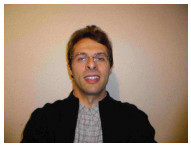
TP : dosage de l'acidité titrable des tomates

➔ Le concepteur



Jérôme Thurillat enseigne à Sainte Livrade sur Lot (Terminale S, BTSA 1 et 2 ANABIOTEC) il a 35 ans, vit en couple et a deux jeunes enfants (Arnaud et Margot). Il fut pendant plusieurs années président de l'APEPA, présidence qu'il a conclu brillamment en organisant un mémorable congrès dans son lycée en 2009.

➔ Public visé par le TP : BTS anabiotec. Ce TP rentre dans le cadre des modules M53 et M54. Ce TP répond aux objectifs suivants du programme :

-Objectif 1-2 du M54: Maîtriser les principes des méthodes volumétriques,
-Objectif 3 - du M54: Mettre en oeuvre les analyses dans le respect des règles d'hygiène, de sécurité et de la protection de l'environnement,
-Objectif 3.3 du M54: Exploiter et interpréter les résultats de manière critique,
-Objectif 2 du M53 : Raisonner les différentes étapes d'une analyse
-Objectif 2.4 du M53: Pratiquer différentes méthodes de prélèvement et de préparation des échantillons en fonction de la matrice et de la mesure à effectuer

➔ Idée de base du TP : Ce TP constitue l'adaptation d'une norme. Il est bien adapté au lycée de Sainte Livrade dont l'exploitation produit des tomates, mais peut être transposé partout ailleurs. Il est donc directement en lien avec le milieu professionnel. Ce TP a pour intérêt de faire réaliser et exploiter un dosage acido-basique sur un triacide, et aussi de mettre en œuvre les notions concernant l'échantillonnage, la préparation de l'échantillon et l'incertitude sur les résultats.

➔ Durée prévue de la séance : ce protocole est effectué en deux fois deux heures, les deux premières heures sont consacrées à la préparation de l'échantillon qui, conservé au frigidaire, peut être dosé le lendemain en deux heures avec la réalisation de l'étalonnage de la solution de soude.

➔ Documents proposés dans le Bulletin APEPA*:* protocole expérimental corrigé, protocole expérimental à compléter par les élèves, corrigé du compte rendu attendu.

➔ Mise en œuvre du TP*:*

Jérôme précise que ce TP fonctionne correctement à condition que les étudiants manipulent en binôme : pendant que l'un effectue la pesée pour l'étalonnage de la solution de soude, l'autre prépare la burette et la verrerie; puis, lorsque l'un étalonne la solution de soude, l'autre prépare les erlens de dosage et enfin ils réalisent le dosage.

➔ Résultats expérimentaux attendus*:* ce TP conduit à 0,4 g d'acide citrique monohydraté pour 100 g de tomate (acidité que l'on retrouve dans les tables).

TP: détermination de l'acidité titrable des tomates de la serre

1.Préparation de l'échantillon:

1.1.Objectif:
A partir de tomates prélevées sur une récolte de la serre, préparer un échantillon pour essai.

1.2.Expérience:
1.2.1.*Chaque étudiant* choisi une tomate sur les 23 tomates prélevées sur la récolte de la serre.
1.2.2.Eliminer éventuellement le pédoncule, couper la tomate et et éliminer les pépins.
1.2.3.Homogénéiser le produit en mettant en commun toutes les tomates épépinées.
Indiquer comment peut-on réaliser cette homogénéisation.

On peut réaliser cette homogénéisation à l'aide d'un broyeur.

1.2.4.Pour *chaque binôme*, peser à 0,01 g près, au moins 25 g de l'échantillon précédent et le placer dans un erlen (fiole conique) avec 50 mL d'eau distillée récemment bouillie, refroidie, puis bien mélanger jusqu'à obtenir un liquide bien homogène.
Indiquer l'intervalle dans le lequel la mesure de la masse peut-être réalisée. Noter la masse « m » peser dans les observations.
La masse doit être au moins de 25,00 g et inférieure à 26,00 g soit entre 24,9445 g et 25,9444 g donc la masse appartient à l'intervalle suivant: [24,9445;25,9444].

Justifier pourquoi l'eau doit être récemment bouillie.
L'eau doit être fraichement bouillie pour en éliminer le dioxyde de carbone dissous qui est une espèce acide. Or il pourrait fausser le résultat si on l'introduisait dans l'échantillon; puisqu'on ne veut doser que l'acidité de la tomate et non celle de l'eau distillée.

