41.0	40.3
8		47.6	46.5	46.1	45.3	44.4	43.2	41.8	40.5	39.8
7		46.8	45.8	45.3	44.5	43.6	42.5	41.2	39.9	39.2
6		45.8	44.8	44.3	43.5	42.7	41.6	40.4	39.2	38.3
5		44.4	43.4	43.0	42.2	41.4	40.4	39.3	38.2	37.2
4		42.4	41.6	41.1	40.4	39.7	38.7	37.7	36.7	35.7
3		39.5	38.7	38.3	37.7	37.0	36.2	35.4	34.6	33.3
2		34.7	34.1	33.6	33.1	32.6	32.0	31.6	31.1	30.6
γ substance		34.1	33.8	33.3	32.9	32.6	31.9	31.4	31.1	30.2

Tableau 77: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de tournesol à concentration donnant une monocouche.

x(dm)	T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)									
10		47.7	46.6	46.2	45.3	44.4	43.2	42.7	41.3	39.6
9		47.2	46.1	45.7	44.8	43.9	42.7	42.2	40.9	39.2
8		46.5	45.5	45.1	44.2	43.4	42.2	41.7	40.4	38.8
7		45.7	44.7	44.3	43.5	42.7	41.6	41.1	39.8	38.3
6		44.7	43.8	43.4	42.6	41.8	40.7	40.2	39.0	37.6
5		43.4	42.5	42.1	41.3	40.6	39.6	39.1	38.0	36.7
4		41.5	40.7	40.3	39.6	38.9	38.0	37.5	36.5	35.4
3		38.7	38.0	37.6	36.9	36.4	35.6	35.2	34.4	33.5
2		34.0	33.5	33.1	32.6	32.2	31.7	31.3	30.8	30.4
γ substance		33.5	33.0	32.7	32.6	32.0	31.6	31.0	30.2	29.6

Tableau 78: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile d'olive à concentration donnant une monocouche.

x(dm)	T(°C)								
	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)								
10	67.4	66.7	66.3	65.9	64.6	63.2	61.9	60.6	59.1
9	66.8	66.1	65.7	65.3	64.1	62.7	61.4	60.1	58.6
8	66.2	65.5	65.1	64.7	63.5	62.0	60.8	59.5	58.0
7	65.4	64.7	64.3	64.0	62.7	61.3	60.0	58.7	57.2
6	64.4	63.7	63.3	63.0	61.7	60.3	59.0	57.7	56.3
5	63.1	62.4	62.0	61.6	60.4	59.0	57.7	56.5	55.0
4	61.2	60.5	60.1	59.8	58.6	57.2	55.9	54.7	53.2
3	58.4	57.7	57.3	57.0	55.9	54.4	53.2	52.0	50.6
2	53.7	53.0	52.6	52.4	51.4	49.9	48.7	47.5	46.2

Tableau 79: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film de camphre à concentration donnant un monocouche.

x(dm)	T(°C)								
	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	γ (dynes/cm)								
10	67.7	67.2	67.0	66.8	65.7	64.5	63.4	62.3	61.0
9	67.1	66.6	66.4	66.2	65.2	64.0	62.9	61.8	60.5
8	66.5	66.0	65.8	65.6	64.6	63.3	62.3	61.2	59.9
7	65.7	65.2	65.0	64.9	63.8	62.6	61.5	60.4	59.1
6	64.7	64.2	64.0	63.9	62.8	61.6	60.5	59.4	58.2
5	63.4	62.9	62.7	62.5	61.5	60.3	59.2	58.2	56.9
4	61.5	61.0	60.8	60.7	59.7	58.5	57.4	56.4	55.1
3	58.7	58.2	58.0	57.9	57.0	55.7	54.7	53.7	52.5
2	54.0	53.5	53.3	53.3	52.5	51.2	50.2	49.2	48.1

Tableau 80: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'isopropanol à concentration donnant un monocouche

Il est intéressant de remarquer qu'à de très faibles surfaces offertes, nous retrouvons la tension superficielle des substances pures. Par ailleurs la tension superficielle décroît avec la diminution de la distance séparant les deux barrières. A titre d'exemple à 15°C pour le colza, $\gamma=48.4$ dynes/cm pour une surface de 10dm^2 et $\gamma=34.2$ dynes/cm pour une surface de 2dm^2 , soit une baisse de près de 30% $((48.4-34.2)/48.4)$, l'abaissement n'est que $(48.4-41.7)/48.4=14\%$ quand nous passons de 15 à 80°C toujours à une surface de 10dm^2 pour l'huile de colza (tableau 74).

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les isothermes, et l'équation représentative de ces courbes peut se mettre sous la forme:

$$\gamma = (B * x + D) / (x + 1) \quad (28)$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont

été calculées par l'équation 28 pour les différentes huiles végétales (tableaux 81 à 87).

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	52.837	51.512	51.112	50.062	48.975	47.512	46.975	45.237	43.050
D	-3.675	-2.525	-2.925	-2.325	-1.350	0.075	-0.050	1.925	5.100

Tableau 81: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'huile d'olive à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	54.100	52.800	52.400	51.400	50.337	48.800	47.000	45.262	45.037
D	-4.100	-3.300	-4.000	-3.400	-2.875	-1.450	+0.800	+2.775	-1.725

Tableau 82: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'huile de tournesol à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	53.725	52.400	52.000	50.950	49.862	48.400	47.862	46.125	45.862
D	-4.850	-3.700	-4.100	-3.500	-2.525	-1.100	-1.225	0.750	0.075

Tableau 83: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'huile de colza à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	52.837	53.000	52.637	51.587	50.537	49.112	48.612	46.875	46.650
D	-3.875	-3.100	-3.875	-3.275	-2.675	-1.625	-2.125	-0.150	-1.200

Tableau 84: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'huile safia à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	54.862	53.575	53.212	52.200	51.150	49.725	49.225	47.525	45.375
D	-4.125	-3.350	-4.125	-3.900	-3.300	-2.250	-2.750	-1.150	+1.650

Tableau 85: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'huile de soja à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	72.537	71.837	71.437	70.962	69.550	68.187	66.850	65.512	63.937
D	16.025	15.325	14.925	15.275	15.100	13.325	12.400	11.475	10.725

Tableau 86: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film de camphre à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	72.837	72.337	71.762	71.862	70.650	69.487	68.350	67.212	65.837
D	16.325	15.250	15.625	16.175	16.200	14.625	13.900	13.175	12.625

Tableau 87: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction de la compressibilité du film d'isopropanol à différentes températures.

Nous reportons sur les figures 61 à 67 l'évolution de la

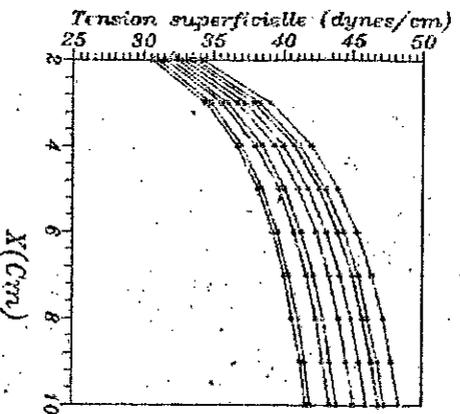


Fig. 61. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de Colza

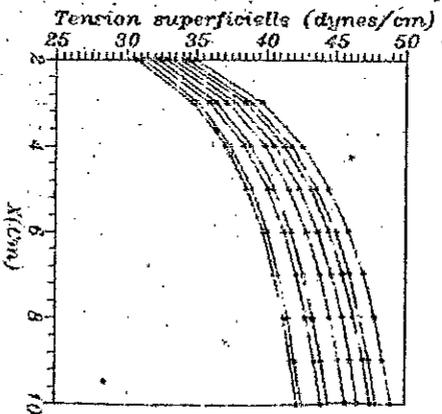


Fig. 62. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile Sofio

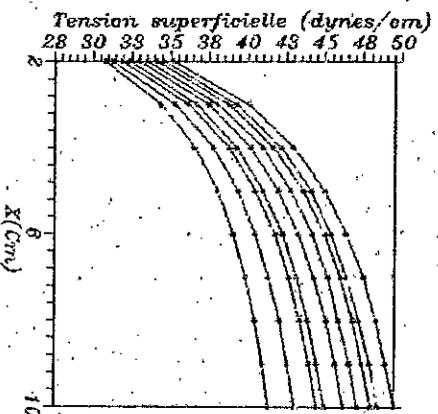


Fig. 63. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de Souja

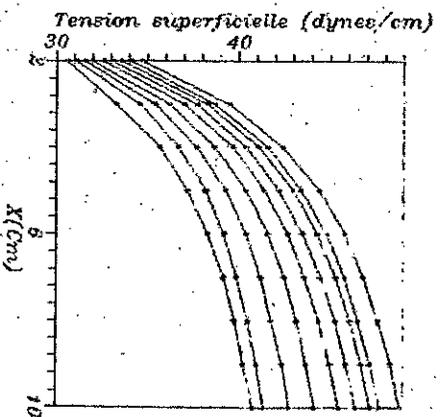


Fig. 64. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile de Tournesol

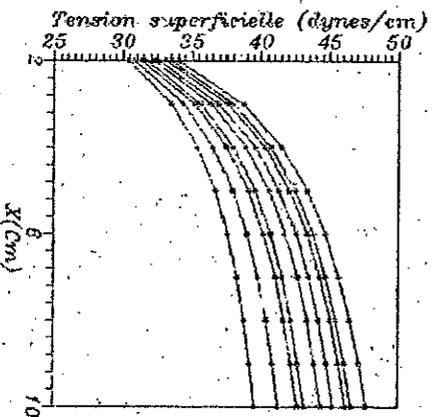


Fig. 65. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'huile d'olive

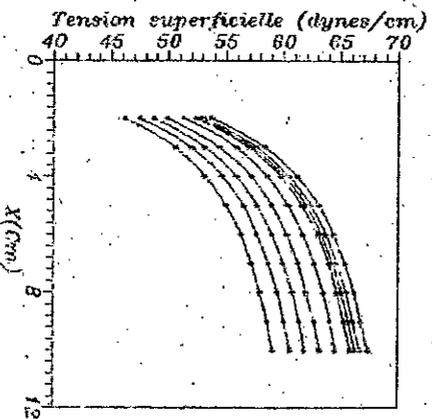


Fig. 66. Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film de C

Nous reportons sur les figures 61 à 67 l'évolution de la tension superficielle en fonction de la distance séparant les deux barrières (phase de compressibilité).

La tension superficielle décroît avec la diminution de la distance séparant les deux barrières et de ce fait, la pression superficielle augmente. Expérimentalement donc, quand la pression de surface augmente les molécules se "touchent" puis si la pression continue d'augmenter elles vont "monter" les unes sur les autres, au delà d'une certaine pression superficielle; le film est détruit. La majorité des molécules d'huiles n'est plus en contact avec l'eau.

III Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à l'interface substances considérées/eau à différentes températures:

III.1 L'aire moléculaires A:

Le paramètre le plus aisément accessible est celui de l'aire occupée par les substances étudiées sur l'eau et ceci pour chaque molécule. Elle est obtenue en divisant la surface offerte au film monomoléculaire par le nombre "n" de molécules qui le composent:

$$A = S / n \quad (29)$$

III.2 La pression superficielle Π :

les liquides sont connus pour leur tendance à offrir le minimum de surface avec l'extérieur (l'air par exemple). Une augmentation de l'aire superficielle exige un certain travail directement proportionnel à la variation de surface:

$$dW = \gamma dS \quad (30)$$

Le coefficient de proportionnalité est généralement désigné sous le nom de tension superficielle. Cette tension correspond au travail nécessaire pour amener une molécule de l'intérieur de la masse du liquide jusqu'à sa surface.

Le fait de déposer un film monomoléculaire à la surface d'un liquide (l'eau par exemple) a pour conséquence de diminuer sa

tension superficielle, d'un terme Π qui représente la pression superficielle du film:

$$\Pi = \gamma_0 - \gamma \tag{31}$$

γ_0 est la tension superficielle du liquide pur (eau par exemple).

Ainsi, on peut tracer les isothermes $\Pi(A)$ (figures 68 à 74), les isothermes $\Pi(T)$ (figures 75 à 81), et peut alors déterminer divers paramètres caractérisant la couche, tels les coefficients de compressibilité isotherme:

$$\lambda = - (1/ A) * (dA / d\Pi) \tag{32}$$

de dilatation:

$$\epsilon = d\gamma / d\ln(A) \tag{33}$$

Remarque:

On peut également déduire la pression superficielle. Si on admet que le film en surface a un comportement parfait, nous pouvons alors lui appliquer une équation d'état de la forme:

$$\Pi * A = R * T \tag{34}$$

et donc

$$\Pi = R * T / A \tag{35}$$

A(Å) ²	T(°C)									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	Π (dynes/cm)									
230.8	25.2	25.2	25.0	25.0	24.3	23.7	22.6	22.4	20.9	
207.7	25.8	25.7	25.5	25.5	24.8	24.2	23.1	22.8	21.3	
184.6	26.4	26.4	26.1	26.1	25.4	24.7	23.6	23.3	21.9	
161.5	27.2	27.1	26.9	26.9	26.1	25.4	24.3	24.0	22.5	
138.5	28.3	28.1	27.9	27.9	27.0	26.3	25.2	24.8	23.3	
115.4	29.7	29.5	29.2	29.2	28.3	27.5	26.3	25.9	24.4	
92.3	31.6	31.3	31.0	31.0	30.0	29.1	28.0	27.4	25.9	
69.2	34.5	34.2	33.9	33.7	32.7	31.6	30.4	29.6	28.2	
46.1	39.4	38.4	38.5	38.2	37.0	35.7	34.5	33.4	32.5	

Tableau 88: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface huile de colza raffinée/eau et à différentes températures à concentration donnant une monocouche.

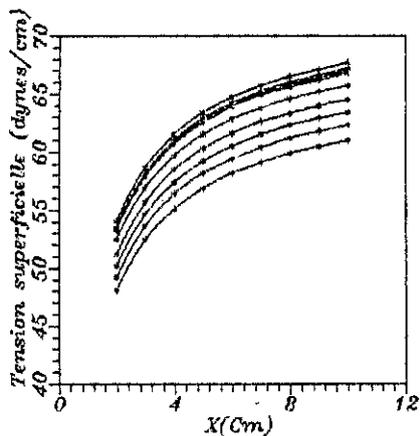


Fig. 67: Evolution de la tension superficielle en fonction de la compressibilité pour le film d'ISOPROPANOL.

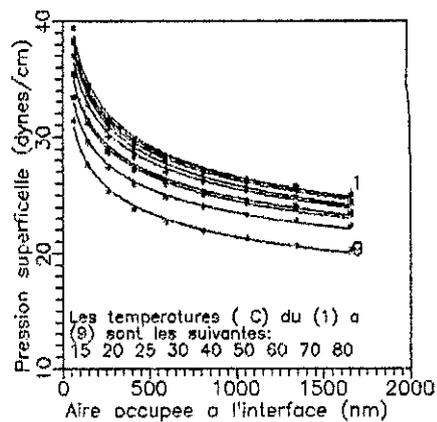


Fig. 68: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupée a l'interface huile raffinée de Colza /eau et a différentes températures.

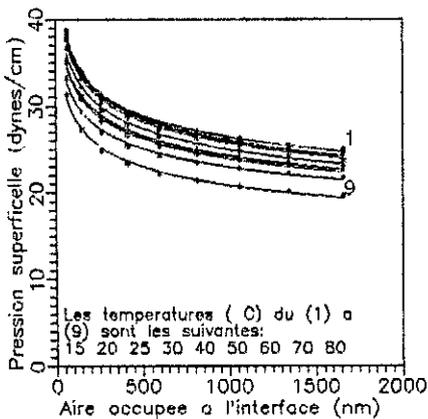


Fig. 69: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupée a l'interface huile Safia/eau et a différentes températures.

