



L'indice d'iode de cinq huiles à différentes températures

Par : Julie Lapierre et Catherine St-Gelais

Résumé. L'indice d'iode de cinq huiles à différentes températures. Lapierre, J. & C. St-Gelais. 2013. Rapport interne. Sciences, Cégep Saint-Félicien. Cinq huiles végétales ont été testées en laboratoire au Cégep de Saint-Félicien dans le but de déterminer laquelle avait la plus grande indice d'iode. Ces tests ont été effectués à partir d'un titrage de retour avec du thiosulfate. Les résultats permettent en partie de confirmer les hypothèses générales de l'expérimentation.

Abstract. Iodine five oils at different temperatures. By J. Lapierre and C. St-Gelais. 2013. Internal report. Sciences, Cégep Saint-Félicien. Five oils have been tested in Cégep de Saint-Félicien in laboratory. The goal was to determine which one had the highest value. These tests has been done with a back titration. The results can confirm the generals hypotheses of the experimentation.

Mots clés: Cégep St-Félicien, chimie, titrage, huile végétale, indice d'iode, thiosulfate

Introduction Dans la société d'aujourd'hui ce n'est pas toujours facile de faire de bons choix alimentaires. Les consommateurs ne comprennent pas les renseignements fournis par les producteurs d'aliments et ils font de mauvais choix sans s'en rendre compte. Cela amène de multiples problèmes, mais le plus important est l'augmentation du pourcentage d'obésité dans la société. C'est à se demander de quoi les aliments que nous consommons sont-ils faits. Prenons par exemple les huiles qui servent essentiellement à la cuisson des aliments. Celles-ci sont consommées en grande quantité, mais les biens faits restent-ils les mêmes lorsqu'elles sont chauffées à différentes températures? L'indice d'iode est un élément déterminant dans la classification des bonnes huiles, mais celui-ci est-il toujours le même à diverses températures? Dans l'expérimentation, il sera question de mesurer l'indice d'iode de 5 différentes huiles, à la température de la pièce et au point de grésillement, dans le but de déterminer laquelle a le plus haut indice d'iode. La démarche expérimentale utilisée est un titrage de retour par le thiosulfate.

Hypothèses

- 🌿 À température de la pièce, l'huile de pépin de raisin a un plus grand indice d'iode que les autres huiles.
- 🌿 À l'atteinte du grésillement de chaque huile, l'huile d'olive extra-vierge a un indice d'iode plus grand que les autres huiles.

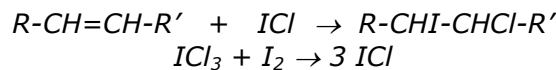
Cadre théorique Il existe deux principaux types d'huiles végétales, soient les huiles saturées et insaturées. Celles saturées sont les moins bonnes pour la santé puisqu'elles abaissent le bon cholestérol et augmentent le mauvais (Ref.1). Pour ce qui est de celles insaturées, elles sont composées de doubles liaisons (Ref.2). Alors, plus une huile a d'insaturations, meilleure elle est pour la santé (Ref.3).

Le nombre d'insaturations peut se mesurer à l'aide de différents tests en laboratoire comme le test à l'indice d'iode. L'indice d'iode est le nombre de grammes d'iode moléculaire absorbé par 100 grammes de corps gras (Ref.4). L'indice d'iode donne une information sur le degré d'insaturations (Ref.4). Il est possible de connaître les valeurs théoriques de l'indice d'iode de différentes huiles.

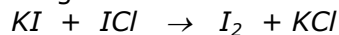
Figure 1 : Indice d'iode de corps gras végétaux (Ref.5)

<u>Olive</u>	<u>75-94</u>
<u>Tournesol</u>	<u>120-136</u>
<u>Pépin de raisin</u>	<u>124-143 (Ref.6)</u>
<u>Olive extra-vierge</u>	<u>80-88 (Ref.7)</u>
<u>Colza</u>	<u>97-107</u>

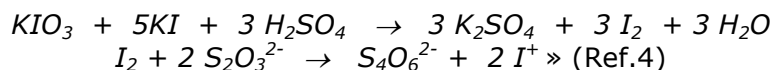
« Le type de réaction présent dans cette expérience est celui de l'addition. Ce principe s'explique par un bris de doubles liaisons grâce à un halogène.