Donner le rôle de l'eau lors du mélange.
L'eau permet d'extraire les acides contenus dans la tomate.

1.2.5.Adapter un réfrigérant à air sur l'erlen (fiole conique) puis chauffer le contenu au bain d'eau bouillante pendant 30 minutes.
Ne pas oublier d'ajouter un régulateur d'ébullition (pierre ponce, bille de verre ou grain de carborundum).
Faire le schéma légendé du chauffage à reflux.
Schéma + légende.

Justifier l'utilité du chauffage à reflux.
Le chauffage à reflux permet d'éliminer le dioxyde de carbone qui aurait pu se dissoudre dans l'eau lors de l'agitation précédente (lorsqu'on mélange bien pour obtenir un liquide bien homogène).

1.2.6.Laisser refroidir et transvaser quantitativement le contenu de l'erlen (fiole conique) dans un fiole jaugée de 200 mL puis compléter jusqu'au trait de jauge (trait-repère) avec de l'eau récemment bouillie et refroidie.
Indiquer quelle précaution manipulatoire vous devrez prendre pour « transvaser quantitativement le contenu de l'erlen » dans la fiole jaugée et après avoir ajusté au trait de jauge.
Il faudra rincer abondamment et en plusieurs fois l'erlen et verser les « eaux de rinçage » dans la fiole jaugée en veillant à ne pas dépasser le trait de jauge avant d'ajuster.

Après avoir ajusté au rait de jauge, il faut boucher la fiole et bien homogénéiser. Et surtout laisser boucher la fiole afin que le dioxyde de carbone ne vienne pas s'y dissoudre.

1.2.7.Centrifuger le contenu de la fiole pendant 5 min.
Indiquer les précautions manipulatoires à respecter.
Les tubes de la centrifugeuse doivent contenir la même masse deux à deux (pour cela utiliser une balance précise à 0,1 g près et peser les tubes de tel sorte que la régle précédente soit respectée). Puis, placer les tubes dans la centrifugeuse diamétralement opposé.
Ne pas oublier de nommer les tubes utilisés par un groupe.

Indiquer l'intérêt d'une centrifugation.
Elle permet de séparer les solides des liquides. En effet, à l'issue de la centrifugation, les solides se retrouve dans le fond du tude tandis que les liquides surnagent. Il est donc aisé de récupérer les liquides sans entraîner les solides.

1.2.8.Récupérer, dans un erlen, la solution limpide obtenue après centrifugation.
Boucher l'erlen et annoter l'erlen.

1.3.Observation:
1.3.1.Noter la valeur de la masse pesée accompagnée de sa précision.
m=.....±0,0001 g.

1.3.2.Noter les mesures réalisées sur les volumes accompagnées de leur précision.
50 mL d'eau prélevé à l'éprouvette à: 50,0... ±... ..... mL
200 mL pour la fiole jaugé à: 200,00....±.....mL

1.4.Conclusion:
1.4.1.Nommer l'échantillon constitué d'une tomate et celui constitué des 23 tomates issues de la récolte de la serre.
Une tomate constitue un échantillon primaire (ou brut). Une tomate est un individu.
Les 23 tomates constitue l'échantillon global avant homogénéisation (broyage)

1.4.2.Nommer l'échantillon issu du broyage des 23 tomates épépinées.
Il s'agit de l'échantillon pour laboratoire ou de l'échantillon global après broyage.

1.4.3.Nommer les 25 g prélevé dans le broyat.
Il s'agit de l'échantillon pour essai.

1.4.4.Nommer la solution limpide obtenue après centrifugation.
Il s'agit de la solution de travail.

2.Etalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium:

2.1.Objectif:
Déterminer la concentration C_B d'une solution d'hydroxyde de sodium voisine de 0,1 mol.L^{-1}.

2.2.Expérience:
2.2.1.A l'aide d'une balance précise à 0,1 mg, peser environ précisément 0,4 g d'hydrogénophtalate de potassium (acide dont la formule sera noté RCOOH par soucis de simplification).
Indiquer l'intervalle dans le lequel la mesure de la masse peut-être réalisée. Noter la masse peser dans les observations.
La masse appartient à l'intervalle suivant: [0,3500;0,4499].