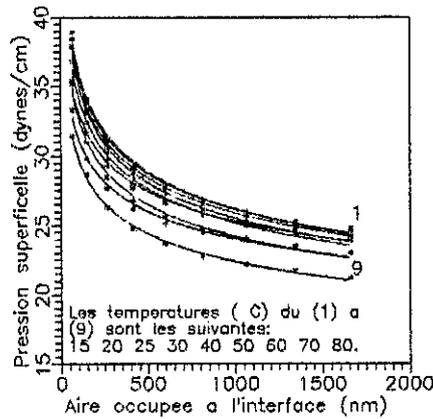


Fig. 70: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupée a l'interface huile raffinée de Tournesol/eau et a différentes températures.

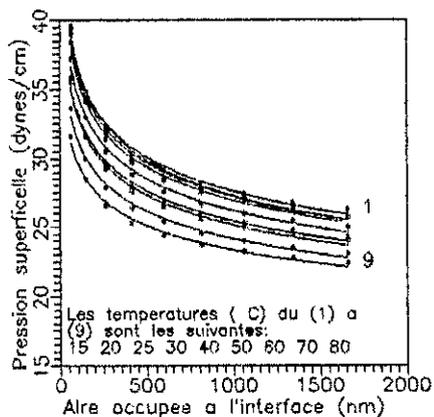


Fig. 71: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupée a l'interface huile d'Olive/eau et a différentes températures.

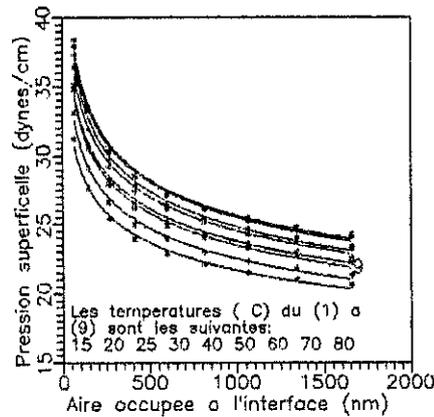


Fig. 72: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupée a l'interface huile raffinée de Soja/eau et a différentes températures.

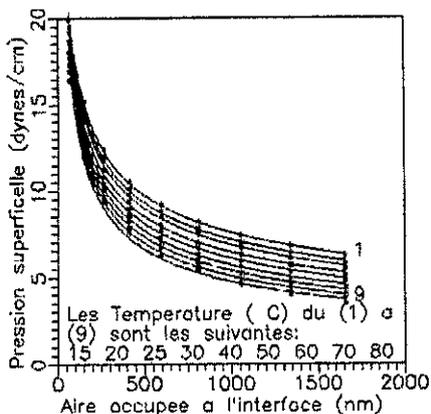


Fig. 73: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupee a l'interface isopropanol/eau et a differentes temperatures.

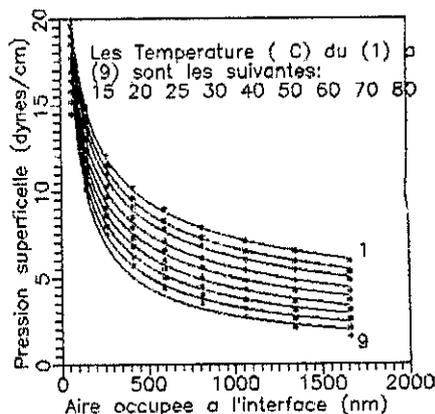


Fig. 74: Evolution de la pression superficielle en fonction de l'aire occupee a l'interface camphre/eau et a differentes temperatures.

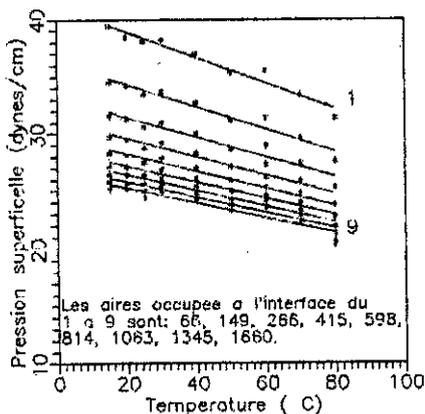


Fig. 75: Evolution de la pression superficielle d'huile raffinée de Colza/eau et a differentes aires occupees a l'interface

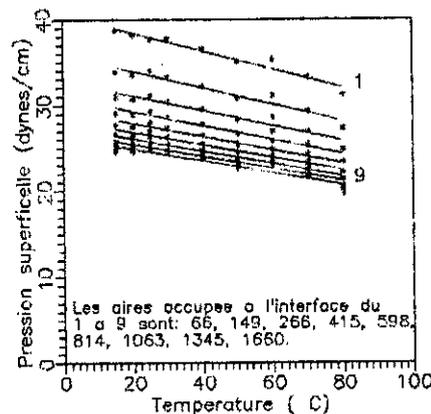


Fig. 76: Evolution de la pression superficielle d'huile en fonction de la temperature et a differentes aires occupees a l'interface huile safia/eau.

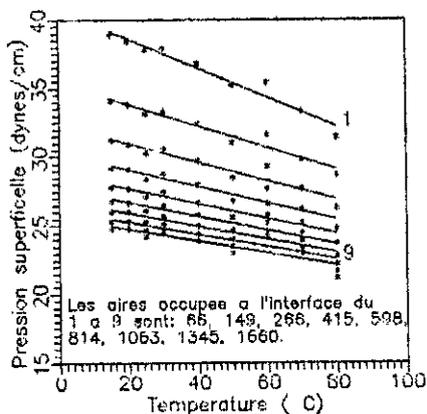


Fig. 77: Evolution de la pression superficielle d'huile en fonction de la temperature et a differentes aires occupees a l'interface huile raffinée de tournesol/eau.

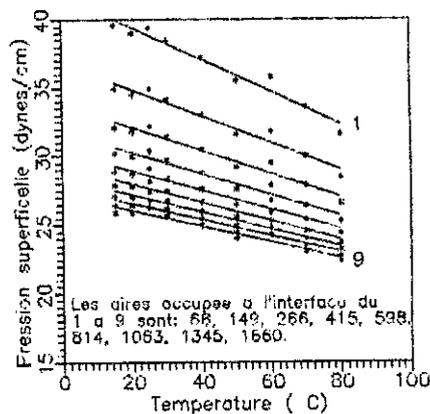


Fig. 78: Evolution de la pression superficielle d'huile en fonction de la temperature et a differentes aires occupees a l'interface huile d'olive/eau.

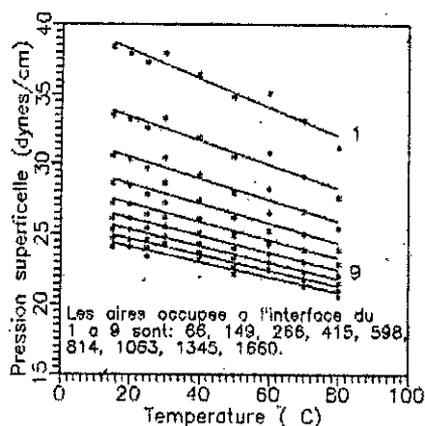


Fig. 79: Evolution de la pression superficielle d'huile en fonction de la temperature et a differentes aires occupees a l'interface huile raffinee de Soja/eau.

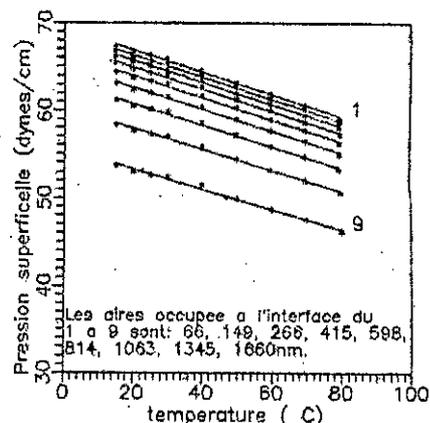


Fig. 80: Evolution de la pression superficielle du camphre en fonction de la temperature et differentes aires occupees a l'interface camphre/eau.

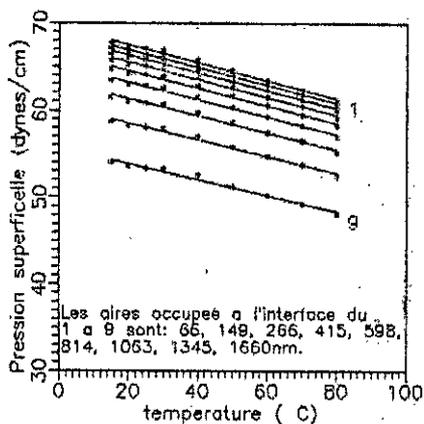


Fig. 81: Evolution de la pression superficielle d'isopropanol en fonction de la temperature et a differentes aires occupees a l'interface isopropanol/eau.

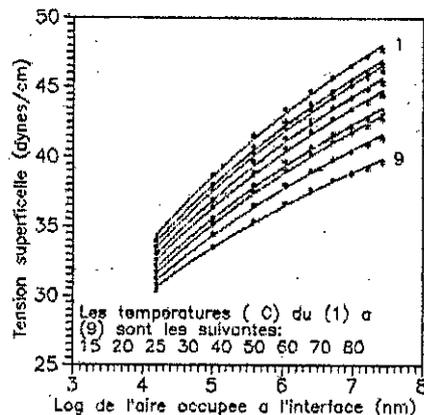


Fig. 82: Evolution de la tension superficielle d'huile d'Olive en fonction du log de l'aire occupee a l'interface.

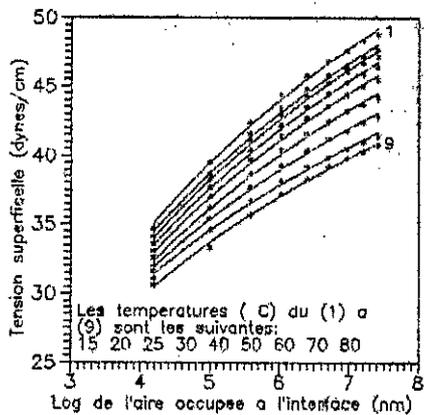


Fig. 83: Evolution de la tension superficielle d'huile raffinee de tournesol en fonction du log de l'aire occupee a l'interface.

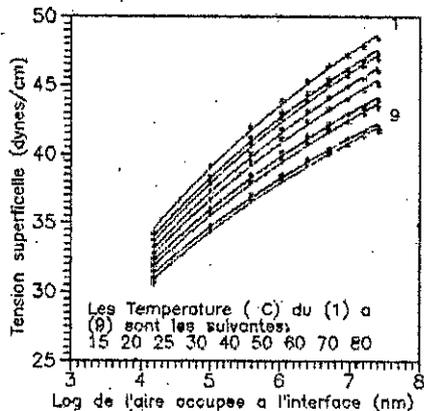


Fig. 84: Evolution de la tension superficielle d'huile raffinee de Colza en fonction du log de l'aire occupee a l'interface.

A(Å) ²	T(°C)									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	Π (dynes/cm)									
230.8	24.6	24.6	24.4	24.4	23.7	23.1	22.0	21.8	20.3	
207.7	25.2	25.1	24.9	24.9	24.2	23.6	22.5	22.3	20.8	
184.6	25.8	25.8	25.5	25.5	24.8	24.2	23.1	22.8	21.3	
161.5	26.6	26.5	26.3	26.3	25.5	24.9	23.8	23.5	22.0	
138.5	27.7	27.5	27.3	27.3	26.5	25.8	24.7	24.3	22.8	
115.4	29.1	28.9	29.6	28.6	27.8	27.0	25.9	25.4	24.0	
92.3	31.0	30.7	30.5	30.4	29.5	28.7	27.6	27.0	25.5	
69.2	33.9	33.6	33.3	33.2	32.2	31.2	30.1	29.3	27.9	
46.1	38.7	38.2	38.0	37.7	36.6	35.4	34.3	33.2	31.9	

Tableau 89: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface huile safia / eau et à différentes températures .

A(Å) ²	T(°C)									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	Π (dynes/cm)									
230.8	24.1	24.1	24.3	24.3	23.2	22.6	21.5	21.3	21.2	
207.7	24.7	24.6	24.8	24.8	23.7	23.1	22.0	21.8	21.6	
184.6	25.3	25.3	25.5	25.5	24.3	23.7	22.6	22.3	22.1	
161.5	26.1	26.1	26.2	26.2	25.1	24.4	23.3	23.0	22.7	
138.5	27.2	27.1	27.2	27.2	26.1	25.3	24.2	23.9	23.5	
115.4	28.6	28.4	28.6	28.6	27.4	26.6	25.5	25.0	24.5	
92.3	30.6	30.3	30.4	30.4	29.2	28.3	27.2	26.6	26.0	
69.2	33.5	33.2	33.3	33.3	31.9	30.9	29.8	29.1	28.2	
46.1	38.4	37.9	37.9	37.9	36.4	35.2	34.1	33.1	31.8	

Tableau 90: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface huile de soja raffinée/eau et à différentes températures.

A(Å) ²	T(°C)									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	Π (dynes/cm)									
230.8	24.8	24.8	24.6	24.6	23.9	23.4	24.2	23.0	21.8	
207.7	25.3	25.3	25.1	25.1	24.4	23.9	24.6	23.4	22.3	
184.6	26.0	26.0	25.7	25.7	25.0	24.4	25.2	23.9	22.8	
161.5	26.8	26.7	26.5	26.5	25.8	25.1	25.8	24.5	23.4	
138.5	27.8	27.7	27.5	27.5	26.7	26.0	26.6	25.2	24.3	
115.4	29.2	29.1	28.8	28.8	28.0	27.2	27.7	26.2	25.4	
92.3	31.2	30.9	30.7	30.6	29.7	28.9	29.3	27.7	26.9	
69.2	34.1	33.8	33.5	33.3	32.4	31.4	31.6	29.8	29.3	
46.1	38.9	38.4	38.2	37.9	36.8	35.6	35.4	33.3	32.0	

Tableau 91: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface huile de tournesol raffinée/eau et à différentes températures .

$A(\text{\AA})^2$	$T(^{\circ}\text{C})$									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	$\Pi(\text{dynes/cm})$									
230.8	25.9	25.9	25.7	25.7	25.0	24.4	23.3	23.1	23.0	
207.7	26.4	26.4	26.2	26.2	25.5	24.9	23.8	23.5	23.4	
184.6	27.1	27.0	26.8	26.8	26.0	25.4	24.7	24.0	23.8	
161.5	27.9	27.8	27.5	27.5	26.7	26.0	24.9	24.6	24.3	
138.5	28.9	28.7	28.4	28.4	27.6	26.9	25.8	25.4	25.0	
115.4	30.2	30.0	29.7	29.7	28.8	28.0	26.9	26.4	25.9	
92.3	32.1	31.8	31.5	31.4	30.5	29.6	28.5	27.9	27.2	
69.2	34.9	34.5	34.2	34.1	33.0	32.0	30.8	30.0	29.1	
46.1	39.6	39.0	38.7	38.4	37.2	35.9	34.7	33.6	32.2	

Tableau 92: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface huile d'olive / eau et à différentes températures .

$A(\text{\AA})^2$	$T(^{\circ}\text{C})$									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	$\Pi(\text{dynes/cm})$									
230.8	6.2	5.8	5.5	5.1	4.8	4.4	4.1	3.8	3.5	
207.7	6.8	6.4	6.1	5.7	5.3	4.9	4.6	4.3	4.0	
184.6	7.4	7.0	6.7	6.3	5.9	5.6	5.2	4.9	4.6	
161.5	8.2	7.8	7.5	7.0	6.7	6.3	6.0	5.7	5.4	
138.5	9.2	8.8	8.5	8.0	7.7	7.3	7.0	6.7	6.3	
115.4	10.5	10.1	9.8	9.4	9.0	8.6	8.3	7.9	7.6	
92.3	12.4	12.0	11.7	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.4	
69.2	15.2	14.8	14.5	14.0	13.5	13.2	12.8	12.4	12.0	
46.1	19.9	19.5	19.2	18.6	18.0	17.7	17.3	16.9	16.4	

Tableau 93: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface camphre/eau et à différentes températures.