Pour faire le titrage des huiles, il faut utiliser un réactif appelé le réactif de Wijs composé de ICl_3 et de I_2 . Il doit être en excès pour s'assurer que les doubles liaisons ont été brisées. Ensuite, il faut ajouter de l'iodure de potassium (KI) pour s'assurer que tous les ions I^+ n'interfèrent pas dans la suite du titrage. La réaction s'effectue de la façon suivante :



Du à l'excès du réactif de Wijs, il faut titrer l'iode moléculaire avec du thiosulfate de sodium ($Na_2S_2O_3$). À partir d'une mole de KIO_3 , 3 moles de I_2 sont obtenues. Pour une mole de I_2 , 2 moles de $Na_2S_2O_3$ sont obtenues, alors 1 mole de KIO_3 donne 6 moles de $Na_2S_2O_3$ selon l'équation suivante :



Afin de déterminer la concentration exacte du thiosulfate, il faut faire un étalonnage. Pour ce faire, il faut faire un titrage.

«Le titrage de retour consiste à faire réagir 2 différents réactifs donc l'un est en excès pendant un certain temps afin que la réaction soit complète. Ensuite, il faut mesurer la quantité d'iode qui n'a pas réagi avec l'huile à l'aide du thiosulfate. » (Ref.8)

Méthodologie Pour déterminer l'indice d'iode, nous avons utilisé un protocole qui était à notre disposition sur Internet (Annexe 1). En résumé, l'expérience consistait à mettre la solution préalablement faite dans l'obscurité, pendant 45 minutes, avant de procéder au titrage au thiosulfate. Nous avons toutefois dû apporter quelques modifications à celui-ci. Tout d'abord, le protocole stipulait qu'il fallait laisser les solutions d'huile durant 45 minutes dans le noir. Toutefois, il ne spécifiait pas si le fait de laisser la solution à la clarté pendant un certain temps, avant d'effectuer le titrage, pouvait nuire aux résultats. C'est pourquoi nous avons décidé de tester 2 différentes manipulations. La première consistait, tout comme le protocole, à ne pas tenir compte du temps à laquelle les huiles étaient exposées à la clarté avant d'être testées. La deuxième consistait à laisser un intervalle de 10 minutes entre chaque essai afin que la solution soit testée dès sa sortie de l'obscurité. Après avoir analysé les résultats, nous avons décidé de conserver la deuxième méthode pour les prochains tests puisqu'elle était plus efficace et que nous étions plus à l'aise avec celle-ci. Ensuite, nous avons dilué notre Wijs dans le dichlorométhane comme le stipulait le protocole. Par la suite, nous nous sommes aperçues qu'il existait un autre protocole qui lui diluait le Wijs dans l'acide acétique. Nous avons donc refait les tests avec le Wijs dilué dans l'acide acétique et après les avoir comparés avec ceux du dichlorométhane, nous avons décidé de continuer nos tests avec le Wijs dilué dans le dichlorométhane puisque les résultats étaient plus précis.

Résultats

Figure 2. Indice d'iode et incertitudes de différentes huiles à température de la pièce

Huiles	Indice d'iode théorique	Indice d'iode expérimental et leur incertitude (annexe 2)			
Olive	75-94	Essai 1 : 63	± 2	Essai 2 : 63	± 2
Canola	97-107	Essai 1 : 81	± 3	Essai 2 : 90	± 3
Pépin de raisin	124-143	Essai 1 : 101	± 3	Essai 2 : 98	± 3
Tournesol	120-136	Essai 1 : 82	± 3	Essai 2 : 81	± 3
Olive extra-vierge	80-88	Essai 1 : 77	± 3	Essai 2 : 67	± 2

Figure 3. Indice d'iode et incertitudes de différentes huiles au point de grésillement

Huiles	Indice d'iode théorique	Indice d'iode expérimental et leur incertitude (annexe 2)			
Olive	75-94	Essai 1 : 63	± 2	Essai 2 : 61	± 2
Canola	97-107	Essai 1 : 89	± 3	Essai 2 : 92	± 3
Pépin de raisin	124-143	Essai 1 : 98	± 3	Essai 2 : 97	± 3
Tournesol	120-136	Essai 1 : 80	± 2	Essai 2 : 80	± 3
Olive extra-vierge	80-88	Essai 1 : 64	± 2	Essai 2 : 65	± 3

En analysant la figure 1 et la figure 2, on constate, après avoir fait les calculs pour trouver l'indice d'iode, que les données obtenues sont semblables. En effet, les deux essais effectués sur chaque huile ont donné des résultats similaires. De plus, les incertitudes rattachées à ces essais sont elles aussi semblables (Annexe 2).