2.2.2.Dissoudre les cristaux précédent dans un volume d'eau distillée voisin de 20 mL à l'intérieur d'un erlen.
Indiquer le matériel que vous utiliserez pour mesurer les 20 mL d'eau distillée.
On utilisera une éprouvette car nous n'avons pas besoin de précision.

2.2.3.Ajouter quelques goutes de phénolphtalèine à l'erlen précédent.
2.2.4.Verser à la burette la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au virage de la phénolphtalèine puis noter le volume V_{beq} de solution d'hydroxyde de sodium versé.
Remarque: vous n'effectuerez qu'une seule descente de burette sachant que le virage de la phénolphtalèine aura lieu aux environs de 19 mL.

Faire le schéma du dosage.
Schéma + légende.

<u>2.3.Observation:</u>
2.3.1.Noter la valeur de la masse pesée accompagnée de sa précision.
m'=.....±0,0001 g.

2.3.2.Noter les mesures réalisées sur les volumes accompagnées de leur précision.
20 mL d'eau prélevé à l'éprouvette à: 20,0... ±.....mL
V_{Beq}*=environ 19,00±0,05mL*

2.3.3.Indiquer le changement de couleur observé.
On passe de l'incolore au rose.

<u>2.4.Conclusion:</u>
2.4.1.Ecrire la formule de la solution d'hydroxyde de sodium en justifiant votre réponse.
$Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ *car l'hydroxyde de sodium (soude) est un composé ionique solide qui se dissout dans l'eau pour donner la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude) tel que:*
$NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$.

2.4.2.En déduire l'équation de la réaction du dosage.
$HO^-_{(aq)} + RCOOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + RCOO^-_{(aq)}$.

2.4.3.Donner la formule des espèces chimiques majoritairement présentes en solution à l'équivalence.
On a: $H_2O_{(l)}$, $RCOO^-_{(aq)}$ *et* $Na^+_{(aq)}$.

2.4.4.En déduire si le pH est basique ou acide à l'équivalence. Justifier.
A l'équivalence, le pH est basique car on a une base faible $RCOO^-_{(aq)}$ *en solution.*

2.4.5.Justifier le choix de la phénolphtalèine comme indicateur coloré sachant que sa zone de virage est telle que: incolore 8,2 < pH < 10,0 rose.
L'équivalence étant basique, le choix de la phénolphtalèine est judicieux car sa zone de virage encadre un pH basique.

2.4.6.Démontrer que la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium est telle que:
$C_B = \frac{m'}{M' V_{Beq}}$ avec M': masse molaire de l'hydrogénophtalate de potassium.

On a:

Equation chimique	$HO^-_{(aq)}$ +	$RCOOH_{(aq)}$ →	$H_2O_{(l)}$ +	$RCOO^-_{(aq)}$
Etat initial (mol)	C_BV_{Beq}	$\frac{m'}{M'}$	*excès*	*0*
Etat final (mol)	$C_BV_{Beq}-x$	$\frac{m'}{M'}-x$	*excès*	$0+x$

A l'équivalence, les réactifs sont entièrement consommés soit:

$C_BV_{Beq} - x=0$ *et* $x=C_BV_{Beq}$

$\frac{m'}{M'}-x=0$ *et* $\frac{m'}{M'}=x$

On en déduit que: $\frac{m'}{M'}=C_BV_{Beq}$ *d'où* $C_B=\frac{m'}{M'V_{Beq}}$.

2.4.7.A partir des valeurs de toute la classe, calculer la concentration C_B de la solution d'hydoxyde de sodium (solution de soude) accompagné de son intervalle de confiance pour un niveau de confiance de 95 %.

C_B*= valeur moyenne issue des 12 groupes de TP* $\pm \frac{ts}{\sqrt{12}}$ *g et t=2,201.*

2.4.8.Indiquer pourquoi on pouvait déjà estimer la valeur du volume de solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude) versée à l'équivalence.

On pouvait déjà estimer la valeur du volume à l'équivalence; car, d'après la formule à l'équivalence et les valeurs de la masse et de la masse molaire d'hydrogénophtalate de potassium ainsi que l'estimation de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude), on a:

$V_{Beq}=\frac{m'}{M'C_B}$ *soit* $V_{Beq}=\frac{0,4}{204,23\,x\,0,1}$ *et* V_{beq}*=19 mL environ.*

3.Dosage de l'acidité titrable des tomates:

3.1.Objectif:

Déterminer l'acidité titrable des tomates issue de la récolte de la serre.