$A(\text{\AA})^2$	$T(^{\circ}\text{C})$									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
	$\Pi(\text{dynes/cm})$									
230.8	5.9	5.3	4.8	4.2	3.7	3.1	2.6	2.1	1.6	
207.7	6.5	5.9	5.4	4.8	4.2	3.6	3.1	2.6	2.1	
184.6	7.1	6.5	6.0	5.4	4.8	4.3	3.7	3.2	2.7	
161.5	7.9	7.3	6.8	6.1	5.6	5.0	4.5	4.0	3.5	
138.5	8.9	8.3	7.8	7.1	6.6	6.0	5.5	5.0	4.4	
115.4	10.2	9.6	9.1	8.5	7.9	7.3	6.8	6.2	5.7	
92.3	12.1	11.5	11.0	10.3	9.7	9.1	8.6	8.0	7.5	
69.2	14.9	14.3	13.8	13.1	12.4	11.9	11.3	10.7	10.1	
46.1	19.6	19.0	18.5	17.7	16.9	16.4	15.8	15.2	14.5	

Tableau 94: Evolution de la pression superficielle Π en fonction de l'aire occupée à la l'interface isopropanol/eau et à différentes températures.

Les valeurs de Π obtenues peuvent être classées en deux catégories celles des huiles, où la valeur maximale de Π est de l'ordre de 39dynes/cm, et celles de l'isopropanol et du camphre où $\Pi=19.6\text{dynes/cm}$.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les isothermes et peuvent être décrites par l'équation:

$$\Pi = A * D \quad (36)$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont été calculées par l'équation 36 pour les différentes huiles végétales (tableaux 95 à 101).

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.276	-0.273	-0.263	-0.262	-0.260	-0.256	-0.252	-0.247	-0.26
D	111.39	106.81	103.89	102.78	98.526	92.768	91.558	84.650	86.66

Tableau 95: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface huile de colza/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.280	-0.272	-0.257	-0.270	-0.269	-0.267	-0.264	-0.259	-0.285
D	111.38	106.77	100.54	104.25	100.84	95.806	95.573	88.084	91.702

Tableau 96: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface huile de safia/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.288	-0.280	-0.288	-0.275	-0.279	-0.278	-0.275	-0.272	-0.257
D	113.94	108.95	110.76	107.05	104.36	99.278	98.973	92.348	82.153

Tableau 97: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface huile de soja/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.279	-0.270	-0.276	-0.267	-0.266	-0.263	-0.235	-0.228	-0.249
D	111.55	106.59	106.93	103.67	100.50	94.758	85.810	78.653	81.517

Tableau 98: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface huile de tournesol/eau et à différentes températures

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.262	-0.253	-0.249	-0.248	-0.245	-0.241	-0.238	-0.231	-0.212
D	106.35	100.99	100.79	97.759	93.654	88.117	87.653	80.273	70.221

Tableau 99: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface huile d'olive/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.724	-0.753	-0.776	-0.805	-0.827	-0.868	-0.900	-0.929	-0.962
D	347.30	382.63	414.27	450.50	479.20	557.52	621.97	684.91	763.41

Tableau 100: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface camphre/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	-0.746	-0.793	-0.837	-0.893	-0.949	-1.035	-1.121	-1.220	-1.348
D	400.19	472.26	554.24	671.68	812.15	1134.7	1580.0	2318.0	3858.2

Tableau 101: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de l'aire occupé à la l'interface isopropanol/eau et à différentes températures.

III.3 Evolution de la pression superficielle Π en fonction de la température à différentes aires occupée à l'interface substances considérées/eau.

Nous nous servons des mêmes résultats utilisés dans le paragraphe IV.2 (mêmes tableaux) pour tracer la pression superficielle Π en fonction de la température T.

L'équation décrivant la variation de la pression superficielle Π en fonction de la température T est la suivante :

$$\Pi = F * T + G \quad (37)$$

F et G constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 37 pour les différentes huiles végétales (tableaux 102 à 108).

A(Å) ²	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.069	-0.070	-0.072	-0.074	-0.078	-0.082	-0.087	-0.096	-0.105
G	26.289	26.829	27.536	28.330	29.456	30.891	32.859	35.910	40.514

Tableau 102: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile de safia/eau.

A(Å) ²	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.064	-0.066	-0.069	-0.070	-0.075	-0.080	-0.086	-0.097	-0.111
G	26.561	27.143	27.825	28.616	29.758	31.225	33.175	36.279	41.138

Tableau 103: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile de colza/eau.

A(Å) ²	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.053	-0.055	-0.058	-0.060	-0.064	-0.069	-0.076	-0.086	-0.103
G	25.192	25.788	26.490	27.335	28.445	29.951	32.008	35.132	40.266

Tableau 104: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile de soja/eau.

$A(\text{\AA})^2$	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.057	-0.058	-0.062	-0.066	-0.069	-0.076	-0.083	-0.097	-0.118
G	27.221	27.763	28.459	29.334	30.342	31.784	33.768	36.796	41.799

Tableau 105: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile d'olive/eau.

$A(\text{\AA})^2$	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.043	-0.044	-0.047	-0.050	-0.054	-0.060	-0.067	-0.078	-0.107
G	25.634	26.156	26.869	27.726	28.793	30.276	32.306	35.376	40.763

Tableau 106: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile de tournesol/e

$A(\text{\AA})^2$	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.126	-0.124	-0.125	-0.125	-0.124	-0.123	-0.121	-0.119	-0.114
G	69.467	68.838	68.233	67.462	66.436	65.095	63.191	60.331	55.570

Tableau 107: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface huile de camphre/eau

$A(\text{\AA})^2$	230.8	207.7	184.6	161.5	138.5	115.4	92.30	69.20	46.10
F	-0.103	-0.101	-0.101	-0.101	-0.100	-0.099	-0.098	-0.095	-0.091
G	69.547	68.918	68.314	67.543	66.516	65.176	63.271	60.411	55.651

Tableau 108: Constantes F et G caractérisant l'équation représentant variation de la pression superficielle en fonction de la température et à différentes aires occupées à la l'interface de l'isopropanol/eau

Ces équations ont le mérite de prévoir la pression superficielle à n'importe quelle température comprise entre 15 et 80°C.

III.4 Calcul du coefficient de compressibilité isotherme λ :

Pour déterminer le coefficient de compressibilité isotherme nous devons tracer Π en fonction de A puisque:

$$\lambda = - (1/A) * (dA / d\Pi) \quad (32)$$

La variation de la pression superficielle Π en fonction de A peut être exprimer sous la forme:

$$\Pi = A * D \quad (36)$$

donc:

$$\lambda = - 1 / (D * B * A) \quad (38)$$

Les tableaux 109 à 115 donnent la valeurs de λ pour chaque échantillon:

$A(\text{Å})^2$	$T^{\circ}\text{C}$	15	20	25	30	40	50	60	70	80
1230.8		0.1460	0.1531	0.1514	0.1545	0.1606	0.1695	0.1707	0.1833	0.1914
1207.7		0.1418	0.1489	0.1471	0.1502	0.1563	0.1650	0.1663	0.1786	0.1867
1184.6		0.1373	0.1443	0.1425	0.1457	0.1515	0.1601	0.1614	0.1735	0.1816
161.5		0.1323	0.1393	0.1374	0.1407	0.1464	0.1547	0.1560	0.1679	0.1760
138.5		0.1268	0.1338	0.1317	0.1351	0.1406	0.1487	0.1501	0.1616	0.1697
115.4		0.1206	0.1275	0.1253	0.1288	0.1341	0.1419	0.1434	0.1545	0.1626
292.3		0.1134	0.1203	0.1179	0.1215	0.1265	0.1341	0.1355	0.1462	0.1543
169.2		0.1047	0.1115	0.1090	0.1126	0.1174	0.1245	0.1260	0.1362	0.1443
46.1		0.0936	0.1002	0.0975	0.1013	0.1056	0.1122	0.1138	0.1231	0.1312

Tableau 109: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'huile de colza.

$A(\text{Å})^2$	$T^{\circ}\text{C}$	15	20	25	30	40	50	60	70	80
1230.8		0.1471	0.1512	0.1567	0.1543	0.1593	0.1671	0.1667	0.1794	0.1875
1207.7		0.1428	0.1470	0.1525	0.1500	0.1548	0.1624	0.1621	0.1745	0.1826
1184.6		0.1382	0.1423	0.1479	0.1453	0.1500	0.1574	0.1571	0.1693	0.1774
161.5		0.1331	0.1372	0.1429	0.1401	0.1447	0.1519	0.1517	0.1635	0.1716
138.5		0.1275	0.1316	0.1374	0.1345	0.1388	0.1458	0.1456	0.1571	0.1652
115.4		0.1211	0.1252	0.1311	0.1280	0.1322	0.1389	0.1388	0.1499	0.1580
292.3		0.1138	0.1178	0.1238	0.1205	0.1245	0.1308	0.1308	0.1415	0.1496
169.2		0.1050	0.1090	0.1149	0.1115	0.1152	0.1211	0.1212	0.1313	0.1394
46.1		0.0937	0.0976	0.1035	0.0999	0.1033	0.1087	0.1089	0.1182	0.1263

Tableau 110: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'huile safia.

$A(\text{Å})^2$	$T^{\circ}\text{C}$	15	20	25	30	40	50	60	70	80
1230.8		0.1460	0.1504	0.1502	0.1516	0.1567	0.1644	0.1640	0.1748	0.1829
1207.7		0.1416	0.1460	0.1457	0.1473	0.1521	0.1597	0.1593	0.1698	0.1779
1184.6		0.1369	0.1413	0.1408	0.1426	0.1472	0.1545	0.1542	0.1645	0.1726
161.5		0.1317	0.1361	0.1355	0.1375	0.1418	0.1489	0.1487	0.1586	0.1667
138.5		0.1260	0.1303	0.1297	0.1318	0.1359	0.1427	0.1425	0.1521	0.1602
115.4		0.1196	0.1238	0.1230	0.1253	0.1291	0.1356	0.1355	0.1447	0.1528
292.3		0.1121	0.1163	0.1153	0.1178	0.1213	0.1274	0.1275	0.1362	0.1443
169.2		0.1032	0.1073	0.1062	0.1089	0.1120	0.1176	0.1178	0.1259	0.1340
46.1		0.0918	0.0958	0.0944	0.0974	0.1000	0.1051	0.1053	0.1128	0.1209

Tableau 111: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'huile de soja.

A(Å) ²	T°C									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
1230.8	0.1466	0.1510	0.1521	0.1544	0.1590	0.1678	0.1781	0.1928	0.2080	0.2230
1207.7	0.1423	0.1467	0.1477	0.1501	0.1546	0.1632	0.1737	0.1882	0.2030	0.2170
1184.6	0.1377	0.1421	0.1430	0.1455	0.1498	0.1582	0.1690	0.1832	0.1980	0.2120
161.5	0.1327	0.1371	0.1378	0.1404	0.1446	0.1528	0.1638	0.1777	0.1920	0.2060
138.5	0.1271	0.1315	0.1321	0.1347	0.1388	0.1467	0.1579	0.1716	0.1860	0.2000
115.4	0.1208	0.1252	0.1256	0.1283	0.1322	0.1398	0.1513	0.1646	0.1780	0.1910
292.3	0.1135	0.1179	0.1181	0.1209	0.1246	0.1319	0.1436	0.1564	0.1700	0.1830
169.2	0.1047	0.1090	0.1091	0.1119	0.1154	0.1222	0.1342	0.1465	0.1600	0.1730
46.1	0.0935	0.0977	0.0975	0.1004	0.1036	0.1098	0.1220	0.1335	0.1460	0.1580

Tableau 112: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'huile de tournesol.

A(Å) ²	T°C									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
1230.8	0.1493	0.1550	0.1498	0.1590	0.1653	0.1747	0.1750	0.1895	0.2040	0.2180
1207.7	0.1452	0.1509	0.1474	0.1549	0.1610	0.1703	0.1706	0.1849	0.2000	0.2140
1184.6	0.1408	0.1465	0.1449	0.1504	0.1565	0.1656	0.1659	0.1800	0.1950	0.2100
161.5	0.1359	0.1416	0.1420	0.1455	0.1514	0.1603	0.1607	0.1745	0.1900	0.2050
138.5	0.1306	0.1362	0.1388	0.1401	0.1458	0.1545	0.1549	0.1684	0.1840	0.1990
115.4	0.1245	0.1301	0.1351	0.1339	0.1394	0.1478	0.1484	0.1615	0.1770	0.1920
292.3	0.1174	0.1229	0.1306	0.1266	0.1320	0.1401	0.1407	0.1533	0.1690	0.1840
169.2	0.1089	0.1143	0.1251	0.1179	0.1230	0.1307	0.1314	0.1435	0.1590	0.1740
46.1	0.0979	0.1031	0.1178	0.1066	0.1114	0.1185	0.1192	0.1306	0.1460	0.1610

Tableau 113: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'huile d'olive.

A(Å) ²	T°C									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	
1230.8	0.2180	0.2233	0.2273	0.2366	0.2445	0.2512	0.2592	0.2826	0.3060	0.3290
1207.7	0.2020	0.2063	0.2095	0.2174	0.2241	0.2293	0.2358	0.2562	0.2790	0.3020
1184.6	0.1855	0.1888	0.1912	0.1977	0.2033	0.2070	0.2121	0.2297	0.2530	0.2760
161.5	0.1684	0.1707	0.1723	0.1775	0.1820	0.1843	0.1880	0.2028	0.2270	0.2510
138.5	0.1506	0.1520	0.1529	0.1568	0.1603	0.1612	0.1637	0.1758	0.1990	0.2220
115.4	0.1320	0.1325	0.1328	0.1354	0.1378	0.1377	0.1389	0.1484	0.1720	0.1950
292.3	0.1122	0.1120	0.1116	0.1131	0.1146	0.1133	0.1136	0.1206	0.1440	0.1670
169.2	0.0912	0.0902	0.0893	0.0897	0.0903	0.0883	0.0877	0.0923	0.1160	0.1390
46.1	0.0679	0.0664	0.0651	0.0647	0.0645	0.0620	0.0608	0.0632	0.0870	0.1100

Tableau 114: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour le camphre.

A(Å) ²	T °C									
	15	20	25	30	40	50	60	70	80	8
1230.8	0.2221	0.2307	0.2385	0.2527	0.2695	0.2868	0.3084	0.3371	0.3711	0.3
1207.7	0.2053	0.2121	0.2183	0.2300	0.2438	0.2571	0.2740	0.2964	0.3241	0.3
1184.6	0.1880	0.1932	0.1978	0.2070	0.2180	0.2276	0.2401	0.2566	0.2741	0.2
161.5	0.1702	0.1738	0.1769	0.1838	0.1921	0.1983	0.2068	0.2181	0.2311	0.2
138.5	0.1517	0.1538	0.1555	0.1601	0.1659	0.1690	0.1739	0.1807	0.1891	0.1
115.4	0.1324	0.1331	0.1334	0.1360	0.1395	0.1399	0.1417	0.1446	0.1481	0.1
292.3	0.1121	0.1115	0.1107	0.1115	0.1129	0.1111	0.1104	0.1102	0.1091	0.1
169.2	0.0904	0.0887	0.0870	0.0862	0.0859	0.0824	0.0799	0.0775	0.0751	0.0
46.1	0.0668	0.0643	0.0619	0.0600	0.0584	0.0541	0.0507	0.0472	0.0441	0.0

Tableau 115: Evolution du coefficient de compressibilité isotherme λ en fonction de la température pour l'isopropanol.

Le coefficient de compressibilité isotherme peut nous renseigner sur l'élasticité du film. Plus ce coefficient est élevé plus le film sera souple, déformable, une forte amplitude dans le coefficient dénote d'un film souple, à titre d'exemple, si nous devons comparer les variations du rapport des coefficients de compressibilité à 80°C en fonction des valeurs extrêmes des substances considérées (tableau 116), nous remarquons que l'isopropanol présente bien évidemment avec le camphre la meilleure valeur de λ .

Substances	H.R.CO	H.Safia	H.R.SO	H.R.TR	H.Olive	Camphre	Isopropanol
λ_1/λ_2	1.5429	1.5824	1.5130	1.4937	1.4078	4.7106	8.7739

Tableau 116: Valeur du rapport λ_1/λ_2 à 80°C.

