

ABREVIATIONS

VNR : Valeurs Nutritionnelles de Référence

EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments

Ctifl : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

USDA : United States Department of Agriculture

HPLC : Chromatographie Liquide Haute Performance

AOPn : Association d'Organisations de Producteurs nationale

PNNS : Programme National Nutrition Santé

AJR : Apports Journaliers Recommandés

ROS : Espèce Réactive d'Oxygène

ACP : Analyse en Composantes Principales

DEFINITIONS

AOPn (Association d'Organisation de Producteurs nationale) : Association d'exploitants agricoles qui représente et défend les intérêts économiques des professionnels de l'AOPn (net1901.org).

AJR (Apports Journaliers Recommandé) : Besoins moyens quotidiens d'un adulte en nutriments essentiels pour avoir une alimentation équilibrée. Les AJR ne tiennent pas compte de l'âge ou du sexe des individus (L'internaute.fr)

Sommaire

I.	INTRODUCTION	1
1.	PRESENTATION DE LA FRAISE	2
a)	<i>Botanique</i>	2
b)	<i>Economie</i>	3
c)	<i>Modes et période de production</i>	3
2.	LA QUALITE NUTRITIONNELLE DE LA FRAISE	3
a)	<i>Composition nutritionnelle</i>	4
b)	<i>Variation des composés d'intérêt nutritionnel</i>	5
3.	PROBLEMATIQUE DU STAGE	6
II.	MATERIEL ET METHODES	7
1.	MATERIEL VEGETAL : LA FRAISE	7
2.	METHODES	7
a)	<i>Randomisation des lots de fraises</i>	7
b)	<i>Mesure de la teneur en matière sèche</i>	7
c)	<i>Mesure de l'Indice Réfractométrique (IR)</i>	8
d)	<i>Mesures de l'acidité titrable</i>	8
3.	DOSAGE PAR CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE A HAUTE PERFORMANCE	8
a)	<i>Sucres / Acides organique</i>	8
b)	<i>Vitamine C</i>	8
c)	<i>POLYPHENOLS</i>	9
4.	ANALYSE STATISTIQUE	9
III.	RESULTATS/ DISCUSSION	10
1.	ANALYSE GENERALE DES RESULTATS	11
a)	<i>Caractéristiques physico-chimiques simples</i>	11
b)	<i>Analyse de la distribution des macros et micro-nutriments</i>	12
2.	ÉTUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUES DE FRAISES ISSUES DE DEUX MODES DE CULTURE DIFFERENTS	13
a)	<i>Sucres et acides</i>	13
b)	<i>Composés d'intérêt nutritionnel</i>	14
c)	<i>Comparaison de la composition chimique des fraises échantillonnées la même semaine</i>	15
3.	ÉTUDE DE LA COMPOSITION DES FRAISES ISSUES DE CULTURE HORS-SOL	16
a)	<i>Effet variétal</i>	17
b)	<i>Influence de la date de récolte</i>	18
4.	VARIATION DES COMPOSES D'INTERET NUTRITIONNEL DES FRAISES ECHANTILLONNES PRODUITES EN SOL	19
a)	<i>Effet variétal</i>	20
b)	<i>Influence de la date de récolte</i>	22
IV.	CONCLUSION	23

V. ANNEXES

VI. BIBLIOGRAPHIE.....

Liste des Figures, des Tableaux et des Annexes

Figures

Figure 1 : Répartition des centres et antennes du Ctifl (source : Ctifl.fr).

Figure 2 : Répartition de la production totale de l'Union Européenne (Ctifl, 2014).

Figure 3 : Rendement (a) et production (b) de fraises en France (FAOSTAT, 2013).

Figure 4 : Impact de l'acide ascorbique sur la présence de radicaux libres (Arrigoni & De Tullio, 2002).

Figure 5 : Source de la variabilité des polyphénols.

Figure 6 : Exemples de Stress métaboliques induisant la synthèse de métabolites secondaires (Dixon & Paiva, 1995).

Figure 7 : Calendrier d'échantillonnage des 20 lots de fraises étudiés.

Figure 8 : Résultats de l'analyse en composantes principales 1 (ACP 1) sur le plan principal 1-2.

Figure 9 : Résultats de l'ACP 1 sur le plan secondaire 2-3.

Figure 10 : Valeurs des paramètres physico-chimiques simples pour les différents lots de fraises : (A) poids moyen, (B) matière sèche, (C) acidité titrable, (D) indice réfractométrique.