3.2.Expérience:

3.2.1.Prélever V_0=50,00 mL de solution de travail et les introduire dans un erlen.
3.2.2.Y ajouter quelques gouttes de phénolphtalèine.
3.2.3.Doser le contenu de l'erlen à l'aide de la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude).
Nommer, sur un schéma du dosage, le matériel utilisé pour mesurer la solution titrée et la solution titrante.
Relever les indications de précision sur les instruments de mesure précédent.

-Schéma du dosage + légende.
-Pipette jaugée de 50 mL à ±..... mL.
-Burette à ±0,05 mL (ou à ±0,03 mL)
-On passe de l'i ncolore au rose.

3.3.Observation:

3.3.1.Noter les mesures réalisées sur les volumes accompagnées de leur précision.

50,00±0,0..... mL de solution de travail
$V_{Beq\ rapide}$*=...,00±0,05mL*
$V_{Beq\ 1}$*=...,00±0,05mL*
$V_{Beq\ 2}$*=...,00±0,05mL*

3.3.2.Indiquer le changement de couleur observé. *On passe de l'incolore au rose.*

3.4.Conclusion:

L'acidité titrable de la tomate est exprimée en g d'acide citrique $C_6H_{10}O_8$ pour 100 g de tomates.

3.4.1.L'acide citrique monohydraté est un triacide dont les constantes d'acidité sont égales à: pK_{A1}=3,14, pK_{A2}=4,76 et pK_{A3}=6,40.
Démontrer que la réaction entre l'acide citrique monohydraté et la solution d'hydroxyde de sodium a pour équation: $C_6H_{10}O_{8(aq)} + 3\ HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + 3\ H_2O_{(l)}$.

Les trois réactions de dosages sont quantitatives car leur contanste d'équilibre $\frac{K_A}{K_e}$ *sont toutes supérieures à* 10^4.
Mais les 2 différences successives entre pK_A *de l'acide citrique monohydraté sont inférieures à 2,5.*
Donc les trois réactions de dosages s'additionnent tel que:

$C_6H_{10}O_{8(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_9O_8^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.
$C_6H_9O_8^-{}_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_8O_8^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.
$C_6H_8O_8^{2-}{}_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

$C_6H_{10}O_{8(aq)} + 3\ HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + 3\ H_2O_{(l)}$

3.4.2.En déduire la relation à l'équivalence entre la quantité de matière n_a d'acide citrique monohydraté, C_B et V'_{Beq}.
On a:

Equation chimique	$C_6H_{10}O_{8(aq)}$ +	$3\ HO^-_{(aq)}$ →	$C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)}$ +	$3\ H_2O_{(l)}$
Etat initial (mol)	n_a	$C_BV'_{Beq}$	*0*	*excès*
Etat final (mol)	$n_a - x$	$C_BV'_{Beq}-3x$	$0+x$	*excès*

A l'équivalence, les réactifs sont entièrement consommés soit:

$C_BV'_{Beq} - 3x=0$ *et* $x=\frac{C_BV'_{Beq}}{3}$

$n_a - x = 0$ *et* $x=n_a$.

On en déduit que: $n_a=\frac{C_BV'_{Beq}}{3}$.

3.4.3.Sachant que a masse molaire de l'acide citrique monohydraté est égale à M_a=210,14 g.mol^{-1}, démontrer que l'acidité titrable *A* de la tomate a pour expression:

$$A=\frac{C_BV_{Beq}}{3}M_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}\ .$$

On a: n_aM_a *d'acide citrique monohydraté* ↔ V_0*=50,00 mL de solution de travail*
? ↔ *250,00 mL de solution de travail*

On en déduit qu'il y a: $n_aM_a\frac{250}{V_0}$ *g d'acide citrique monohydraté dans 250,00 mL de solution de travail.*
Or, dans les 250 mL de solution de travail, on a m g de tomate soit:

$n_aM_a\frac{250}{V_0}$ *g d'acide citrique monohydraté* ↔ *m g de tomate*
? ↔ *100 g de tomate*

On en déduit que l'acidité titrable de la tomate est telle que: $A=n_aM_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}$ *soit*

$$A=\frac{C_BV_{Beq}}{3}M_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}\ .$$

3.4.4.Calculer à l'aide de $V_{Beq\,1}$ puis de $V_{Beq\,2}$, les deux valeurs probables A_1 et A_2 de l'acidité titrable de la tomate.