Figure 4. Ordre croissant des indices d'iode théorique de différentes huiles à température de la pièce (Ref.5,6,7)

Huile	Indice d'iode
Olive	75-94
Olive extra-vierge	80-88
Canola	97-107
Tournesol	120-136
Pépin de raisin	124-143

Figure 5. Ordre croissant des intervalles des indices d'iode expérimentaux de différentes huiles à température de la pièce

Huile	Indice d'iode
Olive	61-65
Olive extra-vierge	65-80
Tournesol	78-85
Canola	78-93
Pépin de raisin	95-104

Figure 6. Ordre croissant des intervalles des indices d'iode expérimentaux de différentes huiles au point de grésillement

Huiles	Indice d'iode
Olive	59-65
Olive extra-vierge	62-68
Tournesol	78-83
Canola	86-95
Pépin de raisin	94-101

Figure 7. Ordre croissant des indices d'iodes théoriques de différentes huiles à la température de la pièce (Ref.9)

Huiles	Indice d'iode
Olive	75-94
Canola	110-126
Tournesol	118-145
Pépin de raisin	124-143
Olive extra-vierge	Non déterminé

Discussion En analysant les résultats obtenus, suite à l'expérimentation, nous sommes en mesure de valider ou infirmer nos hypothèses. Pour ce qui est de la première hypothèse, celle-ci a été validée. Elle affirmait qu'à température de la pièce, ce serait l'huile de pépin de raisin qui aurait le plus grand indice d'iode. Suite aux différents essais effectués sur les 5 huiles (fig.2), on remarque effectivement que c'est l'huile de pépin de raisin qui a l'indice d'iode le plus élevé. De plus, ce résultat peut être confirmé par la figure 5. Celle-ci place les indices d'iode en ordre croissant après avoir ajouté leurs incertitudes respectives. Pour ce qui est de la deuxième hypothèse, elle a été infirmée. Cette hypothèse affirmait qu'au point de grésillement, ce serait l'huile d'olive extra-vierge qui aurait le plus grand indice d'iode. Suite à l'analyse de la figure 3, on peut constater que ce n'est pas le cas. En effet, la figure 5 montre que l'huile d'olive extra-vierge se place au deuxième rang et non au cinquième lorsqu'on place leur intervalle en ordre croissant.

Critique Pour ce qui est de l'ensemble de nos résultats, nous croyons qu'ils ne sont pas fiables. Tout d'abord, lorsqu'on compare les indices d'iode théoriques de la figure 4 à ceux expérimentaux de la figure 5, on constate que les indices d'iode ne sont pas les mêmes pour chacune des huiles. De plus, l'ordre croissant des indices d'iode théoriques de la figure 4 n'est pas la même pour les indices d'iodes expérimentaux de la figure 5. Il y a également une variation des intervalles d'indice d'iode entre la figure 4 et la figure 7. Ces deux figures montrent des indices d'iode théoriques provenant de deux sources différentes. On constate qu'il y a une très grande variation dans les indices d'iode pour chacune des huiles. La différence présente entre les indices d'iode théoriques (fig.4 et fig.7) et expérimentaux (fig.5) semble être dû au fait que le réactif de Wijs utilisé pour faire la solution n'apparaît pas être le même. Celui que nous avons utilisé en laboratoire était dilué dans le dichlorométhane et le Wijs utilisé pour les autres résultats est dilué dans une substance inconnue. Ce qui semble expliquer pourquoi les résultats ne sont pas fiables. Les indices d'iode obtenus à la température de la pièce semblent être semblables à ceux obtenus au point de grésillement. En effet, lorsqu'on compare la figure 5 et la figure 6, on obtient des résultats similaires puisque l'ordre croissant est inchangé. En analysant, l'ensemble des résultats obtenus, on peut affirmer que nos résultats ne sont pas fiables malgré le fait que la première hypothèse ait été validée. Toutefois, ceux-ci demeurent reproductibles. Le point fort de notre expérimentation est la démarche expérimentale utilisée. Le titrage au thiosulfate est une méthode précise. En effet, après avoir refait l'étalonnage du thiosulfate, nous avons constaté que sa concentration était la même qu'au début. Le fait de répéter toujours les mêmes manipulations à chaque laboratoire a fait en sorte que nous étions en pleine possession de notre protocole. Le fait que nous connaissions bien notre protocole explique le fait que nos résultats sont reproductibles.