Figure 11 : Somme des macro/micronutriments pour les différents lots de fraise. : (A) sucres, (B) acides, (C) vitamine c, (D) polyphénols.

Figure 12 : Résultats de l'ACP 2 sur le plan principal 1-2.

Figure 13 : Résultats de l'ACP 3 sur le plan principal 1-2.

Tableaux

Tableau 1 Composition nutritionnelle de la fraise (Source : USDA,2016). * Sources : Ciqual 2013 (ANSES)

Tableau 2 : Teneurs des différentes familles polyphénoliques chez la fraise (Source : Aprifel.fr)

Tableau 3 : Description des variétés étudiées (Interfel.com)

Tableau 4 : Paramètre HPLC/UPLC utilisés lors de l'analyse des sucres/acides organiques (A), de la vitamine C (B) et des polyphénols (C).

Annexes

Annexe I : Description des composés polyphénoliques analysés lors de cette étude

Annexe II : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Ciflorette.

Annexe III : Niveau des différents paramètres physico chimique étudiés des échantillons de la variété Gariguette.

Annexe IV : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Clery.

Annexe V : Comparaison du niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés selon les 3 variétés étudiées.

I. Introduction

L'intérêt pour la qualité nutritionnelle des fruits et légumes est de plus en plus marqué dans la filière. Particulièrement représentés dans ces produits, les marqueurs nutritionnels ont fait l'objet de nombreuses études concernant leurs bénéfices pour l'homme (Poiroux-Gonord *et al.*, 2010). A l'image de la vitamine C, les caroténoïdes ou encore les polyphénols, par leur action antioxydante, participent à la lutte contre les différents radicaux libres présents dans l'organisme (Hudson, 2012).

La fraise, très appréciée par les consommateurs pour son mélange de saveurs sucrée et acidulée, est considérée comme le fruit préféré des français selon une récente étude (Chardenon, 2015). Ce produit a la particularité d'être une source non négligeable en vitamine C, principal antioxydant retrouvé pour ce produit (Giampieri *et al.*, 2012). D'années en années, l'offre fraise se diversifie. Des produits de multiples origines sont retrouvés sur les étals de nos marchés. Cette diversification impacte-t-elle la qualité nutritionnelle de ce fruit ?

En 2007, une expertise scientifique collective sur les enjeux et les déterminants de la consommation des fruits et légumes a été menée par l'INRA à la demande du ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Ce rapport s'est notamment intéressé aux sources de variations de la qualité nutritionnelle des fruits et légumes. Cette variabilité semble marquée mais l'influence des différents paramètres ne semble pas être mise en évidence. Il est notamment précisé qu'aucun mode de production (biologique, intégré ou conventionnel) ne semble favoriser l'accumulation des composés d'intérêt nutritionnel mais aussi que la littérature présente beaucoup de résultats contradictoires (ESCo, 2007). Ainsi, les professionnels de la filière sont demandeurs d'informations sur la qualité nutritionnelle de leurs produits.

Dans l'optique d'améliorer les connaissances sur les origines de la variabilité de la qualité nutritionnelle de la fraise et ainsi déterminer différents axes de communication autour de ce point, l'AOPn Fraise de France a sollicité le Ctifl afin de mettre en place une telle étude. Acteur principal de ce projet, cet organisme public a été conçu dans le cadre de la loi du 22 juillet 1948 sur les Centres Techniques Industriels, à but non lucratif il agit pour l'ensemble de la filière fruits et légumes. Le Ctifl a pour principal objectif d'accompagner chercheurs, producteurs et commerçants dans leur activité professionnelle. Présents sur différents sites en France (**Figure 1**), cet organisme participe à des projets de recherche sur la qualité des fruits et légumes. Ainsi, par ses actions, il assure un lien entre les différents acteurs du marché. Ce projet, qui s'inscrit dans une démarche d'accompagnement des acteurs de la filière fraise, s'intègre parfaitement aux objectifs du Ctifl.