On a: $A_1 = \frac{C_B V_{Beq1}}{3} M_a \frac{250}{V_0} \frac{100}{m}$ *et* A_1=.....

$A_2 = \frac{C_B V_{Beq2}}{3} M_a \frac{250}{V_0} \frac{100}{m}$ *et* A_2=.....

3.4.5.Prendre comme résultat (*avec une seule décimale*) de l'acidité titrable A la moyenne arithmétique des deux déterminations A_1 et A_2 précédentes si la **condition de répétabilité** suivante est vérifiée:

"la différence entre A_1 et A_2 n'est pas supérieure à 2% en valeur relative par rapport à la moyenne soit si: $\frac{|A_1 - A_2|}{\frac{A_1 + A_2}{2}} < 0{,}02$ ".

Calculons $\frac{|A_1 - A_2|}{\frac{A_1 + A_2}{2}}$ *et comparons le résultat de ce calcul à 0,02.*

Si $\frac{|A_1 - A_2|}{\frac{A_1 + A_2}{2}} < 0{,}02$ *alors* $A = \frac{A_1 + A_2}{2}$.

3.4.6.Mettre en commun les acidités titrables A de toute la classe et donner un résultat de l'acidité titrable accompagné de son intervalle de confiance pour un niveau de confiance de 95%.

A=valeur moyenne issue des 12 groupes de TP ± $\frac{ts}{\sqrt{12}}$ *g et t=2,201*

TP: détermination de l'acidité titrable des tomates de la serre

1.Préparation de l'échantillon:

1.1.Objectif:
A partir de tomates prélevées sur une récolte de la serre, préparer un échantillon pour essai.

1.2.Expérience:
1.2.1.*Chaque étudiant* choisi une tomate sur les 23 tomates prélevées sur la récolte de la serre.
1.2.2.Eliminer éventuellement le pédoncule, couper la tomate et et éliminer les pépins.
1.2.3.Homogénéiser le produit en mettant en commun toutes les tomates épépinées.
Indiquer comment peut-on réaliser cette homogénéisation.

1.2.4.Pour *chaque binôme*, peser à 0,01 g près, au moins 25 g de l'échantillon précédent et le placer dans un erlen (fiole conique) avec 50 mL d'eau distillée récemment bouillie, refroidie, puis bien mélanger jusqu'à obtenir un liquide bien homogène.
Indiquer l'intervalle dans le lequel la mesure de la masse peut-être réalisée. Noter la masse « m » peser dans les observations.

Justifier pourquoi l'eau doit être récemment bouillie.

Donner le rôle de l'eau lors du mélange.

1.2.5.Adapter un réfrigérant à air sur l'erlen (fiole conique) puis chauffer le contenu au bain d'eau bouillante pendant 30 minutes.
Ne pas oublier d'ajouter un régulateur d'ébullition (pierre ponce, bille de verre ou grain de carborundum).
Faire le schéma légendé du chauffage à reflux.

Justifier l'utilité du chauffage à reflux.

1.2.6.Laisser refroidir et transvaser quantitativement le contenu de l'erlen (fiole conique) dans un fiole jaugée de 200 mL puis compléter jusqu'au trait de jauge (trait-repère) avec de l'eau récemment bouillie et refroidie.
Indiquer quelle précaution manipulatoire vous devrez prendre pour « transvaser quantitativement le contenu de l'erlen » dans la fiole jaugée et après avoir ajusté au trait de jauge.

1.2.7.Centrifuger le contenu de la fiole pendant 5 min.
Indiquer les précautions manipulatoires à respecter.

Indiquer l'intérêt d'une centrifugation.

1.2.8.Récupérer, dans un erlen, la solution limpide obtenue après centrifugation.
Boucher l'erlen et annoter l'erlen.

<u>1.3.Observation:</u>
1.3.1.Noter la valeur de la masse pesée accompagnée de sa précision.
m=.....

1.3.2.Noter les mesures réalisées sur les volumes accompagnées de leur précision.

1.4.Conclusion:
1.4.1.Nommer l'échantillon constitué d'une tomate et celui constitué des 23 tomates issues de la récolte de la serre.

1.4.2.Nommer l'échantillon issu du broyage des 23 tomates épépinées.