Suggestions Afin d'améliorer les points faibles de notre projet, nous aurions dû, en plus d'effectuer les tests avec le Wijs dans le dichlorométhane, faire les mêmes tests avec le Wijs dans l'acide acétique. Cette méthode nous aurait permis d'avoir plus de résultats pour mieux comparer les données. Pour ce qui est du point de grésillement, il aurait fallu déterminer une même température de chauffage pour chaque huile au lieu de mettre un même temps comme nous l'avons fait. Dans le même ordre d'idée, nos résultats pourraient être réutilisés afin d'être comparés avec d'autres huiles. Tous ces résultats pourraient être regroupés afin d'informer la population sur le choix de l'huile à prioriser. Également, il serait possible de faire un test similaire sur les gras dur, tels que le beurre et la margarine.

Impacts du projet Pour ce qui est des impacts de notre projet sur l'environnement, ils sont peu nombreux. Mis à part le fait que les produits chimiques seront récupérés afin d'être réutilisés, il n'y a pas d'autres impacts majeurs sur l'environnement. Par contre, il y en a plusieurs sur la société. Tout d'abord, cette recherche permet d'informer les consommateurs d'huiles végétales à faire de bons choix lors de la cuisson de leurs aliments. Enfin, certains d'entre eux seront davantage portés à s'intéresser à la fiche de valeur nutritive qui se trouve sur les produits de consommation. C'est avec des projets comme le nôtre que d'autres projets de plus grandes envergures sont créés. C'est avec ceux-ci que de nouvelles normes sur l'alimentation sont intégrées peu à peu dans notre société.

Conclusion Notre projet avait pour but de tester 5 huiles végétales à la température de la pièce et au point de grésillement. Nos deux hypothèses de départ ont pu être expérimentées et l'une d'entre elles s'est avérée vraie. En effet, c'est l'huile de pépin de raisin qui a le plus grand indice d'iode à température de la pièce. Toutefois, la seconde hypothèse a été infirmée. En effet, ce n'est pas l'huile d'olive extra-vierge qui a le plus grand indice d'iode au point de grésillement, mais bien l'huile de pépin de raisin. L'expérience semble démontrer que lorsque les huiles sont chauffées, leur indice d'iode ne varie pas. De tels résultats, nous amènent à nous demander si au point de fumé, l'indice d'iode serait différent qu'à la température de la pièce.

Médiagraphie

- 🌿 Référence 1. Santé Canada. *Les gras : les bons, les mauvais et les vilains*, [En ligne]. <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/med/fats-gras-fra.php> (Page consultée le 25 janvier 2013)
- 🌿 Référence 2. CAMPBELL, Niel A. REECE, Jane B. *Biologie*, Erpi, 3^e édition, [Livre]. (Page 78 consultée le 25 janvier 2013)
- 🌿 Référence 3. Wikipédia. *Huile alimentaire*, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Huile_alimentaire (Page consultée le 22 janvier 2013)
- 🌿 Référence 4. Collège de Shawinigan. *Indice d'iode*, [En ligne]. http://www.cyber.collegeshawinigan.qc.ca/cpedneault/...IV/Indice_d_iode.doc (Page consultée le 14 novembre 2012)
- 🌿 Référence 5. Wikipédia. *Indice d'iode*, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_d'iode (Page consultée le 25 janvier 2013)
- 🌿 Référence 6. Wikipédia. *L'huile de pépin de raisin*, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Huile_de_p%C3%A9pins_de_raisin (Page consultée le 25 janvier 2013)
- 🌿 Référence 7. Wikipédia. *L'huile d'olive*, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Huile_d'olive (Page consultée le 25 janvier 2013)
- 🌿 Référence 8. Wikipédia. *Dosage*, [En ligne]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Dosage#Dosage_en_retour (Page consultée le 22 janvier 2013)
- 🌿 Référence 9. HAYNES, W.M. PH.D, LIDE, David.R, PH.D. *Handbook of chemistry and physics 2010-2011*. CRC Press. 91^e édition. [Livre]. (Page 7-9 to 13 consultée le 10 avril 2013)

La théorie et l'introduction comportent aussi des passages de l'*Avant-projet* de l'expérimentation par Lapierre. J et St-Gelais. C.