A titre d'exemple pour l'isopropanol $\lambda_1/\lambda_2 = 0.3764/0.0429 = 8.7739$.

III.5 Calcul du coefficient de dilatation ε :

Pour déterminer le coefficient de dilatation ε nous devons tracer γ en fonction de $\ln(A)$ puisque:

$$\varepsilon = d\gamma / d\ln(A) \quad (33)$$

L'équation qui traduit la variation de la tension superficielle γ en fonction de $\ln(A)$ figures 82 à 88 est de la forme:

$$\gamma = B * \ln (\ln (A)) + D \quad (39)$$

B et D constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont

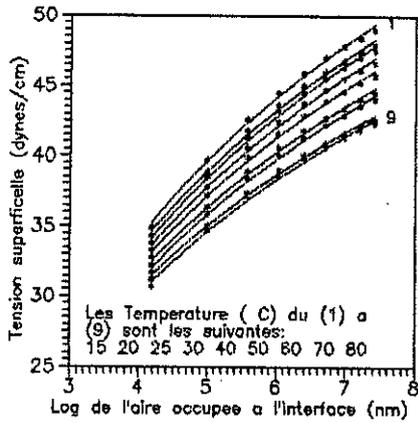


Fig : Evolution de la tension superficielle d'huile Safia en fonction du log de l'aire occupee a l'interface.

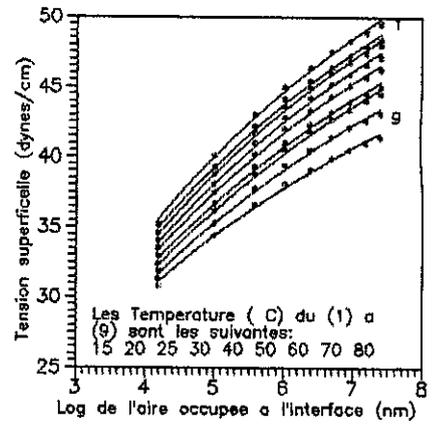


Fig : Evolution de la tension superficielle d'huile raffinee Soja en fonction du log de l'aire occupee a l'interface.

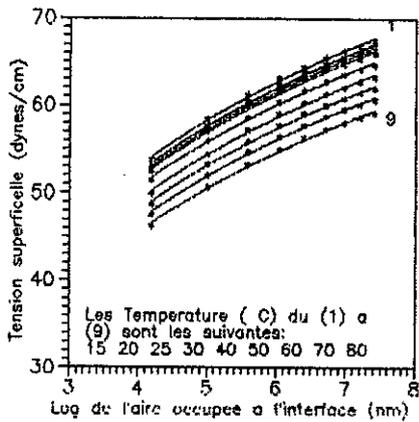


Fig : Evolution de la tension superficielle du CAMPHRE en fonction du log de l'aire occupee a l'interface camphre/eau.

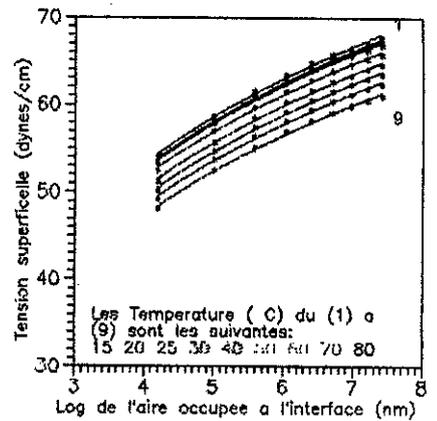


Fig : Evolution de la tension superficielle de l'ISOPROPANOL en fonction du log de l'aire occupee a l'interface isopropanol/eau.

été calculées pour les différents échantillons (tableaux 117 à 123).

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	40.077	38.535	38.508	37.388	35.952	33.930	33.601	31.125	31.365
D	-18.94	-17.42	-17.79	-16.82	-15.29	-13.10	-13.05	-10.29	-11.00

Tableau 117: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface huile de colza/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	39.871	38.535	38.771	37.709	36.511	34.725	34.725	32.143	32.676
D	-18.00	-16.82	-17.54	-16.74	-15.63	-13.87	-14.37	-11.44	-12.62

Tableau 118: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface huile safia/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	40.451	39.032	39.313	38.535	37.388	35.632	35.632	33.342	30.035
D	-18.46	-17.17	-18.06	-17.62	-16.62	-14.87	-15.37	-12.93	-9.050

Tableau 119: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface huile de soja/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	38.712	37.035	37.035	35.952	34.508	32.518	32.196	29.715	26.049
D	-17.34	-15.61	-16.01	-15.09	-13.55	-11.44	-11.41	-8.626	-4.176

Tableau 120: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface huile d'olive/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	39.991	38.535	38.494	37.594	36.456	34.508	31.758	29.156	29.670
D	-18.36	-17.02	-17.43	-16.75	-15.76	-13.75	-10.52	-7.585	-9.216

Tableau 121: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface huile de tournesol/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	40.235	40.235	40.235	39.717	38.960	39.209	38.960	38.564	38.044
D	-1.250	-1.750	-1.950	-1.250	-1.040	-2.670	-3.340	-3.760	-4.180

Tableau 122: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface isopropanol/eau et à différentes températures.

T(°C)	15	20	25	30	40	50	60	70	80
B	39.414	39.414	39.414	38.908	38.165	38.411	38.165	37.776	37.268
D	+0.520	-0.180	-0.580	-0.110	-0.130	-1.950	-2.830	-3.474	-4.124

Tableau 123: Constantes B et D caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle en fonction du log de l'aire A occupée à la l'interface camphre/eau et à différentes températures.

donc:

$$\epsilon = B / (A * L_2 (A))$$

(40)

Les tableaux 124 à 130 donnent la valeurs de ϵ pour chaque échantillon:

A(A) ²	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8	0.0319	0.0306	0.0306	0.0297	0.0286	0.0270	0.0267	0.0244
1207.7	0.0361	0.0347	0.0347	0.0337	0.0324	0.0305	0.0303	0.0288
1184.6	0.0416	0.0400	0.0399	0.0388	0.0373	0.0352	0.0348	0.0332
161.5	0.0488	0.0469	0.0468	0.0455	0.0437	0.0413	0.0409	0.0388
138.5	0.0586	0.0564	0.0553	0.0547	0.0526	0.0496	0.0492	0.0454
115.4	0.0731	0.0703	0.0702	0.0682	0.0656	0.0619	0.0613	0.0577
292.3	0.0959	0.0922	0.0921	0.0895	0.0860	0.0812	0.0804	0.0755
169.2	0.1366	0.1314	0.1313	0.1275	0.1226	0.1157	0.1146	0.1066
46.1	0.2256	0.2182	0.2180	0.2117	0.2035	0.1921	0.1902	0.1777

Tableau 124: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'huile de colza.

A(A) ²	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8	0.0317	0.0308	0.0306	0.0300	0.0290	0.0276	0.0276	0.0266
1207.7	0.0399	0.0349	0.0347	0.0340	0.0329	0.0313	0.0313	0.0299
1184.6	0.0413	0.0402	0.0400	0.0391	0.0379	0.0365	0.0360	0.0333
161.5	0.0485	0.0472	0.0469	0.0459	0.0444	0.0422	0.0422	0.0399
138.5	0.0583	0.0567	0.0564	0.0552	0.0534	0.0508	0.0508	0.0477
115.4	0.0727	0.0707	0.0703	0.0688	0.0666	0.0633	0.0633	0.0599
292.3	0.0954	0.0928	0.0922	0.0902	0.0874	0.0831	0.0831	0.0788
169.2	0.1359	0.1322	0.1314	0.1286	0.1245	0.1184	0.1184	0.1111
46.1	0.2257	0.2195	0.2182	0.2135	0.2067	0.1966	0.1966	0.1855

Tableau 125: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'huile safia.

A(A) ²	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8	0.0322	0.0313	0.0310	0.0306	0.0297	0.0283	0.0283	0.0266
1207.7	0.0364	0.0354	0.0352	0.0347	0.0337	0.0321	0.0321	0.0300
1184.6	0.0419	0.0408	0.0405	0.0400	0.0388	0.0369	0.0369	0.0344
161.5	0.0492	0.0478	0.0475	0.0469	0.0455	0.0433	0.0433	0.0400
138.5	0.0592	0.0575	0.0571	0.0564	0.0547	0.0521	0.0521	0.0488
115.4	0.0738	0.0717	0.0712	0.0703	0.0682	0.0650	0.0650	0.0600
292.3	0.0968	0.0941	0.0934	0.0922	0.0895	0.0853	0.0853	0.0799
169.2	0.1379	0.1340	0.1331	0.1314	0.1275	0.1215	0.1215	0.1133
46.1	0.2290	0.2210	0.2226	0.2182	0.2117	0.2017	0.2017	0.1888

Tableau 126: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'huile de soja.

$\Lambda(\text{Å})^2$	T°C	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8		0.0308	0.0294	0.0294	0.0286	0.0258	0.0258	0.0256	0.0236
1207.7		0.0349	0.0334	0.0334	0.0324	0.0293	0.0293	0.0290	0.0268
1184.6		0.0401	0.0384	0.0384	0.0373	0.0337	0.0336	0.0334	0.0308
161.5		0.0471	0.0451	0.0426	0.0437	0.0420	0.0396	0.0392	0.0361
138.5		0.0566	0.0542	0.0542	0.0526	0.0505	0.0476	0.0471	0.0435
115.4		0.0706	0.0675	0.0675	0.0656	0.0629	0.0593	0.0587	0.0542
292.3		0.0926	0.0886	0.0886	0.0860	0.0826	0.0778	0.0770	0.0711
169.2		0.1320	0.1263	0.1263	0.1226	0.1176	0.1109	0.1098	0.1013
46.1		0.2192	0.2097	0.2097	0.2035	0.1954	0.1841	0.1823	0.1682

Tableau 127: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'huile d'olive.

$\Lambda(\text{Å})^2$	T°C	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8		0.0318	0.0306	0.0306	0.0299	0.0290	0.0274	0.0252	0.0236
1207.7		0.0360	0.0347	0.0347	0.0339	0.0328	0.0311	0.0286	0.0267
1184.6		0.0415	0.0400	0.0399	0.0390	0.0378	0.0358	0.0329	0.0308
161.5		0.0487	0.0469	0.0468	0.0469	0.0443	0.0420	0.0386	0.0361
138.5		0.0585	0.0564	0.0563	0.0564	0.0533	0.0505	0.0464	0.0434
115.4		0.0729	0.0703	0.0702	0.0686	0.0665	0.0629	0.0579	0.0541
292.3		0.0957	0.0929	0.0929	0.0909	0.0873	0.0823	0.0753	0.0713
169.2		0.1363	0.1314	0.1312	0.1282	0.1243	0.1176	0.1082	0.1011
46.1		0.2264	0.2182	0.2179	0.2128	0.2064	0.1954	0.1797	0.1680

Tableau 128: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'huile de tournesol.

$\Lambda(\text{Å})^2$	T°C	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8		0.0282	0.0282	0.0282	0.0278	0.0275	0.0273	0.0273	0.0270
1207.7		0.0319	0.0319	0.0319	0.0315	0.0311	0.0309	0.0309	0.0306
1184.6		0.0367	0.0367	0.0367	0.0363	0.0358	0.0356	0.0356	0.0352
161.5		0.0431	0.0431	0.0431	0.0425	0.0420	0.0417	0.0417	0.0413
138.5		0.0518	0.0518	0.0518	0.0511	0.0505	0.0502	0.0502	0.0497
115.4		0.0645	0.0645	0.0645	0.0637	0.0629	0.0625	0.0625	0.0618
292.3		0.0846	0.0846	0.0846	0.0835	0.0825	0.0819	0.0819	0.0811
169.2		0.1203	0.1203	0.1203	0.1187	0.1178	0.1165	0.1165	0.1153
46.1		0.1994	0.1994	0.1994	0.1969	0.1944	0.1931	0.1931	0.1912

Tableau 129: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour le camphre.

A(Å) ²	T°C	15	20	25	30	40	50	60	70
1230.8		0.0258	0.0258	0.0258	0.0255	0.0252	0.0250	0.0250	0.0247
1207.7		0.0292	0.0292	0.0292	0.0289	0.0285	0.0283	0.0283	0.0280
1184.6		0.0336	0.0336	0.0336	0.0332	0.0328	0.0326	0.0326	0.0322
161.5		0.0394	0.0394	0.0394	0.0389	0.0384	0.0381	0.0381	0.0378
138.5		0.0474	0.0474	0.0474	0.0468	0.0462	0.0459	0.0459	0.0454
115.4		0.0590	0.0590	0.0590	0.0582	0.0575	0.0571	0.0571	0.0565
292.3		0.0772	0.0772	0.0772	0.0762	0.0752	0.0747	0.0747	0.0740
169.2		0.1097	0.1097	0.1097	0.1082	0.1069	0.1062	0.1062	0.1051
46.1		0.1813	0.1813	0.1813	0.1789	0.1766	0.1755	0.1755	0.1737

Tableau 130: Evolution du coefficient de dilatation ϵ en fonction de la température pour l'isopropanol.

Substances	H.R.CO	H.Safia	H.R.TR	H.Olive	Camphre	Isopropanol	H.R.SO
ϵ_1/ϵ_2	7.1336	7.1372	7.1120	7.1256	7.0636	7.0246	7.1129

Tableau 130: Valeur du rapport ϵ_2/ϵ_1 à 80°C.

A titre d'exemple pour l'isopropanol $\epsilon_1/\epsilon_2 = 0.1714/0.0244 = 7.0246$.

Le coefficient de dilatation du film varie avec la température mais globalement ne varie pas pour les différentes huiles végétales, il est de même ordre de grandeur pour l'isopropanol et le camphre. Ce coefficient ne peut donc pas discriminer entre les comportements des différentes substances filmogéniques.

III.7 Evolution du coefficient d'étalement E en fonction de l'aire occupée à l'interface substances considérées/eau à différentes températures:

Nous voulons dans ce paragraphe nous rendre compte si le coefficient d'étalement était affecté d'une façon significative par l'aire.

A(Å) ² T°C	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	E								
1230.8	-06.00	-04.40	-04.01	-03.40	-03.14	-02.60	-00.60	-00.20	+00.00
1207.7	-05.50	-03.90	-03.51	-02.90	-02.64	-02.10	-00.20	+00.20	+00.00
1184.6	-04.80	-03.20	-02.91	-02.30	-02.04	-01.60	+00.40	+00.70	+01.00
161.5	-04.00	-02.50	-02.11	-01.50	-01.24	-00.90	+01.00	+01.30	+01.00
138.5	-03.00	-01.50	-01.11	-00.50	-00.34	00.00	+01.80	+02.00	+02.00
115.4	-01.60	-00.10	+00.19	+00.80	+00.96	+01.20	+02.90	+03.00	+03.00
292.3	+00.40	+01.70	+02.09	+02.60	+02.66	+02.90	+04.50	+04.50	+05.00
169.2	+03.30	+04.60	+04.89	+05.30	+05.36	+05.40	+06.80	+06.60	+07.00
46.1	+08.10	+09.20	+09.59	+09.90	+09.76	+09.60	+10.60	+10.10	+10.00

Tableau 131: Evolution du coefficient de d'étalement E en fonction de la température pour l'huile de tournesol.

A(Å) ² T°C	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	E								
1230.8	-5.55	-03.60	-03.40	-02.40	-02.05	-01.30	-00.30	+00.60	+00.90
1207.7	-4.95	-03.10	-02.90	-01.90	-01.55	-00.80	+00.20	+01.00	+01.30
1184.6	-4.35	-02.40	-02.20	-01.30	-00.95	-00.30	+00.70	+01.50	+01.90
161.5	-3.55	-01.70	-01.50	-00.50	-00.25	+00.40	+01.40	+02.20	+02.50
138.5	-2.45	-00.70	-00.40	+00.50	+00.65	+01.30	+02.30	+03.00	+03.30
115.4	-1.05	+00.70	+00.50	+01.80	+01.95	+02.50	+03.40	+04.10	+04.40
292.3	+0.85	+02.50	+02.70	+03.60	+03.65	+04.10	+05.10	+05.60	+05.90
169.2	+3.75	+05.40	+05.60	+06.30	+06.35	+06.60	+07.50	+07.80	+08.20
46.1	+8.65	+10.80	+10.20	+10.80	+10.65	+10.70	+11.60	+11.60	+12.00

Tableau 132: Evolution du coefficient de d'étalement E en fonction de la température pour l'huile de colza.