1.4.3.Nommer les 25 g prélevé dans le broyat.

1.4.4.Nommer la solution limpide obtenue après centrifugation.

2.Etalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium:

2.1.Objectif:
Déterminer la concentration C_B d'une solution d'hydroxyde de sodium voisine de 0,1 mol.L^{-1}.

2.2.Expérience:
2.2.1.A l'aide d'une balance précise à 0,1 mg, peser environ précisément 0,4 g d'hydrogénophtalate de potassium (acide dont la formule sera noté RCOOH par soucis de simplification).
Indiquer l'intervalle dans le lequel la mesure de la masse peut-être réalisée. Noter la masse peser dans les observations.

2.2.2.Dissoudre les cristaux précédent dans un volume d'eau distillée voisin de 20 mL à l'intérieur d'un erlen.
Indiquer le matériel que vous utiliserez pour mesurer les 20 mL d'eau distillée.

2.2.3.Ajouter quelques goutes de phénolphtalèine à l'erlen précédent.
2.2.4.Verser à la burette la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au virage de la phénolphtalèine puis noter le volume V_{beq} de solution d'hydroxyde de sodium versé.
Remarque: vous n'effectuerez qu'une seule descente de burette sachant que le virage de la phénolphtalèine aura lieu aux environs de 19 mL.

Faire le schéma du dosage.

2.3.Observation:

2.3.1.Noter la valeur de la masse pesée accompagnée de sa précision.

m'=.....

2.3.2.Noter les mesures réalisées sur les volumes accompagnées de leur précision.

2.3.3.Indiquer le changement de couleur observé.

2.4.Conclusion:

2.4.1.Ecrire la formule de la solution d'hydroxyde de sodium en justifiant votre réponse.

2.4.2.En déduire l'équation de la réaction du dosage.

2.4.3.Donner la formule des espèces chimiques majoritairement présentes en solution à l'équivalence.

2.4.4.En déduire si le pH est basique ou acide à l'équivalence. Justifier.

2.4.5.Justifier le choix de la phénolphtalèine comme indicateur coloré sachant que sa zone de virage est telle que: incolore 8,2 < pH < 10,0 rose.

2.4.6.Démontrer que la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium est telle que:

$C_B = \frac{m'}{M' V_{Beq}}$ avec M': masse molaire de l'hydrogénophtalate de potassium.

2.4.7.A partir des valeurs de toute la classe, calculer la concentration C_B de la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude) accompagné de son intervalle de confiance pour un niveau de confiance de 95 %.

2.4.8.Indiquer pourquoi on pouvait déjà estimer la valeur du volume de solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude) versée à l'équivalence.

3.Dosage de l'acidité titrable des tomates:

3.1.Objectif:
Déterminer l'acidité titrable des tomates issue de la récolte de la serre.

3.2.Expérience:
3.2.1.Prélever V_0=50,00 mL de solution de travail et les introduire dans un erlen.
3.2.2.Y ajouter quelques gouttes de phénolphtalèine.
3.2.3.Doser le contenu de l'erlen à l'aide de la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude).
Nommer, sur un schéma du dosage, le matériel utilisé pour mesurer la solution titrée et la solution titrante.
Relever les indications de précision sur les instruments de mesure précédent.

Noter, entre autre, les volumes à l'équivalence $V'_{Beq\ 1}$ et $V'_{B\ eq2}$ de vos 2 mesures précises au §3.3.1.

3.3.Observation:
3.3.1.Noter les mesures réalisées sur **tous** les volumes accompagnées de leur précision.

3.3.2.Indiquer le changement de couleur observé.

3.4.Conclusion:

L'acidité titrable de la tomate est exprimée en g d'acide citrique $C_6H_{10}O_8$ pour 100 g de tomates.

3.4.1.L'acide citrique monohydraté est un triacide dont les constantes d'acidité sont égales à: pK_{A1}=3,14, pK_{A2}=4,76 et pK_{A3}=6,40.
Démontrer que la réaction entre l'acide citrique monohydraté et la solution d'hydroxyde de sodium a pour équation: $C_6H_{10}O_{8(aq)} + 3\ HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + 3\ H_2O_{(l)}$.

3.4.2.En déduire la relation à l'équivalence entre la quantité de matière n_a d'acide citrique monohydraté, C_B et V'_{Beq}.