Iconographie

Image. section titre : <http://www.guidedways.com/articles/olivehealth.php>

Images 2,3,4,5,6: Photos personnelles C. St-Félicien. 2012. Lapierre. J, St-Gelais.C

Annexe 1

Manipulations et montage

Partie 1 : étalonnage du thiosulfate

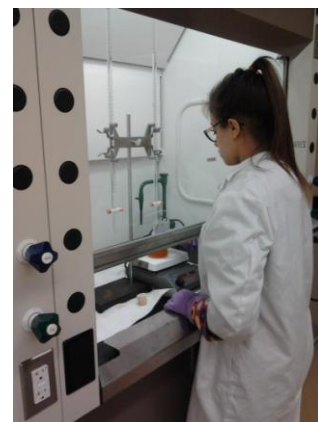
1. Préparer une solution de thiosulfate de sodium 0,1000 en pesant environ 25 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ et environ 1,5 g de borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) qui sera ajouté à l'eau à l'étape suivante.
2. Faire bouillir environ 1000 ml d'eau distillée. Après l'ébullition, ajouter le thiosulfate et le borax à l'eau bouillante et dissoudre.
3. Peser avec précision environ 3.5670 g de KIO_3 , standard primaire ayant préalablement été séché à 120°C . Transférer dans un ballon volumétrique de 1 litre. Cette masse dissoute dans un volume de 1 litre correspond à une normalité de 0,1000 N pour le KIO_3 (molarité : 0,01667 M).
4. Prendre une aliquote de 25,00 ml de la solution de KIO_3 et ajouter 3 ml de H_2SO_4 2N (molarité : 1M) et environ 1 g de KI. Prévoir trois essais.
5. Titrer très doucement avec la solution de thiosulfate jusqu'à l'obtention d'une couleur jaune très pâle. À ce point, ajouter 2 à 3 ml d'amidon. La solution devient alors bleu très foncée. Continuer le dosage jusqu'à disparition de cette couleur.
6. Calculer la concentration de la solution du thiosulfate. Notez bien que le facteur stœchiométrique pour l'étalonnage est qu'une mole d'iodate correspond à six moles de thiosulfate.

Partie 2 : méthode de Wijs

1. Dans l'erlenmeyer, introduire 0.2g d'huile.
2. Ajouter 20 mL de cyclohexane et 10 mL de réactif de Wijs.
3. Boucher et agiter.
4. Laisser reposer 45 minutes à l'obscurité.
5. Ajouter ensuite 100 mL d'eau distillée et 15 mL d'iodure de potassium 10%.
6. Boucher et agiter.
7. Laisser reposer 1 minute à l'obscurité.
8. Doser l'iode formé par le thiosulfate.
9. Refaire les mêmes étapes pour le témoin excluant l'étape 1.

Partie 3 : méthode de Wijs au point de grésillement

1. Refaire les mêmes étapes que la partie 2 en faisant chauffer les huiles avant de procéder à la deuxième manipulation.



Annexe 2

Calculs d'incertitudes

1. Volume témoin (V_b)

1.1. Incertitude volume témoin (ΔV_b) : incertitude de la burette = $\pm 0,1$ ml

2. Volume échantillon d'huile (V_t)

2.1. Incertitude volume échantillon d'huile (ΔV_t) : incertitude de la burette = $\pm 0,1$ ml

3. Masse de l'échantillon d'huile (M_e)

Masse erlenmeyer avec l'huile – masse erlenmeyer vide

3.1. Incertitude masse de l'échantillon d'huile (ΔM_e) :

$$\Delta m_g = \Delta m + \Delta m$$
$$0,0001 + 0,0001 = \pm 0,0002 \text{ g}$$

4. Masse molaire de l'iode (MMI) : 0,1269 g/mmol

4.1. Incertitude masse molaire de l'iode (ΔMMI) : $\Delta MMI = \frac{MMI}{1000}$

$$\frac{126,904}{1000} = 0,1269 = \pm 0,001 \text{ g/mmol (dernier chiffre sur la masse molaire)}$$

5. $V_b - V_t$ (V_f)