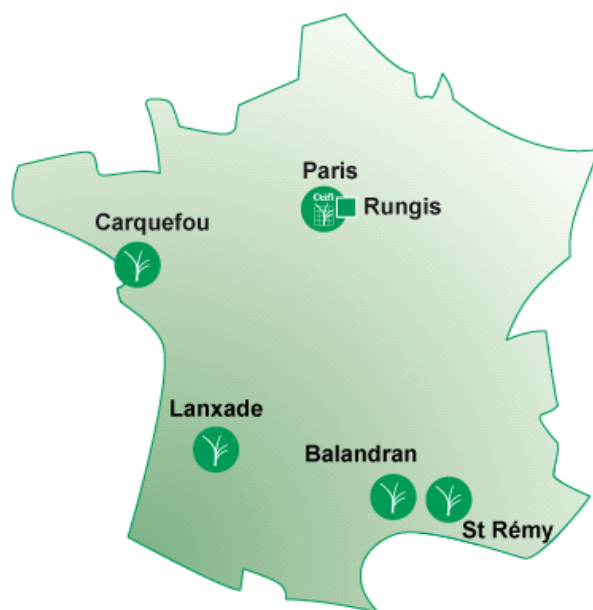


Figure 1 : Répartition des centres et antennes du Ctifl (source : Ctifl.fr).

Quatre centres sont situés à Carquefou, Lanxade, Balandran et Saint-Rémy. Une antenne est située à Rungis. Le siège social est à Paris.

Cette étude a pour but, dans un premier temps, d'observer la variation de la teneur en composés d'intérêt nutritionnel chez un ensemble d'échantillons représentant au mieux « l'offre fraise » présente en France. Puis, dans un second temps, il s'agira de déterminer l'ensemble des paramètres qui seraient susceptibles d'influencer la qualité nutritionnelle de ces produits.

Cette étude a été mise en place sur le centre de Saint-Rémy-de-Provence (13), spécialisé dans l'appréciation et la mesure de la qualité des fruits et légumes en post-récolte mais également dans l'amélioration des techniques de conservation de ces produits.

1. PRESENTATION DE LA FRAISE

a) BOTANIQUE

Le fraisier (*Fragaria x ananassa* Duchesne) est une dicotylédone de la famille des Rosacées. Les fruits produits sont retrouvés à l'état sauvage (*Fragaria vesca*) depuis des millions d'années. Une hybridation involontaire a permis l'association de la rusticité et de la productivité de *Fragaria chiloensis* à la grosseur des fruits de *Fragaria virginiana*. Le nom de l'espèce « ananassa », quant à lui, provient de son odeur qui serait commune à celle de l'ananas (Bosc & Bardet, 2014 ; Doré & Varoquaux, 2006).

De multiples variétés, sélectionnées au fil des années, sont classées selon leur sensibilité à la photopériode. Les variétés non remontantes rassemblent les variétés de jours courts qui n'ont besoin que de peu de lumière pour une unique induction florale. Les variétés partiellement remontantes ont la particularité d'avoir deux inductions florales et ainsi deux périodes de récoltes : au printemps et à l'automne. Les variétés remontantes ont, quant à elles, une production continue du printemps à l'automne.

Le caractère multi-variétal et la rusticité du fraisier le rendent adaptable à de multiples conditions : un climat froid, tropical ou équatorial et même une culture en altitude. Cette production multisectorielle conditionne une offre très hétérogène sur l'ensemble de nos marchés (Bosc & Bardet, 2014).

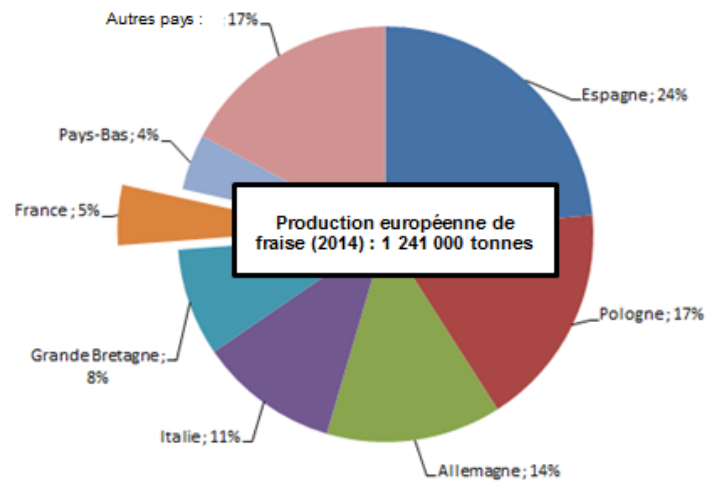


Figure 2 : Répartition de la production totale de l'Union Européenne (à partir des données Ctifl, 2014).