3.4.3.Sachant que a masse molaire de l'acide citrique monohydraté est égale à M_a=210,14 g.mol^{-1}, démontrer que l'acidité titrable A de la tomate a pour expression:

$$A=\frac{C_B V_{Beq}}{3} M_a \frac{250}{V_0} \frac{100}{m} \quad .$$

3.4.4.Calculer à l'aide de $V_{Beq\,1}$ puis de $V_{Beq\,2}$, les deux valeurs probables A_1 et A_2 de l'acidité titrable de la tomate.

A_1=

A_2=

3.4.5.Prendre comme résultat (*avec une seule décimale*) de l'acidité titrable A la moyenne arithmétique des deux déterminations A_1 et A_2 précédentes si la **<u>condition de répétabilité</u>** suivante est vérifiée:

"la différence entre A_1 et A_2 n'est pas supérieure à 2% en valeur relative par rapport à la moyenne soit si: $\frac{|A_1 - A_2|}{\frac{A_1 + A_2}{2}} < 0{,}02$ ".

3.4.6.Mettre en commun les acidités titrables A de toute la classe et donner un résultat de l'acidité titrable accompagné de son intervalle de confiance pour un niveau de confiance de 95%.

TP: détermination de l'acidité titrable des tomates de la serre

1.Préparation de l'échantillon:

1.1.Objectif:
A partir de tomates prelévées sur une récolte de la serre, préparer un échantillon pour essai.

1.2.Schémas:
Schéma + légende:
- -du broyage,
- -de la pesée,
- -du chauffage à reflux,
- -de la centrifugation.

1.3.Mesure accompagnée de sa précision:
m=.....±0,0001 g.
50 mL d'eau prélevé à l'éprouvette à: 50,0... ±.... ..... mL
200 mL pour la fiole jaugé à: 250,00....±.....mL

1.4.Conclusion:
1.4.1.Nommer l'échantillon constitué d'une tomate et celui constitué des 23 tomates issues de la récolte de la serre.
Une tomate constitue un échantillon primaire (ou brut). Une tomate est un individu.
Les 23 tomates constitue l'échantillon global avant homogénéisation (broyage)

1.4.2.Nommer l'échantillon issu du broyage des 23 tomates épépinées.
Il s'agit de l'échantillon pour laboratoire ou de l'échantillon global après broyage.

1.4.3.Nommer les 25 g prelevé dans le broyat.
Il s'agit de l'échantillon pour essai.

1.4.4.Nommer la solution limpide obtenue après centrifugation.
Il s'agit de la solution de travail.

2.Etalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium:

2.1.Objectif:
Déterminer la concentration C_B d'une solution d'hydroxyde de sodium voisine de 0,1 mol.L^{-1}.

2.2.Schéma:
Schéma + légende:
- -pesée,
- -dosage.

2.3.Mesures accompagénes de leur préicison:
m'=.....±0,0001 g.
20 mL d'eau prélevé à l'éprouvette à: 20,0... ±.... ..... mL
V_{Beq}*=environ 19,00±0,05mL*

2.4.Interprétation de mesures

2.4.1. *$Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ car l'hydroxyde de sodium (soude) est un composé ionique solide qui se dissout dans l'eau pour donner la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude) tel que: $NaOH_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$.*

2.4.2.*$HO^-_{(aq)} + RCOOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + RCOO^-_{(aq)}$.*

2.4.3.*On a: $H_2O_{(l)}$, $RCOO^-_{(aq)}$ et $Na^+_{(aq)}$.*

2.4.4.*A l'équivalence, le pH est basique car on a une base faible $RCOO^-_{(aq)}$ en solution.*

2.4.5.*L'équivalence étant basique, le choix de la phénolphtalèine est judicieux car sa zone de virage encadre un pH basique.*

2.4.6*On a:*

Equation chimique	$HO^-_{(aq)}$ +	$RCOOH_{(aq)}$ →	$H_2O_{(l)}$ +	$RCOO^-_{(aq)}$
Etat initial (mol)	C_BV_{Beq}	$\frac{m'}{M'}$	*excès*	*0*
Etat final (mol)	$C_BV_{Beq}-x$	$\frac{m'}{M'}-x$	*excès*	$0+x$

A l'équivalence, les réactifs sont entièrement consommés soit:

$C_BV_{Beq} - x=0$ *et* $x=C_BV_{Beq}$

$\frac{m'}{M'}-x=0$ *et* $\frac{m'}{M'}=x$

On en déduit que: $\frac{m'}{M'}=C_BV_{Beq}$ *d'où* $C_B=\frac{m'}{M'V_{Beq}}$.