5.1. Incertitude de $V_b - V_t$ (V_f) : $\Delta v_f = \Delta v_b + \Delta v_t$

$$0,1 + 0,1 = \pm 0,2 \text{ ml}$$

6. Masse molaire KIO_3 (M_k): 213.999 g/mol

6.1. Incertitude masse molaire KIO_3 (ΔM_k) : $39.098 + 126.904 + (15.999 \times 3) = 213.999$

$$\Delta m_k = \Delta p + \Delta p + \Delta p + \Delta p + \Delta p$$
$$0,001 \times 5 = \pm 0,005 \text{ g}$$

$$\underline{\underline{M_k = 213.999 \pm 0.005 \text{ g/mol}}}$$

7. Pipette de 25 ml : $\pm 0,060$ ml

8. Ballon jaugé de 1L : $\pm 0,0003$ L

9. Concentration de KIO_3 (C_k) : 0,0166 mol/L

$$\frac{1 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{213,999}{3,5667}$$

$$c = \frac{n}{v}$$

9.1. Incertitude concentration de KIO_3 (ΔC_k)

$$\Delta C_k = \left(\left(\frac{\Delta m}{m} \right) + \left(\frac{\Delta p}{p} \right) + \left(\frac{\Delta v}{v} \right) \right) \times C_k$$

$$\left(\left(\frac{0,0001}{3,5667} \right) + \left(\frac{0,005}{213,999} \right) + \left(\frac{0,0003}{1,0000} \right) \right) \times 0,0166 = 5,83 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\underline{C_k = 0,016667 \pm 0,000006 \text{ mol/L}}$$

10. Nb de moles KIO_3 (N_k): 0,000415 moles

$$\frac{25 \times 0,016667}{1000}$$

$$n = c \times v$$

10.1. Incertitude nb de moles KIO_3 (ΔN_k):

$$\Delta n_k = \left(\left(\frac{\Delta v}{v} \right) + \left(\frac{\Delta c_k}{c_k} \right) \right) \times n_k$$

$$\left(\left(\frac{0,06}{25,00} \right) + \left(\frac{6 \times 10^{-6}}{0,016667} \right) \right) \times 0,000415 = 1,14 \times 10^{-6} \text{ moles}$$

$$\underline{N_k = 0,000415 \pm 0,000001 \text{ moles}}$$

11. Nb de moles de thiosulfate (ΔN_t) : 0,002075 moles

$$\frac{1 \text{ mol } \text{KIO}_3}{0,000415} = \frac{6 \text{ mol de thiosulfate}}{x \text{ mol}}$$

$$\frac{N_{\text{exp } \text{KIO}_3}}{N_{\text{exp } \text{KIO}_3}} = \frac{N_{\text{exp } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{N_{\text{exp } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}$$

11.1. Incertitude nb de moles de thiosulfate (ΔN_t) :

$$\Delta n_t = \left(\frac{\Delta n_k}{n_k} \right) \times n_t$$

$$\left(\frac{1 \times 10^{-6}}{0,000415} \right) \times 0,002075 = 5,70 \times 10^{-6}$$

$$\underline{N_t = 0,002075 \pm 0,000006 \text{ moles}}$$

12. Concentration de thiosulfate (M_T) : 0,0861 mol/L

$$\frac{0,002075}{0,0241}$$

$$c = \frac{n}{v}$$

12.1. Incertitude concentration de thiosulfate (ΔM_T) :

$$\Delta C_t = \left(\left(\frac{\Delta n_t}{n_t} \right) + \left(\frac{\Delta v}{v} \right) \right) \times C_t$$

$$\left(\left(\frac{6 \times 10^{-6}}{0,002075} \right) + \left(\frac{1 \times 10^{-4}}{0,0241} \right) \right) \times 0,0861 = 5,94 \times 10^{-4}$$

$$\underline{M_T = 0,0861 \pm 0,0006 \text{ mol/L}}$$

Exemple de calculs pour un indice d'iode

Indice d'iode de l'huile d'olive : 64,43

V_b : 24,2ml
 V_i : 15,2 ml
 V_f : 8,975 ml
 M_e : 0,1526 g
 M_T : 0,0861 mol/L
 MMI : 0,1269 g/mmol

$$I_i = \frac{(V_b - V_t) \times M_T \times MMI \times 100}{M_e}$$

Incertitude de l'indice d'iode (ΔI_i) : $\Delta I_i = \left(\left(\frac{\Delta v_f}{v_f} \right) + \left(\frac{\Delta m_t}{m_t} \right) + \left(\frac{\Delta MMI}{MMI} \right) + \left(\frac{m_e}{m_e} \right) \right) \times I_i$

$$\left(\left(\frac{0,2}{8,975} \right) + \left(\frac{5,94 \times 10^{-4}}{0,0861} \right) + \left(\frac{0,001}{0,127} \right) + \left(\frac{0,0002}{0,1526} \right) \right) \times 64,43 = 2,958$$

$$\underline{I_i = 64 \pm 3}$$