A(Å) ² T°C	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	E								
1230.8	-07.09	-05.40	-05.35	-04.21	-03.88	-03.13	-01.70	-01.25	-00.00
1207.7	-06.49	-04.90	-04.85	-03.71	-03.38	-02.63	-01.20	-00.75	-00.00
1184.6	-05.89	-04.20	-04.15	-03.11	-02.78	-02.03	-00.60	-00.25	+00.00
161.5	-05.09	-03.50	-03.35	-02.31	-02.08	-01.33	+00.10	+00.45	+00.00
138.5	-03.99	-02.50	-02.35	-01.31	-01.08	-00.43	+01.00	+01.25	+01.00
115.4	-02.59	-01.10	-01.05	-00.01	+00.22	+00.77	+02.20	+02.35	+02.00
292.3	-00.69	+00.70	+00.85	+01.79	+01.92	+02.47	+03.90	+03.95	+04.00
169.2	+02.21	+03.60	+03.65	+04.59	+04.62	+04.97	+06.40	+06.25	+06.00
46.1	+07.01	+08.20	+08.35	+09.09	+09.02	+09.17	+10.60	+10.15	+10.00

Tableau 133: Evolution du coefficient de d'étalement E en fonction de la température pour l'huile safia.

$A(\text{\AA})^2$	$T^\circ\text{C}$	15	20	25	30	40	50	60	70	80
		E								
1230.8		-07.48	-06.48	-06.75	-05.61	-05.55	-05.15	-04.24	-03.63	-01.00
1207.7		-06.88	-06.38	-06.15	-04.91	-05.05	-04.65	-03.74	-03.13	-01.00
1184.6		-06.28	-05.68	-05.55	-04.41	-04.45	-04.05	-03.14	-02.63	-00.00
161.5		-05.48	-04.88	-04.75	-03.71	-03.65	-03.35	-02.44	-01.93	-00.00
138.5		-04.38	-03.88	-03.75	-02.71	-02.65	-02.45	-01.54	-01.03	+00.00
115.4		-02.98	-02.58	-02.35	-01.31	-01.35	-01.15	-00.24	+00.07	+01.00
292.3		-00.98	-00.68	-00.45	+00.49	+00.45	+00.55	+01.46	+01.67	+02.00
169.2		+01.92	+02.22	+02.45	+03.39	+03.15	+03.15	+04.06	+04.17	+05.00
46.1		+06.82	+06.92	+07.15	+07.99	+07.65	+07.45	+08.36	+08.17	+08.00

Tableau 134: Evolution du coefficient de d'étalement E en fonction de la température pour l'huile de soja.

$A(\text{\AA})^2$	$T^\circ\text{C}$	15	20	25	30	40	50	60	70	80
		E								
1230.8		-4.31	-2.21	-1.80	-0.62	-0.01	1.26	2.95	3.94	6.00
1207.7		-3.81	-1.71	-1.30	-0.12	0.49	1.76	3.45	4.34	6.00
1184.6		-3.11	-1.11	-0.70	0.48	0.99	2.26	3.95	4.84	6.00
161.5		-2.31	-0.31	0.10	1.18	1.69	2.86	4.55	5.44	7.00
138.5		-1.31	0.59	1.00	2.08	2.59	3.76	5.45	6.24	8.00
115.4		-0.01	1.89	2.30	3.38	3.79	4.86	6.55	7.24	8.00
292.3		1.89	3.69	4.10	5.08	5.49	6.46	8.15	8.74	10.00
169.2		4.69	6.39	6.80	7.78	7.99	8.86	10.45	10.84	12.00
46.1		9.39	10.89	11.30	12.08	12.19	12.76	14.35	14.44	15.00

Tableau 135: Evolution du coefficient de d'étalement E en fonction de la température pour l'huile d'olive.

Le coefficient d'étalement est maximum à 80°C pour un minimum de surface offerte et pour une concentration donnée qui est la même pour toutes les substances filmogéniques considérées.

Parmi les huiles étudiées, celle qui donne le coefficient d'étalement positif sur le plus grand domaine est l'huile d'olive.

Cela veut dire que le coefficient d'étalement est favorisé par une température élevée et une surface offerte importante. Cependant, bien que l'isopropanol donne les meilleures valeurs de E, nous ne sommes pas assurés à température élevée de la cohérence du film (gazeux ou liquide). En effet, dans le cas d'un film gazeux les "îlots" formés laisserait "vacantes" des surfaces d'eau en contact avec l'air, et qui pourraient accélérer l'évaporation de l'eau.

Chapitre 7

CINÉTIQUE D'ÉVAPORATION DE L'EAU EN PRÉSENCE DES FILMS MONOMOLÉCULAIRES DES SUBSTANCES CONSIDÉRÉES AUX TEMPÉRATURES RESPECTIVES 30°C, 40°C ET 50°C.

I Introduction:

Dans le but de prévoir le taux d'évaporation de l'eau protégé par un film en fonction de la température, nous avons conçu un dispositif qui permet de mesurer la tension superficielle en fonction de la hauteur de l'eau dans le réservoir et ceci pendant 47 heures (figure 89). Un réservoir carré de dimension (10 * 10cm) est rempli d'eau bidistillée sur laquelle nous versons les solutions d'huile végétale à étudier.

Dans notre cas nous voulons former une couche monomoléculaire, donc les quantités nécessaires pour chaque produit à étudier pour former un film monomoléculaire sont résumées dans le tableau 73.

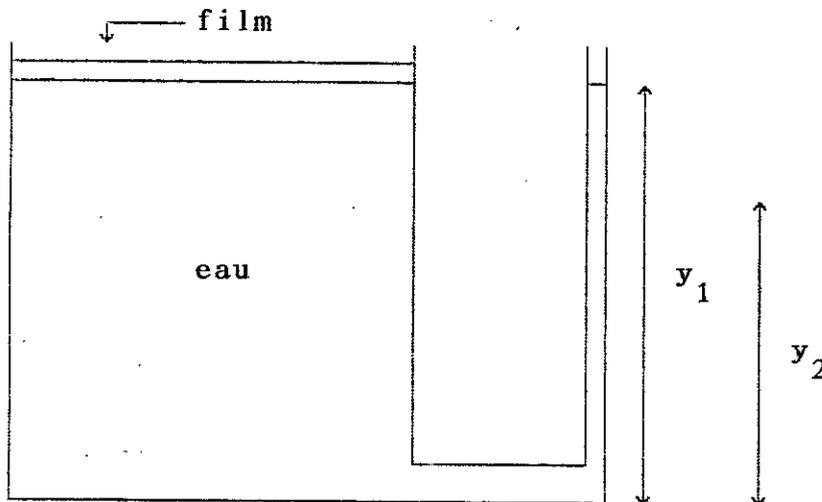


Figure 89 : Représentation schématique de la cuve permettant l'étude de la cinétique de l'évaporation de l'eau .

Nous avons défini α le taux d'évaporation: qui est égal à la quantité évaporé ($y_1 - y_2$) rapportée à la hauteur du réservoir y_1 .

$$\alpha = (y_1 - y_2) / y_1 \quad (46)$$

Nous déterminons tout d'abord le coefficient d'évaporation α pour toutes les substances utilisées et pour les températures suivantes 30°C, 40°C et à 50°C figures 90 à 92. Les résultats sont résumés dans les tableaux 136, 138 et 140.

V.2 Calcul du coefficient d'évaporation α à 30°C:

A partir des valeurs expérimentales et de l'équation précédente nous avons calculé le coefficient d'évaporation α que nous donnons dans le tableau suivant à 30°C.

t(min)	0	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
α EAU.BI	0	2.00%	6.50%	8.00%	11.50%	13.00%	15.00%	17.50%	20.00%	21.00%
α H.R.SO	0	1.80%	5.91%	7.35%	10.68%	12.19%	14.21%	16.75%	19.33%	20.50%
α H.SA	0	1.50%	5.02%	6.37%	09.39%	10.91%	12.92%	15.47%	18.12%	19.50%
α H.R.TR	0	1.50%	5.00%	6.31%	09.29%	10.75%	12.70%	15.15%	17.71%	19.00%
α H.R.CO	0	1.50%	4.98%	6.26%	09.19%	10.60%	12.48%	14.84%	17.29%	18.50%
α H.OL	0	1.50%	4.96%	6.21%	09.08%	10.44%	12.25%	14.53%	16.87%	18.00%
α ISO	0	1.50%	4.69%	5.55%	07.65%	08.64%	09.13%	10.15%	10.70%	11.00%
α CAM	0	1.50%	4.67%	5.50%	07.54%	08.50%	08.90%	09.84%	10.62	10.00%

Tableau 136: Evolution du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 30°C .

L'évaporation la plus importante est observée pour l'huile de soja suivie de l'huile de safia, l'huile de tournesol, l'huile de colza ensuite l'huile d'olive (gain de 3/21 soit 15% par rapport à l'isopropanol 48% et le camphre 50%).

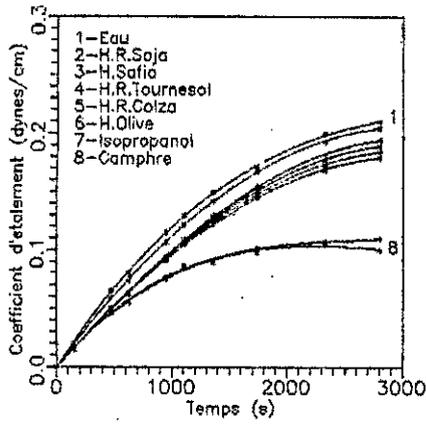


Fig. 80: Evolution du coefficient d'évaporation des substances utilisées à 30 C en fonction du temps.

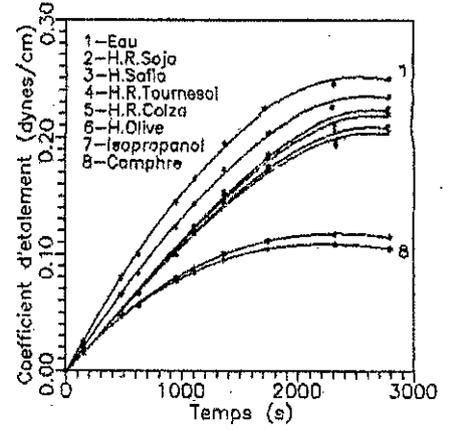


Fig. 91: Evolution du coefficient d'évaporation des substances utilisées à 40 C en fonction du temps.

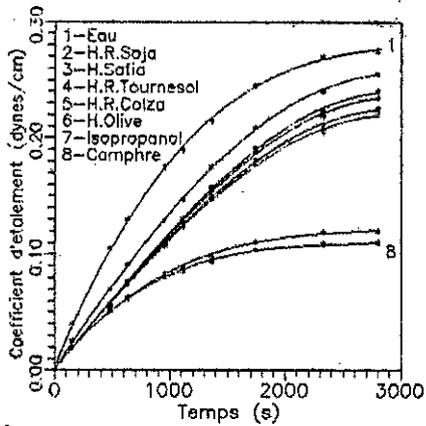


Fig. 83: Evolution du coefficient d'évaporation des substances utilisées à 50 C en fonction du temps.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les substances, et l'équation permettant de les représenter est sous la forme d'un polynôme.

$$\alpha = B * t^3 + D * t^2 + F * t + I \quad (42)$$

B, D, F et I constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 42 pour les différents échantillons (tableau 137).

Substance	B	D	F	I
EAU.BI	2.184 10 ⁻¹²	-3.297 10 ⁻⁸	1.506 10 ⁻⁴	-7.849 10 ⁻⁴
H.OL	-4.465 10 ⁻¹³	-1.983 10 ⁻⁸	1.323 10 ⁻⁴	-6.418 10 ⁻⁴
H.R.CO	-2.210 10 ⁻¹²	-8.204 10 ⁻⁹	1.099 10 ⁻⁴	-7.288 10 ⁻⁴
H.R.SO	-1.852 10 ⁻¹²	-9.820 10 ⁻⁹	1.099 10 ⁻⁴	-6.824 10 ⁻⁴
H.R.TR	-1.463 10 ⁻¹²	-1.159 10 ⁻⁸	1.100 10 ⁻⁴	-6.543 10 ⁻⁴
H.SA	-1.091 10 ⁻¹²	-1.326 10 ⁻⁸	1.100 10 ⁻⁴	-6.016 10 ⁻⁴
ISO	5.588 10 ⁻¹²	-4.351 10 ⁻⁸	1.175 10 ⁻⁴	-8.048 10 ⁻⁴
CAM	3.743 10 ⁻¹²	-3.726 10 ⁻⁸	1.110 10 ⁻⁴	-4.079 10 ⁻⁵

Tableau 137: Constantes B, D, F et I caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 30°C.

V.3 Calcul du coefficient d'évaporation α à 40°C:

t(min)	0	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
$\alpha_{EAU.BI}$	0	2.50%	8.00%	10.0%	14.50%	16.50%	19.50%	22.50%	24.50%	25.00%
$\alpha_{H.SO}$	0	2.00%	6.54%	8.35%	12.36%	14.35%	17.30%	20.36%	22.60%	23.50%
$\alpha_{H.SA}$	0	1.50%	5.10%	6.75%	10.33%	12.37%	15.35%	18.56%	21.13%	22.50%
$\alpha_{H.R.TR}$	0	1.50%	5.08%	6.70%	10.22%	12.21%	15.11%	18.22%	20.70%	22.00%
$\alpha_{H.R.CO}$	0	1.50%	5.04%	6.60%	10.00%	11.88%	14.62%	17.55%	19.84%	21.00%
$\alpha_{H.OL}$	0	1.50%	5.02%	6.55%	9.89%	11.71%	14.38%	17.21%	19.41%	20.50%
α_{ISO}	0	1.50%	4.66%	5.65%	7.94%	8.74%	10.04%	11.13%	11.70%	11.50%
α_{CAM}	0	1.50%	4.62%	5.55%	7.72%	8.41%	9.50%	10.46%	10.84%	10.50%

Tableau 138: Evolution du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 40°C.

L'évaporation est importante; la formation de film est efficace et on constate un gain relatif plus important pour les huiles que pour l'isopropanol et le camphre.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les substances, et l'équation permettant de les représenter est sous forme d'un polynôme de la forme:

$$\alpha = B * t^3 + D * t^2 + F * t + I \quad (42)$$

B, D, F et I constantes caractéristiques de la substance étudié qui ont été calculées par l'équation 42 pour les différents échantillons (tableau 139).

Substance	B	D	F	I
EAU.BI	-2.678 10^{-12}	-2.538 10^{-8}	1.811 10^{-4}	-1.132 10^{-3}
H.OL	-5.452 10^{-12}	-6.162 10^{-9}	1.4366 10^{-4}	-1.190 10^{-3}
H.R.CO	-8.708 10^{-12}	1.509 10^{-8}	1.060 10^{-4}	-1.297 10^{-3}
H.R.SO	-8.225 10^{-12}	1.302 10^{-8}	1.062 10^{-4}	-1.264 10^{-3}
H.R.TR	-7.285 10^{-12}	9.012 10^{-9}	1.065 10^{-4}	-1.178 10^{-3}
H.SA	-6.809 10^{-12}	6.987 10^{-9}	1.067 10^{-4}	-1.134 10^{-3}
ISO	1.697 10^{-12}	-2.938 10^{-8}	1.100 10^{-4}	-4.120 10^{-4}
CAM	2.666 10^{-12}	-3.344 10^{-8}	1.102 10^{-4}	-2.975 10^{-4}

Tableau 139: Constantes B, D, F et I caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 40°C.