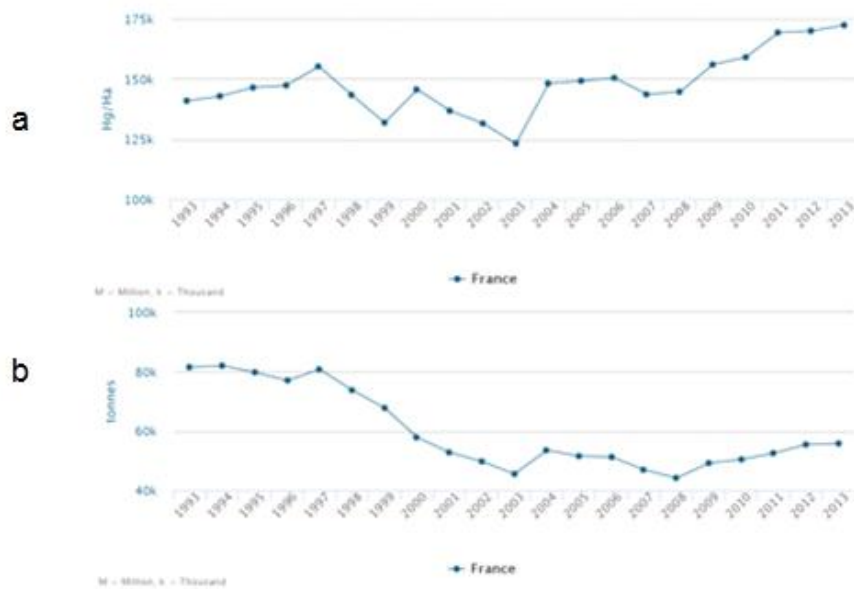


Figure 3 : Rendement (a) et production (b) de fraises en France (FAOSTAT, 2013).

b) ECONOMIE

La fraise est retrouvée régulièrement sur les étals des marchés français. Cependant, la production française reste en retrait comparée à celle des grands producteurs européens tels que l'Espagne, la Pologne et l'Allemagne (**Figure 2**). A l'échelle mondiale, la production est principalement réalisée par les grandes puissances que sont la Chine et les Etats-Unis. Elles totalisent à elles-deux près de 4 millions de tonnes de fraises produites en 2013 soit près de 4 fois la production totale de l'Union Européenne (FAOSTAT, 2013). En France, on décèle trois bassins de production majoritaires pour la fraise. Le bassin aquitain produit environ 37% de la production française contre respectivement 11% et 9,5% pour les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Rhône-Alpes (INTERFEL, 2014).

Ces dernières années, la France connaît des difficultés dans la production de fraises. Malgré une hausse notable des rendements, la production n'a cessé de chuter. En près de 10 ans (1993-2003), la France a perdu 50% de sa production (**Figure 3**). Une arrivée de fraises espagnoles sur les marchés, à des prix attractifs, pourrait expliquer cette forte chute qui tend à se stabiliser au début des années 2000 (Hennion & Veschambre, 1997).

Ainsi, la fraise suscite un intérêt économique tout particulier à l'échelle internationale avec d'importantes productions. En France, les difficultés économiques rencontrées incitent les professionnels de la filière à rechercher de nouvelles stratégies économiques.

c) MODES ET PERIODE DE PRODUCTION

En France, en plus d'être l'un des fruits les plus consommés, sa disponibilité s'étale sur près de 8 mois : des fraises espagnoles importées début mars jusqu'aux fraises remontantes automnales (Hennion & Veschambre, 1997). La saison de la fraise distingue différents créneaux de production selon les variétés mais également selon le mode de culture. L'arrivée des premières fraises hors-sol a permis d'allonger la période de production de ce fruit. Avec une évolution des surfaces de l'ordre de 7 à 20% par an entre 2003 et 2013, le mode de production hors-sol a pris une place de plus en plus importante pour devenir en 2013 le mode de culture prédominant avec près de 60% du volume de fraise produites (Eckert, 2014).

2. LA QUALITE NUTRITIONNELLE DE LA FRAISE

Depuis des années, le bénéfice nutritionnel des fruits et légumes a été largement étudié (El Gharras, 2009 ; Kähkönen *et al.*, 1999). Dans une récente analyse, l'OMS fait état d'un constat préoccupant sur le manque de ces produits dans l'alimentation humaine.