2.5.Conclusion:

C_B= valeur moyenne issue des 12 groupes de TP ± $\frac{ts}{\sqrt{12}}$ *g et t=2,201.*

On pouvait déjà estimer la valeur du volume à l'équivalence; car, d'après la formule à l'équivalence et les valeurs de la masse et de la masse molaire d'hydrogénophtalate de potassium ainsi que l'estimation de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium (solution de soude), on a:

$V_{Beq}=\frac{m'}{M'C_B}$ *soit* $V_{Beq}=\frac{0,4}{204,23\,x\,0,1}$ *et V_{beq}=19 mL environ.*

3.Dosage de l'acidité titrable des tomates:

3.1.Objectif:

Déterminer l'acidité titrable des tomates issue de la récolte de la serre.

3.2.Schéma:

Schéma + légende.

3.3.Mesures accompagnée de leur précision:

50,00±0,0..... mL de solution de travail

$V_{Beq\ rapide}$=...,00±0,05mL

$V_{Beq\ 1}$=...,00±0,05mL

$V_{Beq\ 2}$=...,00±0,05mL

3.4.Interprétation des mesures:

3.4.1.*Les trois réactions de dosages sont quantitatives car leur contanste d'équilibre* $\frac{K_A}{K_e}$ *sont toutes supérieures à* 10^4.

Mais les 2 différences successives entre pK_A *de l'acide citrique monohydraté sont inférieures à 2,5.*

Donc les trois réactions de dosages s'additionnent tel que:

$C_6H_{10}O_{8(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_9O_8^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

$C_6H_9O_8^-{}_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_8O_8^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

$C_6H_8O_8^{2-}{}_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$.

$C_6H_{10}O_{8(aq)} + 3\ HO^-_{(aq)} \rightarrow C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)} + 3\ H_2O_{(l)}$

3.4.2.*On a:*

Equation chimique	$C_6H_{10}O_{8(aq)}$ +	$3\ HO^-_{(aq)}$ →	$C_6H_7O_8^{3-}{}_{(aq)}$ +	$3\ H_2O_{(l)}$
Etat initial (mol)	n_a	$C_BV'_{Beq}$	*0*	*excès*
Etat final (mol)	$n_a - x$	$C_BV'_{Beq}-3x$	$0+x$	*excès*

A l'équivalence, les réactifs sont entièrement consommés soit:

$C_BV'_{Beq} - 3x=0$ *et* $x=\frac{C_BV'_{Beq}}{3}$

$n_a - x = 0$ *et* $x=n_a$.

On en déduit que: $n_a=\frac{C_BV'_{Beq}}{3}$.

3.4.3.*On a:* n_aM_a *d'acide citrique monohydraté* ↔ V_0*=50,00 mL de solution de travail*

? ↔ *250,00 mL de solution de travail*

On en déduit qu'il y a: $n_aM_a\frac{250}{V_0}$ *g d'acide citrique monohydraté dans 250,00 mL de solution de travail.*

Or, dans les 250 mL de solution de travail, on a m g de tomate soit:

$n_aM_a\frac{250}{V_0}$ *g d'acide citrique monohydraté* ↔ *m g de tomate*

? ↔ *100 g de tomate*

On en déduit que l'acidité titrable de la tomate est telle que: $A=n_aM_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}$ *soit*

$A=\frac{C_BV_{Beq}}{3}M_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}$.

3.4.4.*On a:* $A_1=\frac{C_BV_{Beq1}}{3}M_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}$ *et* A_1*=.....*

$A_2=\frac{C_BV_{Beq2}}{3}M_a\frac{250}{V_0}\frac{100}{m}$ *et* A_2*=.....*

3.4.5.*Calculons* $\frac{|A_1-A_2|}{\frac{A_1+A_2}{2}}$ *et comparons le résultat de ce calcul à 0,02.*

Si $\frac{|A_1-A_2|}{\frac{A_1+A_2}{2}}<0{,}02$ *alors* $A=\frac{A_1+A_2}{2}$.

3.5.Conclusion:

A=valeur moyenne issue des 12 groupes de TP ± $\frac{ts}{\sqrt{12}}$ *g et t=2,201*