V.4 Calcul du coefficient d'évaporation α à 50°C.

t(min)	0	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
$\alpha_{\text{EAU.BI}}$	0	4.0%	10.50%	13.00%	17.50%	19.00%	21.50%	24.50%	27.00%	27.50%
$\alpha_{\text{H.SO}}$	0	2.5%	06.96%	09.10%	12.92%	14.74%	17.50%	20.87%	24.02%	25.50%
$\alpha_{\text{H.SA}}$	0	2.0%	05.74%	07.71%	11.19%	13.04%	15.76%	19.10%	22.30%	24.00%
$\alpha_{\text{H.R.TR}}$	0	2.0%	05.71%	07.65%	11.07%	12.87%	15.51%	18.76%	21.88%	23.50%
$\alpha_{\text{H.R.CO}}$	0	2.0%	05.66%	07.53%	10.84%	12.52%	15.02%	18.10%	21.02%	22.50%
$\alpha_{\text{H.OL}}$	0	2.0%	05.64%	07.47%	10.72%	12.35%	14.78%	17.76%	20.58%	22.00%
α_{ISO}	0	2.0%	05.16%	06.29%	08.33%	08.89%	09.89%	11.08%	11.92%	12.00%
α_{CAM}	0	2.0%	05.12%	06.17%	08.09%	08.55%	09.40%	10.41%	10.93%	11.00%

Tableau 140: Evolution du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 50°C.

Le gain est encore plus important à la température de 50°C. Il est de l'ordre $5.5/25.5=20\%$ pour l'huile d'olive alors qu'on constate une stagnation du coefficient d'évaporation de l'isopropanol qui passe de 54% (à 40°C) à 56% (à 50°C).

L'allure générale est la même pour toutes les substances, et l'équation permettant de les représenter est:

$$\alpha = B \cdot t^3 + D \cdot t^2 + F \cdot t + I \quad (42)$$

B, D, F et I constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont été calculées par l'équation 42 pour les différents échantillons (tableau 141).

Substance	B	D	F	I
EAU.BI	$7.489 \cdot 10^{-12}$	$-7.276 \cdot 10^{-8}$	$2.426 \cdot 10^{-4}$	$2.832 \cdot 10^{-4}$
H.OL	$-2.317 \cdot 10^{-13}$	$-1.585 \cdot 10^{-8}$	$1.531 \cdot 10^{-4}$	$8.259 \cdot 10^{-4}$
H.R.CO	$-4.834 \cdot 10^{-12}$	$-6.706 \cdot 10^{-11}$	$1.233 \cdot 10^{-4}$	$2.342 \cdot 10^{-4}$
H.R.SO	$-4.435 \cdot 10^{-12}$	$-1.741 \cdot 10^{-9}$	$1.231 \cdot 10^{-4}$	$2.974 \cdot 10^{-4}$
H.R.TR	$-3.615 \cdot 10^{-12}$	$-5.226 \cdot 10^{-9}$	$1.228 \cdot 10^{-4}$	$4.103 \cdot 10^{-4}$
H.SA	$-3.148 \cdot 10^{-12}$	$-7.199 \cdot 10^{-9}$	$1.229 \cdot 10^{-4}$	$4.516 \cdot 10^{-4}$
ISO	$5.398 \cdot 10^{-12}$	$-4.335 \cdot 10^{-8}$	$1.216 \cdot 10^{-4}$	$1.530 \cdot 10^{-3}$
CAM	$6.615 \cdot 10^{-12}$	$-4.847 \cdot 10^{-8}$	$1.228 \cdot 10^{-4}$	$1.489 \cdot 10^{-3}$

Tableau 141: Constantes B, D, F et I caractérisant l'équation représentant la variation du coefficient d'évaporation α des substances en fonction du temps t à une température T de 50°C.

La résistance totale qui s'oppose à l'évaporation de l'eau se compose de deux parties:

- a) Résistance due à la couche monomoléculaire;
- b) Résistance due à la vapeur qui surmonte le liquide.

La résistance offerte par des films est fonction de la forme des molécules qui les composent: par exemple, les films détendus d'acide oléique présentent une résistance environ cinq fois plus élevée que les films condensés d'acide stéarique. Les films d'alcool cétylique offrent une résistance tellement importante qu'elle devient sensible même si la pression au dessus du film est la pression atmosphérique [82].

Le camphre et l'isopropanol demeurent cependant des retardateurs d'évaporation les plus importants. L'efficacité des huiles végétales ne semble pas être très importante à température

ambiante, par contre à température élevée, elle est meilleure, et surtout en terme de coût, l'utilisation de substances filmogéniques telles que les huiles étant plus rentable que que l'utilisation de l'isopropanol et le camphre, indépendamment de l'aspect biologique (problème de dissolution du camphre dans l'eau).

EFFICACITE DES FILMS MONOMOLECULAIRES DES HUILES VEGETALES.

I INTRODUCTION:

Dans le but de nous rendre compte de la cohérence des différents films d'huiles végétales, nous avons étudié l'évolution de la tension superficielle, en fonction du temps et à différentes températures, d'huiles végétales (raffinées et non raffinées) figures 93 à 100, les résultats sont portés sur les courbes, pour une concentration de $2 \cdot 10^{-5} \text{ g/100 cm}^2$.

L'appareillage utilisé est du même type que le précédent: nous prenons un réservoir carré de dimension (10*10cm) plein d'eau bidistillée sur laquelle nous versons des solutions d'huiles végétales à étudier.

Dans notre cas nous voulons former une couche monomoléculaire, pour pouvoir étudier la variation de la tension superficielle, en fonction du temps et en fonction de la température, donc les quantités nécessaires pour chaque produit à étudier pour former un film monomoléculaire sont résumées dans le tableau 73.

II Cas des huiles végétales raffinées:

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	49.0	48.9	48.6	48.0	47.9	47.6	47.5	47.4	47.3	47.2	47.2
20	47.9	47.8	47.5	46.9	46.8	46.5	46.4	46.3	46.2	46.1	46.1
25	47.5	47.4	47.1	46.5	46.4	46.1	46.0	45.9	45.8	45.7	45.7
30	46.6	46.5	46.2	45.6	45.5	45.2	45.1	45.0	44.9	44.8	44.8
40	45.7	45.6	45.3	44.7	44.6	44.3	44.2	44.1	43.9	43.8	43.7
50	44.5	44.4	44.1	43.5	43.4	43.1	43.0	42.9	42.7	42.6	42.5
60	44.0	43.9	43.6	43.0	42.8	42.5	42.4	42.3	42.1	41.9	41.8
70	42.6	42.5	42.2	41.6	41.4	41.1	41.0	40.9	40.7	40.5	40.4
80	42.3	42.2	41.9	41.3	41.1	40.8	40.7	40.6	40.4	40.2	40.1

Tableau 142: Evolution de la tension superficielle d'huile safia en fonction du temps et en fonction de la température.

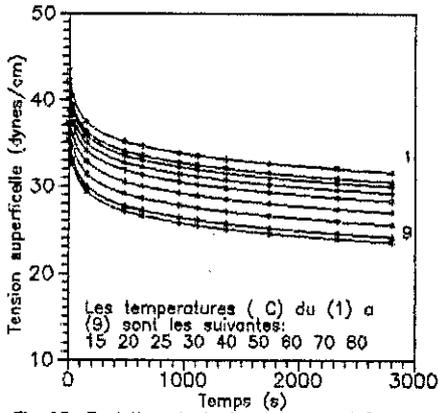


Fig 93: Evolution de la tension superficielle d'huile non raffinée de Tournesol en fonction du temps et à différentes températures.

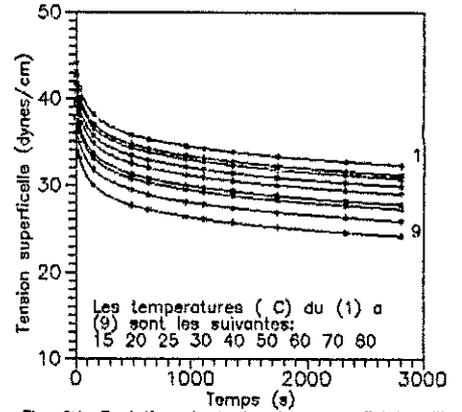


Fig. 94: Evolution de la tension superficielle d'huile non raffinée de Soja en fonction du temps et à différentes températures.

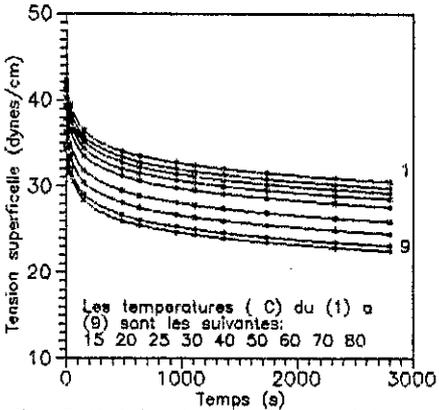


Fig. 95: Evolution de la tension superficielle d'huile non raffinée de Colza en fonction du temps et à différentes températures.

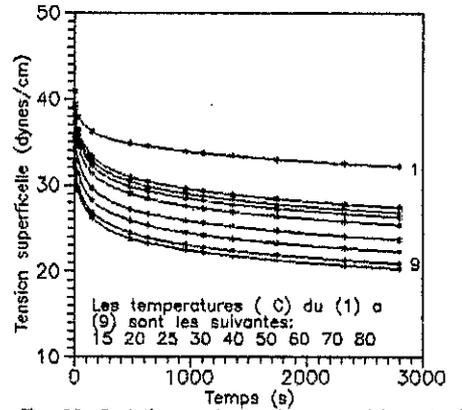


Fig. 96: Evolution de la tension superficielle d'huile d'Olive en fonction du temps et à différentes températures.

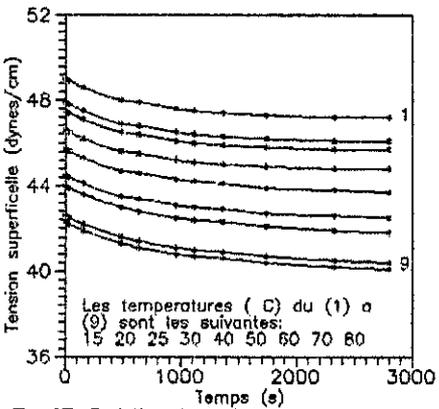


Fig. 97: Evolution de la tension superficielle d'huile raffinée de Safia en fonction du temps et à différentes températures.

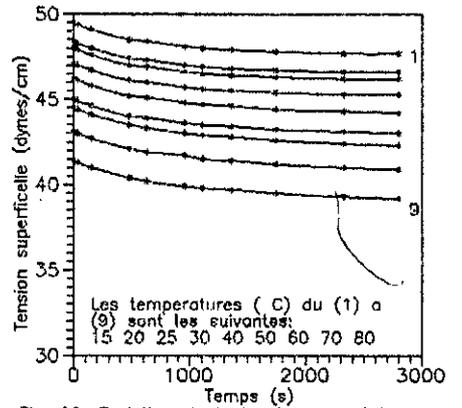


Fig. 98: Evolution de la tension superficielle d'huile raffinée de Soja en fonction du temps et à différentes températures.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	48.4	48.3	48.0	47.4	47.3	47.0	46.9	46.8	46.7	46.6	46.6
20	47.3	47.2	46.9	46.3	46.2	45.9	45.8	45.7	45.6	45.5	45.5
25	46.9	46.8	46.5	45.9	45.8	45.5	45.4	45.3	45.2	45.1	45.1
30	46.0	45.9	45.6	45.0	44.9	44.6	44.5	44.4	44.3	44.2	44.2
40	45.1	45.0	44.7	44.1	44.0	43.7	43.6	43.5	43.3	43.2	43.1
50	43.9	43.8	43.5	42.9	42.8	42.5	42.4	42.3	42.1	42.0	41.9
60	43.4	43.3	43.0	42.4	42.2	42.0	41.8	41.7	41.5	41.3	41.2
70	42.0	41.9	41.6	41.0	40.8	40.6	40.4	40.3	40.1	39.9	39.8
80	41.7	41.6	41.3	40.7	40.5	40.2	40.1	40.0	39.8	39.8	39.5

Tableau 143: Evolution de la tension superficielle d'huile de colza en fonction du temps et en fonction de la température.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	48.8	48.7	48.4	47.8	47.7	47.4	47.3	47.2	47.1	47.0	47.0
20	47.7	47.6	47.3	46.7	46.6	46.3	46.2	46.1	46.0	45.9	45.9
25	47.2	47.1	46.8	46.2	46.1	45.8	45.7	45.6	45.5	45.4	45.4
30	46.4	46.3	46.0	45.4	45.3	45.0	44.9	44.8	44.7	44.6	44.6
40	45.5	45.4	45.1	44.5	44.4	44.1	44.0	43.9	43.7	43.6	43.5
50	44.2	44.1	43.8	43.2	43.1	42.8	42.7	42.6	42.4	42.3	42.2
60	42.8	42.7	42.4	41.8	41.6	41.3	41.2	41.1	40.9	40.7	40.6
70	41.4	41.3	41.0	40.4	40.2	39.9	39.8	39.7	39.5	39.3	39.2
80	40.8	40.7	40.4	39.8	39.6	39.4	39.2	39.1	38.9	38.7	38.6

Tableau 144: Evolution de la tension superficielle d'huile de tournesol en fonction du temps et en fonction de la température.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	49.5	49.4	49.1	48.5	48.4	48.1	48.0	47.9	47.8	47.7	47.7
20	48.4	48.3	48.0	47.4	47.3	47.0	46.9	46.8	46.7	46.6	46.6
25	48.0	47.9	47.6	47.0	46.9	46.6	46.5	46.4	46.3	46.2	46.2
30	47.1	47.0	46.7	46.1	46.0	45.7	45.6	45.5	45.4	45.3	45.3
40	46.2	46.1	45.8	45.2	45.1	44.8	44.7	44.6	44.4	44.3	44.2
50	45.0	44.9	44.6	44.0	43.9	43.6	43.5	43.4	43.2	43.1	43.0
60	44.5	44.4	44.1	43.5	43.3	43.0	42.9	42.8	42.6	42.4	42.3
70	43.1	43.0	42.7	42.1	41.9	41.7	41.5	41.4	41.2	41.0	40.9
80	41.4	41.3	41.0	40.4	40.2	39.9	39.8	39.7	39.5	39.3	39.2

Tableau 145: Evolution de la tension superficielle d'huile de SOJA en fonction du temps et en fonction de la température.

B, D et F constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont été calculées par l'équation 43 pour les différents échantillons (tableaux 146 à 149).