Tableau 1 Composition nutritionnelle de la fraise (Sources: USDA,2016 ; *Ciqual ANSES 2013)

Composants	Teneur moyenne (g/100g)
Eau	90,95
Glucides	4,89
Fibres	2
Acides organiques	1,05
Protéines	0,67
Lipides	0,30
AG insaturés	0,198
AG saturés	0,015
Vitamine C	58,8
Glucose	1,99
Fructose	2,44
Saccharose	0,47
Acide Citrique	0,82*
Acide Malique	0,24*

Tableau 2 : Teneurs des différentes familles polyphénoliques chez la fraise (Source : Aprifel.fr)

Polyphenols	Quantité (pour 100g MF)
Flavonoïdes	84.47 mg
Acides phénoliques	12.74 mg
Stilbènes	0.35 mg
Polyphénols totaux	97.56 mg

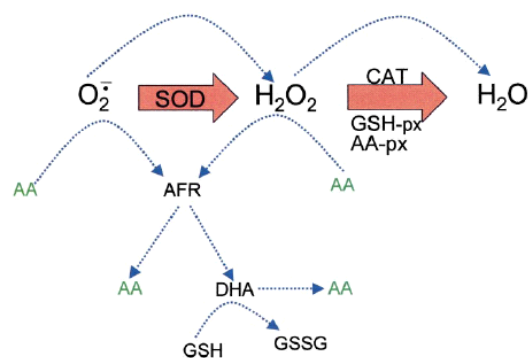


Figure 4 : Impact de l'acide ascorbique sur la présence de radicaux libres (Arrigoni & De Tullio, 2002).

Les flèches rouges correspondent à des réactions enzymatiques tandis que les flèches bleues représentent des réactions non enzymatiques. AA =Acide ascorbique ; DHA = Acide déhydroascorbique ; GSH = Glutathione

Les habitudes alimentaires humaines ne semblent donc pas assez riches en fruits et légumes, alors que certains constituants des fruits et légumes, en plus de lutter contre l'obésité, sont nécessaires au bon fonctionnement du métabolisme. Considérés comme de sérieux atouts dans la lutte contre des troubles physiologiques de types cancers ou maladies cardiovasculaires (Arrigoni & De Tullio, 2002 ; Kong *et al.*, 2003), cette faible consommation représente l'un des dix principaux facteurs de risque de mortalité (OMS, 2016). Depuis 2001, le Programme National Nutrition Santé (PNNS) cherche à améliorer la santé humaine à travers une meilleure nutrition. L'un des axes principaux vise notamment à valoriser la consommation des fruits et légumes (Bourdillon, 2016).

a) COMPOSITION NUTRITIONNELLE

La fraise est avant tout composée d'eau (90% de la matière fraîche). Les principaux nutriments (lipides, glucides, protéines) sont présents en faible quantité (**Tableau 1**) dans un produit intéressant nutritionnellement car faiblement calorique (32 Kcal ; source : USDA). Ce fruit dispose également de fibres qui participent à la régulation du taux de sucre dans le sang et présentent un effet de satiété (Tulipani *et al.*, 2008). La fraise est considérée comme une source de manganèse et de vitamine B9 (folates) mais également comme un produit riche en vitamine C (aprifel.com). Avec une valeur moyenne de 65 mg/100g, cette teneur est analogue à celle rencontrée dans l'orange et le kiwi (Lee & Kader, 2000), ce qui signifie qu'une barquette de 100g de fraise couvre plus de 80% des AJR en vitamine C estimée à 80 mg/100g (Directive 2008/100/CE). Présents en faible quantité, certains composés de la famille des caroténoïdes comme la lutéine et le β -carotène ont été signalés dans la fraise (Marinova & Ribarova, 2007). Les polyphénols, relativement présents, sont majoritairement représentés par les flavonoïdes et les acides phénoliques (**Tableau 2**). Ces composés présentent une activité antioxydante mais également différents rôles bénéfiques pour l'organisme humain (**Annexe I**). Ils peuvent également être essentiels, car non synthétisés par l'homme à l'image de l'acide ascorbique (Giampieri *et al.*, 2012). Cette fonction antioxydante est réalisée via des réactions non enzymatiques visant à réguler la présence de radicaux libres et notamment des ROS (peroxyde d'hydrogène, super oxyde...), composés pouvant être générés par des processus comme la peroxydation des lipides (**Figure 4**).