T (°C)	B	D	F
15	-3.935 10 ⁻²⁸	2.256 10 ⁻²⁴	6.403 10 ⁻²²
20	-1.182 10 ⁻²⁷	6.779 10 ⁻²⁴	1.923 10 ⁻²¹
25	-1.949 10 ⁻²⁷	1.117 10 ⁻²³	3.171 10 ⁻²¹
30	-4.338 10 ⁻²⁷	2.487 10 ⁻²³	7.059 10 ⁻²¹
40	-7.671 10 ⁻²⁷	6.109 10 ⁻²³	1.736 10 ⁻²⁰
50	-2.815 10 ⁻²⁶	2.242 10 ⁻²²	6.370 10 ⁻²⁰
60	-5.965 10 ⁻²⁶	9.074 10 ⁻²²	2.583 10 ⁻¹⁹
70	-2.419 10 ⁻²⁵	3.680 10 ⁻²¹	1.047 10 ⁻¹⁸
80	-4.408 10 ⁻²⁵	6.705 10 ⁻²¹	1.909 10 ⁻¹⁸

TABLEAU 146: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de tournesol en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	-1.954 10 ⁻²⁸	1.120 10 ⁻²⁴	3.180 10 ⁻²²
20	-5.870 10 ⁻²⁸	3.367 10 ⁻²⁴	9.553 10 ⁻²²
25	-8.758 10 ⁻²⁸	5.022 10 ⁻²⁴	1.425 10 ⁻²¹
30	-2.154 10 ⁻²⁷	1.235 10 ⁻²³	3.505 10 ⁻²¹
40	-3.809 10 ⁻²⁷	3.034 10 ⁻²³	8.621 10 ⁻²¹
50	-1.264 10 ⁻²⁶	1.007 10 ⁻²²	2.862 10 ⁻²⁰
60	-1.089 10 ⁻²⁶	1.658 10 ⁻²²	4.719 10 ⁻²⁰
70	-4.419 10 ⁻²⁶	6.722 10 ⁻²²	1.914 10 ⁻¹⁹
80	-2.419 10 ⁻²⁵	3.680 10 ⁻²¹	1.047 10 ⁻¹⁸

TABLEAU 147: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de soja en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	-3.222 10 ⁻²⁸	1.847 10 ⁻²⁴	5.243 10 ⁻²²
20	-9.679 10 ⁻²⁸	5.550 10 ⁻²⁴	1.575 10 ⁻²¹
25	-1.444 10 ⁻²⁷	8.280 10 ⁻²⁴	2.349 10 ⁻²¹
30	-3.551 10 ⁻²⁷	2.036 10 ⁻²³	5.779 10 ⁻²¹
40	-6.280 10 ⁻²⁷	5.002 10 ⁻²³	1.421 10 ⁻²⁰
50	-2.085 10 ⁻²⁶	1.660 10 ⁻²²	4.719 10 ⁻²⁰
60	-1.796 10 ⁻²⁶	2.733 10 ⁻²²	7.781 10 ⁻²⁰
70	-7.286 10 ⁻²⁶	1.108 10 ⁻²¹	3.155 10 ⁻¹⁹
80	-9.835 10 ⁻²⁶	1.496 10 ⁻²¹	4.259 10 ⁻¹⁸

TABLEAU 148: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de safia en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	-5.870 10 ⁻²⁸	3.367 10 ⁻²⁴	9.553 10 ⁻²²
20	-1.763 10 ⁻²⁷	1.011 10 ⁻²³	2.870 10 ⁻²¹
25	-2.631 10 ⁻²⁷	1.509 10 ⁻²³	4.281 10 ⁻²¹
30	-6.471 10 ⁻²⁷	3.711 10 ⁻²²	1.053 10 ⁻²⁰
40	-1.144 10 ⁻²⁶	9.114 10 ⁻²²	2.590 10 ⁻²⁰
50	-3.799 10 ⁻²⁶	3.026 10 ⁻²²	8.599 10 ⁻²⁰
60	-3.274 10 ⁻²⁶	4.980 10 ⁻²²	1.418 10 ⁻¹⁹
70	-1.327 10 ⁻²⁵	2.019 10 ⁻²¹	5.749 10 ⁻¹⁹
80	-1.792 10 ⁻²⁵	2.726 10 ⁻²¹	7.761 10 ⁻¹⁹

TABLEAU 149: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de colza en fonction de la température et du temps.

III Cas des huiles végétales non raffinées:

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	44.1	41.2	38.1	35.8	35.3	34.5	34.2	33.8	33.3	32.7	32.3
20	43.0	40.1	37.0	34.7	34.2	33.4	33.1	32.7	32.2	31.6	31.2
25	42.6	39.7	36.6	34.3	33.8	33.0	32.7	32.3	31.8	31.2	30.8
30	41.7	38.8	35.7	33.4	32.9	32.1	31.8	31.4	30.9	30.3	29.9
40	40.8	37.9	34.8	32.5	32.0	31.2	30.9	30.5	30.0	29.4	29.0
50	39.6	36.7	33.6	31.3	30.8	30.0	29.7	29.3	28.8	28.2	27.8
60	39.1	36.2	33.1	30.8	30.3	29.5	29.2	28.8	28.3	27.7	27.3
70	37.7	34.8	31.8	29.5	28.9	28.1	27.8	27.4	26.9	26.3	25.9
80	36.0	33.1	30.0	27.7	27.2	26.4	26.1	25.7	25.2	24.6	24.2

Tableau 150: Evolution de la tension superficielle d'huile de SOJA non raffinée en fonction du temps et en fonction de la température.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	43.4	40.5	37.4	35.1	34.6	33.8	33.5	33.1		32.6	31.6
20	42.3	39.4	36.3	34.0	33.5	32.7	32.4	32.0	31.5	30.9	30.5
25	41.8	38.9	35.8	33.5	33.0	32.2	31.9	31.5	31.0	30.4	30.0
30	41.0	38.1	35.0	32.7	32.2	31.4	31.1	30.7	30.2	29.6	29.2
40	40.1	37.2	34.1	31.8	31.3	30.5	30.2	29.8	29.3	28.7	28.3
50	38.8	35.9	32.8	30.5	30.0	29.2	28.9	28.5	28.0	27.4	27.0
60	37.4	34.5	31.4	29.1	28.6	27.8	27.5	27.1	26.6	26.0	25.6
70	36.0	33.1	30.0	27.7	27.2	26.4	26.1	25.7	25.2	24.6	24.2
80	35.4	32.5	29.4	27.1	26.6	25.8	25.5	25.1	24.6	24.0	23.6

Tableau 151: Evolution de la tension superficielle d'huile de tournesol non raffinée en fonction du temps et en fonction de la température.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	42.3	39.5	36.4	34.0	33.5	32.7	32.4	32.0	31.5	30.9	30.5
20	41.6	38.8	35.7	33.4	32.8	32.0	31.7	31.3	30.8	30.2	29.8
25	41.1	38.2	35.1	32.8	32.2	31.4	31.1	30.7	30.2	29.6	29.2
30	40.3	37.5	34.4	32.0	31.5	30.7	30.4	30.0	29.5	28.9	28.5
40	39.4	36.6	33.5	31.2	30.6	29.8	29.5	29.1	28.6	28.0	27.6
50	37.7	34.9	31.8	29.5	28.9	28.1	27.8	27.4	26.9	26.3	25.9
60	36.3	33.5	30.4	28.1	27.5	26.7	26.4	26.0	25.5	24.9	24.5
70	34.9	32.1	29.0	26.7	26.1	25.3	25.0	24.6	24.1	23.5	23.1
80	34.3	31.5	28.4	26.0	25.5	24.7	24.4	24.0	23.5	22.9	22.5

Tableau 152: Evolution de la tension superficielle d'huile de COLZA non raffinée en fonction du temps et en fonction de la température.

t(min)	0	30	150	480	630	955	1110	1360	1740	2325	2800
T(°C)	γ (dynes/cm)										
15	40.9	37.9	36.2	34.8	34.5	33.9	33.7	33.4	33.0	32.5	32.2
20	39.4	36.4	33.3	30.9	30.4	29.6	29.3	28.9	28.4	27.8	27.4
25	38.9	35.8	32.7	30.4	29.8	29.0	28.7	28.3	27.8	27.2	26.8
30	38.1	35.3	32.2	29.8	29.3	28.5	28.2	27.8	27.3	26.7	26.3
40	37.2	34.4	31.3	29.0	28.4	27.6	27.3	26.9	26.4	25.8	25.4
50	35.5	32.7	29.6	27.2	26.7	25.9	25.6	25.2	24.7	24.1	23.7
60	34.1	31.3	28.2	25.9	25.3	24.5	24.2	23.8	23.3	22.7	22.3
70	32.7	29.9	26.8	24.5	23.9	23.1	22.8	22.4	21.9	21.3	20.9
80	32.1	29.3	26.2	23.8	23.3	22.5	22.2	21.8	21.3	20.7	20.3

Tableau 153: Evolution de la tension superficielle d'huile d'olive en fonction du temps et en fonction de la température.

B, D et F constantes caractéristiques de la substance étudiée qui ont été calculées par l'équation 43 pour les différents échantillons (tableaux 154 à 157).

T (°C)	B	D	F
15	8.993 10 ⁻²²	1.072 10 ⁻¹⁸	1.727 10 ⁻¹⁸
20	1.517 10 ⁻¹⁹	3.734 10 ⁻¹⁹	7.741 10 ⁻¹⁸
25	2.764 10 ⁻¹⁹	7.261 10 ⁻¹⁹	1.276 10 ⁻¹⁷
30	4.559 10 ⁻¹⁹	9.463 10 ⁻¹⁹	2.840 10 ⁻¹⁷
40	1.121 10 ⁻¹⁸	2.327 10 ⁻¹⁸	6.986 10 ⁻¹⁷
50	6.138 10 ⁻¹⁸	1.274 10 ⁻¹⁷	3.824 10 ⁻¹⁶
60	2.489 10 ⁻¹⁷	5.167 10 ⁻¹⁷	1.551 10 ⁻¹⁵
70	1.009 10 ⁻¹⁶	2.095 10 ⁻¹⁶	6.289 10 ⁻¹⁵
80	1.839 10 ⁻¹⁶	3.818 10 ⁻¹⁶	1.146 10 ⁻¹⁴

TABLEAU 154: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile d'olive en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	6.836 10 ⁻²¹	1.419 10 ⁻²⁰	4.259 10 ⁻¹⁹
20	1.377 10 ⁻²⁰	2.857 10 ⁻²⁰	8.577 10 ⁻¹⁹
25	2.508 10 ⁻²⁰	5.714 10 ⁻²⁰	1.414 10 ⁻¹⁸
30	5.051 10 ⁻²⁰	1.048 10 ⁻¹⁹	3.147 10 ⁻¹⁸
40	1.242 10 ⁻¹⁹	2.579 10 ⁻¹⁹	7.741 10 ⁻¹⁸
50	6.801 10 ⁻¹⁹	1.412 10 ⁻¹⁸	4.237 10 ⁻¹⁷
60	2.758 10 ⁻¹⁸	5.725 10 ⁻¹⁸	1.718 10 ⁻¹⁶
70	1.118 10 ⁻¹⁷	2.321 10 ⁻¹⁷	6.968 10 ⁻¹⁶
80	2.038 10 ⁻¹⁷	4.230 10 ⁻¹⁷	1.269 10 ⁻¹⁵

TABLEAU 155: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de colza non raffinée en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	1.127 10 ⁻²¹	6.496 10 ⁻²¹	7.040 10 ⁻²⁰
20	3.385 10 ⁻²¹	1.951 10 ⁻²⁰	2.115 10 ⁻¹⁹
25	5.050 10 ⁻²¹	2.911 10 ⁻²⁰	3.155 10 ⁻¹⁹
30	1.242 10 ⁻²⁰	7.161 10 ⁻²⁰	7.761 10 ⁻¹⁹
40	3.055 10 ⁻²⁰	1.761 10 ⁻¹⁹	1.909 10 ⁻¹⁸
50	1.014 10 ⁻¹⁹	5.847 10 ⁻¹⁹	6.338 10 ⁻¹⁸
60	1.672 10 ⁻¹⁹	9.641 10 ⁻¹⁹	1.045 10 ⁻¹⁷
70	6.782 10 ⁻¹⁹	3.909 10 ⁻¹⁸	4.237 10 ⁻¹⁷
80	3.713 10 ⁻¹⁸	2.140 10 ⁻¹⁷	2.319 10 ⁻¹⁶

TABLEAU 156: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de soja non raffinée en fonction de la température et du temps.

T (°C)	B	D	F
15	2.269 10 ⁻²¹	1.308 10 ⁻²⁰	1.418 10 ⁻¹⁹
20	6.818 10 ⁻²¹	3.930 10 ⁻²⁰	4.259 10 ⁻¹⁹
25	1.124 10 ⁻²⁰	6.479 10 ⁻²⁰	7.022 10 ⁻¹⁹
30	2.501 10 ⁻²⁰	1.442 10 ⁻¹⁹	1.563 10 ⁻¹⁸
40	6.153 10 ⁻²⁰	3.547 10 ⁻¹⁹	3.844 10 ⁻¹⁸
50	2.257 10 ⁻¹⁹	1.301 10 ⁻¹⁸	1.410 10 ⁻¹⁷
60	9.155 10 ⁻¹⁹	5.277 10 ⁻¹⁸	5.720 10 ⁻¹⁷
70	3.713 10 ⁻¹⁸	2.140 10 ⁻¹⁷	2.319 10 ⁻¹⁶
80	6.765 10 ⁻¹⁸	3.900 10 ⁻¹⁷	4.226 10 ⁻¹⁶

TABLEAU 157: Constantes B, D et F caractérisant l'équation représentant la variation de la tension superficielle d'huile de tournesol non raffinée en fonction de la température et du temps.

L'allure générale des courbes est la même pour toutes les isothermes, et l'équation permettant de les représenter est:

$$\gamma = - \ln(B * t + D * t + F) \tag{58}$$

Probablement l'oxydation des huiles végétales, quelles soient raffinées ou non raffinées, peut influencer l'évolution de

leur tension superficielle en fonction du temps. Nous constatons que pour les huiles végétales raffinées la tension superficielle varie peu ou pas en fonction du temps (figures 97 à 100). Dans le cas des huiles végétales non raffinées (figures 93 à 96) deux paramètres importants peuvent influencer la diminution de la tension superficielle en fonction du temps, ce sont les sels et la présence des impuretés. Selon certains auteurs les monoglycérides sont capable de diminuer la tension superficielle du système eau-huiles végétales [83].

Conclusion:

Le travail que nous avons entrepris a concerné l'étude de retardateurs d'évaporation (nous avons étudié le comportement filmogénique de 5 huiles différentes, du camphre et de l'isopropanone.)

Dans un premier temps, nous avons analysé les huiles (ENCG), selon les normes d'analyse d'entreprise, mise à part l'huile d'olive qui présente un bon indice d'acide les autres propriétés n'étaient pas capables de discriminer ces huiles.

Dans une deuxième étape, nous avons étudié l'abaissement de la tension superficielle de différentes solutions aqueuses d'huile, nous avons alors déterminé des réseaux de courbes $\gamma = f(C)$ et $\gamma = g(T)$ pour chaque huile, ce qui nous a permis de déterminer des corrélations empiriques utiles.

Nous avons, ensuite, calculé les tensions superficielles et déterminé Γ_{\max} , qui permet le calcul de l'aire superficielle, cette aire est pratiquement la même pour toutes les huiles, ce qui suggère que les molécules se mettent debout à la surface de l'eau, la partie hydrophile (groupement fonctionnel dans l'eau) et la chaîne hydrocarbonée hors de l'eau.

Il nous a paru aussi important de déterminer le W_{adh} et le W_{Coh} de chaque huile.

Nous avons alors montré que le coefficient d'étalement était de loin meilleure pour l'huile d'olive par rapport aux autres huiles, il demeure cependant plus faible que celui du camphre ou l'isopropanol (théorique). E augmente avec la température ce qui explique que la molécule occupe plus d'espace d'ailleurs l'aire augmente avec la concentration et la température.

Dans une autre série d'expériences, nous avons déterminé le facteur de compressibilité et les résultats obtenus sont tout à faits cohérents, nous avons alors déterminé les coefficients de compressibilité isotherme le meilleur était celui de camphre et de l'isopropanol, les autres étant de même ordre et le coefficient de dilatation qui ne peut pas séparer entre les comportements de différents substances.

Nous avons enfin conçu un dispositif pour mesurer la cinétique d'évaporation de l'eau en présence de différentes substances filmogéniques la supériorité du camphre et de l'isopropanol est évidente, mais l'huile d'olive permet une évaporation uniquement de 20 %, de plus elle ne présente pas de danger, autant que le camphre (substance cancérigène) et enfin elle est disponible.

Nous pouvons donc proposer que les huiles filmogéniques peuvent valablement donner l'évaporation de l'eau dans les zones arides et ceci à très faible concentration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CHITOUR .S.E : "Physico-chimie des surfaces", Volume 1, Office des publications universitaires, 1992.
- [2] JEAN DAILLANT : "Deux cas de films minces: L'étalement de polymères sur différentes surfaces et les monocouches d'amphiphiles sur l'eau, une étude par rayons X aux incidences rasantes", Thèse présentée à l'université de PARIS-SUD centre d'ORSAY, pour obtenir le grade de docteur en Es-Sciences, 1989.
- [3] ANILKUMAR.G.GAONKAR, SUSHILENDRA.S.KATTI: "Surface viscosities and pressure-area isotherms of mixed monolayers of hexadecoxy ethanol with docosanoxy propanol and docosanoxy ethanol with hexadecoxy propanol at 25°C" Journal of Colloid and Interface Science Volume 69, n°3, May 1979.
- [4] PUGGELLI.M, GABRIELLI.G, CAMINATI.G: "Polypeptides mixed monolayers: Collapse mechanism" Colloid and Polymer Science, N°267, Pages 65-70, 1989.
- [5] ANILKUMAR G. GAONKAR, SUSHILENDRA S. KATTI: "The effect of substrate pH on some monomolecular film properties of hexadecanol and hexadecoxy ethanol, propanol, and butanol monolayers" Journal of Colloid and Interface Science, Volume 73, N°2, february 1980.
- [6] MÖHWALD .H: "Control of intra-and intermolecular coupling in LB films" Molecular Electronic Devices, Pages 507-518, 1988.
- [7] OTHMAN BOULOUSSA, MONIQUE DUPEYRAT: "Chiral discrimination in n-tetradecanoylalanine and n-tetradecanoylalanine/ditetradecanoylphosphatidylcholine monolayers" Biochimica and Biophysica Acta, N°938, pages 395-402, 1988.
- [8] GABRIELLI.G, A.NICCOLAI, L.DEI: "Monolayers of stearic acid esters at the air-water interface: two dimensional phases and miscibility" Colloid and Polymer Science, N°264, Pages 972-981, 1986.
- [9] BAGLIONI.P, CARLA.M, DEI.L, MARTINI.E: "Interaction between α -poly(γ -methyl-L-glutamate) and 5-and 16-doxyl stearic acids : a monolayer and ESR study" The Journal of Physical Chemistry, volume 91, N°6, Pages 1460-1465, 1987.
- [10] ANILKUMAR G.GAONKAR: "The effect of substrate ph on some monomolecular film properties of hexadecanol, and hexadecoxy ethanol, propanol and butanol monolayers" Journal of Colloid and Interface Science, volume 73, N°2, february 1980.

- [11] MÖBIUS .D, MOHWALD .H: "Structural characterization of monolayers at the air-water interface" Advanced Materials, Volume 3, N°1, 1991.
- [12] MOHWALD .H: "Phospholipid and phospholipid-protein monolayers at the air/water interface" Annual Reviews INC, Pages 441-476, 1990.
- [13] HAAS .H , MÖHWALD .H : "Specific and unspecific binding of concanavalin A at monolayer surfaces", Thin solid films, N°180, Page 101-110, 1989.
- [14] HECKL .W.M , THOMPSON .M , MOHWALD .H : "Fluorescence and electron microscopic study of lectin - polysaccharide and immunochemical aggregation at phospholipid langmuir-blodgett monolayers" Langmuir, Volume 5 , N°2, Pages 390-394 , 1989.
- [15] GABRIELLI .G , PUGGELLI .M , DEI .L , DOMINI .G : "Mixed monolayers of polypeptides" Colloid and polymer science, N°266, Pages 429-436, 1988.
- [16] CAROL .L.SCHUTTE , PATRICK .M.SMITH , GEORGE .M.WHITESIDES : "Analysis of depth profiles of sol-gel derived multilayer coatings by rutherford backscattering spectrometry and by cross-sectional transmission electron microscopy " Submitted for publication to Europhysics letters.
- [17] KARL HEINZ DAMBACHER, PETER FROMHERZ: "Reversible bilayer junction of lipid monolayers: Free mono-bi-monolayer contact" Biochimica and Biophysica Acta, N°861, Pages 331-336, 1986.
- [18] ALLAIN.M, BENATTAR J.J, RIEUTORD D.F, ROBIN.P: "Surface study of langmuir-blodgett films by electron microscopy and x-ray reflectivity" Submitted for publication to Europhysics letters.
- [19] DIETRICH.A, MÖHWALD.H, RETTIG.W, BREZESINSKI.G: "Polymorphism of a triple-chaine lecithin in two-and three-dimensional systems" Langmuir, Volume 7, N°3, Pages 539-546, 1991 .
- [20] MÖHWALD.H, KENN.R.M, DEGENHARDT.D, HASYLAB, DESY, KJAER.R, ALS-NIELSEN.J: "Partial order in phospholipid monolayers" Physica, Pages 17, 1990.
- [21] MILLER.A, KNOLL.W, MÖHWALD.H: "Fractal growth of crystalline phospholipid domains in monomolecular layers" Physical Review Letters, Volume 56, N°24, Pages 2633-2663, 16 June 1986.

- [22] PESCHKE.J, MÖHWALD.H: "Cytochrome c interaction with phospholipid monolayers and vesicles" *Colloids and Surfaces*, N°27, Pages 305-323, 1987.
- [23] FLORSHEIMER.M, MÖHWALD.H: "Development of equilibrium domain shapes in phospholipid monolayers" *Chemistry and Physics of Lipids*, N°49, Pages 231-241, 1989.
- [24] HECKI.W.M, MILLER.A, MÖHWALD.H: "Electric-field-induced domain movement in phospholipid monolayers" *Thin solid films*, N°159, Pages 125-132, 1988.
- [25] HECKL.W.M, ZABA.B.N, MÖHWALD.H: "Interaction of cytochromes b5 and c with phospholipid monolayers" *Biochimica et biophysica acta*, N°903, Pages 166-176, 1987.
- [26] ROBERT.A.HALL: "Characterization of air-water monolayers using pressure area isotherms in conjunction with uv-visible spectroscopic methods: the effect of ph on the ionization of 4-octadecyloxy-1-naphthoic acid and 4-heptadecyl-7-hydroxycoumarin monolayers" *Colloids and Surfaces*, N°56, Pages 339-356, 1991.
- [27] JANINE.KIBBLEWHITE, CALUMJ.DRUMMOND, FRANZ.GRIESER, PETER.J.THISTLETHWAIT: "Lipoidal eosin and fluorescein derivatives as probes of the electrostatic characteristics of self-assembled surfactant/water interfaces" *The Journal of Physical Chemistry*, Volume 93, N°21, Pages 7464-7473, 1989.
- [28] WILLIAM ASHER, JAMES F.PANKOW: "Direct observation of concentration fluctuations close to a gas-liquid interface" *Chemical Engineering Science*, Volume 44, N°6, Pages 1451-1455, 1989.
- [29] FAURE ANNICK: "Structure et dynamique des phases organisees de di-2-ethyl-hexyl phosphate de sodium" Thèse présentée à l'université de Nancy 1, pour obtenir le grade de docteur en Es-Sciences, 14 Janvier 1987.
- [30] MILER.A, HELM.C.A, MÖHWALD.H: "The colloidal nature of phospholipid monolayers" *J.Physique*, N°48, Pages 693-701, 1987.
- [31] CAMINATI.G: "Monolayers of methacrylic-polymers containing aromatic groups" *Colloid and Polymer Science*, N°266, Pages 775-782, 1988.
- [32] FLORIAN SCHIFFERER: "Evidence for the presence of a specific ganglioside gm/valinomycin complex in mixed monolayers " *J.Biochem*, N°109, Pages 622-626, 1991.

- [33] BRENT S.MURRAY, CALUM J.DRUMMOND, FRANZ GRIESER, LEE R.WHITE: "Determination of electrostatic surface potentials of oil-in water microemulsion droplets using a lipoidal acid-base spectroscopic probe" The Journal of Physical Chemistry Volume 94, N°17, Pages 6804-6812, 1990.
- [34] BRENT.S.MURRAY, CALUM.J.DRUMMOND, LUCINDA.GALE, FRANZ.GRIESSER, LEE.R.WHITE: "Electrostatic surface potentials of cationic and anionic oil-in water microemulsion droplets free from added electrolyte" Colloids and Surfaces, N°52, Pages 287-300, 1991.
- [35] HEINZ.BEITINGER, VIOLA.VOGEL, DETMAR.MÖBIUS, HINRICH.RAHMANN: "Surface potentials and electric dipole moments of ganglioside and phospholipid monolayers : contribution of the polar headgroup at the water/lipid interface" Biochimica and Biophysica Acta, N°984, Pages 293-3001, 1989.
- [36] BOSIO.L, BENATTAR.J.J, RIEUTORD.F: "X-ray reflectivity of a langmuir monolayer on water" Revue Physique Appliquée, N°22 Pages 775-778, Août 1987.
- [37] CATHERINE PALE-GROSDÉMANGE, ETHAN.S.SIMON, KELVIN.L.PRIME, GEORGE.M.WHITESIDES: "Formation of self-assembled monolayers by chemisorption of derivatives of oligo (éthylène glycol) of structure HS(CH₂)_n(OCH₂CH₂)_mOH on gold" J.Am.Chem.Soc, Volume 113, N°1, Pages 12-20, 1991.
- [38] TIDSWELL.I.M, OCKO.B.M, PERSHAN.P.S, WASSERMAN.S.R, WHITESIDES.G.M, AXE.J.D: "X-ray specular reflection studies of silicon coated by organic monolayers (alkylsiloxanes)" Physical Review B, Volume 41, N°2, 15 January 1990.
- [39] LEGER.L, ERMAN.M, GUINET-PICART.A.M, AUSSERRE.D, STRAZIELLE.C, BENATTAR.J.J, RIEUTORD.F, DAILLANT.J, BOSIO.L: "Spreading of non volatil liquids on smooth solid surfaces: Role of long range forces" Revue.Phy.Appl, N°23, Pages 1047-1054, 1988.
- [40] PETRA TIPPMANN-KAAYER, WERNER MEISEL, HELMUT MOHWALD: "Cluster formation during desorption of multilayers of fatty acid salts" Adv.Mater, Volume 2, N°12, 1990.
- [41] RIEUTOR D.F: "X-ray optics in langmuir-blodgett films" J.Physique, N°48, Pages 679-687, Avril 1987.
- [42] KJAER: "Synchrotron x-ray diffraction and reflection studies of arachidic acid monolayers at the air-water interface" The Journal of Physical Chemistry, Volume 93, N°8, Pages 3200-3206, 1989.

- [43] CHARVOLIN.J: "Crystals of fluid films in systems of amphiphiles" Progress in Colloid and Polymer Science, N°81, pages 6-8, 1990.
- [44] RIBUTORD.F: "Transmission measurements under glancing incidence conditions" Colloque de Physique, Colloque C7 supplement au N°10, Tome 50, C7-203 C7-206, Octobre 1989.
- [45] FRANCOISE BERTHO-THORAVALE: "Première synthèse de tétrathiafulvalènes amphiphile. Organisation de ces donneurs organiques par la méthode de LANGMUIR-BLODGETT", Thèse présentée à l'université de RENNES 1; pour obtenir le grade de docteur en Sciences Chimiques, 4 Octobre 1988.
- [46] A.KARLESKIND (coordonnateur) : "Manuel des corps gras", Tome 1, Technique et documentation, Lavoisier, 1992, Pages 510-529.
- [47] DERRACHE.R: "Toxicologie et sécurité des aliments" Encyclopedie médicale, PARIS, 1986.
- [48] FRANCOIS.R: "Les industries des corps", Biochimie, extraction, raffinage, puissance et réglementation. Eddition Pic, GENEVE, 1974.
- [49] AGADDIR.A et DEMDOUM.D: "Etude sur l'amélioration de la stabilité des huiles et protection contre l'oxydation", Thèse présentée à l'université de l'U.S.T.B.H, pour obtenir le grade d'ingénieur d'état, 1990.
- [50] NAUDET.M: "Sur l'origine de l'oxygène responsable de l'autoxydation des corps gras" R.F.C.G 7^{ème} année, N°6, Page 151, Juin 1960.
- [51] HOFFMANN.Y : "Qualité et rendements obtenus lors du raffinage des huiles comestibles" Oléagineux, 29^{ème} année, N°10, Page 427; 474; 475, Octobre 1974.
- [52] GUILLAUMIN.R: "Etude sur les huiles chauffées", R.F.C.G. 24^{ème} année, N°10, Page 480; 489; 490; 491, Octobre 1977.
- [53] GRILLE.J: "Etude des acides oxydés présents dans les corps gras" R.F.C.G, 27^{ème} année, N°4, Page 205, Avril 1975.
- [54] POMEYROL.G: "Etude de l'altération des huiles des fritures utilisées en restauration collective par dosage des composés polaires", R.F.C.G, 33^{ème} année, N°6, Page 263, 1986.
- [55] VILA.J: "Contribution à l'étude des composés volatils obtenus au cours de l'oxydation thermique des matières grasses" R.F.C.G; 28^{ème} Année, N°6, Page 251, Juin 1981.

- [56] FARMER ET COLL: "The effect of heated lin seed oil on reproduction and loctation in the rat" Science, Pages 113, 408, 410.
- [57] CHEFTEL.J.C: "Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments". Volume 10, Pages 303-323, 1980.
- [58] FRITSH J: "Raffinage et fabrication des huiles végétales" 3^{ème} éditions, Page 366, 1922.
- [59] MENSIER PH: "Dictionnaire des huiles végétales" Encyclopédie Biologique édition PAUL LECHEVALIER.
- [60] N.E 1.2.434/1989 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1989).
- [61] MATAGRIN.A: "Le soja, culture et utilisations", édition GAUTHIER VILLARD, 1944.
- [62] N.E .1.2.436/1989 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1989).
- [63] WOLFF.JP: "Manuel d'analyse des corps gras" PARIS AZOULAY, 1968.
- [64] APFERLBAUM M,PERLENRUTER.L,NILLUS.P,FORRAT.C: "Dictionnaire pratique de dietetique et de nutrition" édition MASSON, 1981.
- [65] VAISEY.M GENSER: "L'huile de canola, ses propriétes et son rendement" Bulletin d'Information N°60, 1983.
- [66] BOUDAUD.A,AMOURIA: "Déversification des huiles végétales, leur apport lipidique et colorifique dans la ration alimentaire" Thèse d'Ingénieur, 1990.
- [67] LES OLEAGINEUX, 6^{ème} Année, N°4, Avril 1951.
- [68] MAHEDDINE.A et BENZAADI.Z: "Etude cinétique de la diffusion d'un plastifiant (DEHP) dans les huiles végétales Colza et Tournesol" Thèse présentée à l'université de l'U.S.T.H.B, pour obtenir le grade d'ingénieur d'état, Juin 1990.
- [69] CHENOUI.R: "Etude de conservation en bouteille de P.V.C de l'huile de tournesol" Thèse présentée à l'université de l'U.S.T.H.B, pour obtenir le grade d'ingénieur d'état, Juin 1990.
- [70] ANTONICO.C: "La qualité de l'huile d'olive vierge et les facteurs agronomiques" Olivae N°31, Page 20-31, 1990

- [71] CODEX ALIMENTARUS (FAO-OMS), NORME CODEX STANDARD 33-1981: "Pour les huiles d'olives vierges et raffinée et pour l'huile de grignons d'olives raffinées" Norme Mondiale CAC Volume 11, édition 1, ROME 1983.
- [72] GUIBET.J.C: "Carburants et moteurs", Volume 2, Publication de l'institut français du pétrole, 1987.
- [73] N.E.1.2.45-1985 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1985).
- [74] N.E.1.2.49.1985 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1985).
- [75] EVRARD (1986) Rapporté par A.KARLESKIND Manuel des corps gras, Eddition Tech. Doc. 1988.
- [76] COI/T20 Doc. N°7 20/4/89.
- [77] N.F.M07.021, Mais 1970.
- [78] N.E.1.2.43.1985 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1985).
- [79] N.E.1.2.48.1985 (Normes entreprises de l'ENCG adaptées aux normes AFNOR, 1985).
- [80] American petroleum Institute Research project 44 octobre 31, 1953, april 30, 1956).
- [81] Manuel d'utilisation du tensiomètre à goutte tournante de type KRUSS, C.R.D Boumerdess.
- [82] JALAL ZOGRAFI RAKSHIT, GUNSTONE, Journal of Colloid Interface Science, Volume 76, N°1, Page 146, 1980.
- [83] REIS.T "Introduction à la chimie- physique des surfaces", Tome 1, Dunod Paris, 1951.