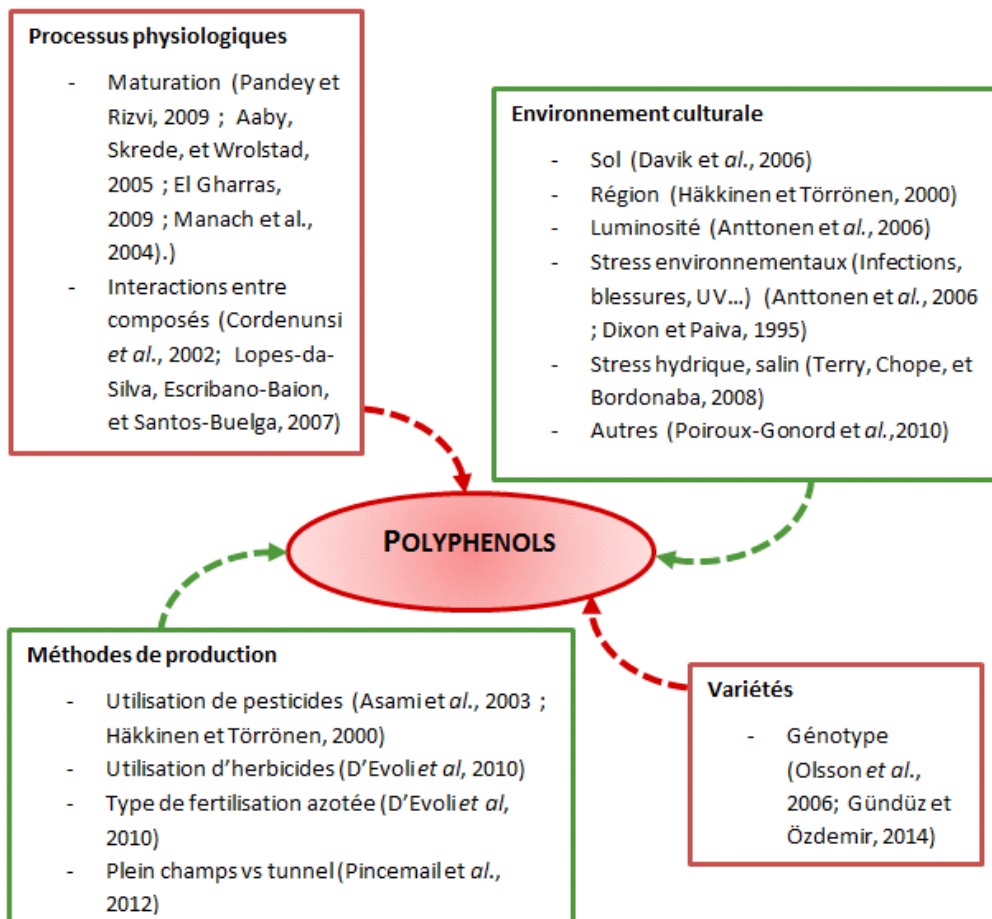


Figure 5 : Source de la variabilité des polyphénols.

Les flèches vertes représentent l'influence des facteurs externes au fruit. Les flèches rouges correspondent à des facteurs propres au fruit.

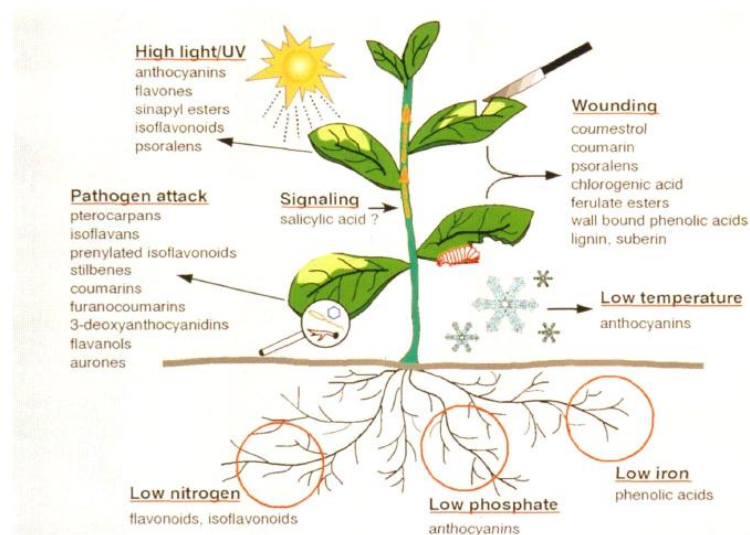


Figure 6 : Exemples de Stress métaboliques induisant la synthèse de métabolites secondaires (Dixon & Paiva, 1995).

b) VARIATION DES COMPOSES D'INTERET NUTRITIONNEL




D'après la littérature, la composition chimique des fraises semble être très variable tant sur le plan qualitatif que quantitatif (Aaby *et al.*, 2011 ; Fernandes *et al.*, 2012). Ces variations semblent provenir notamment d'un ensemble de facteurs intervenant au cours de la production des fraises (**Figures 5 et 6**). Ces paramètres interagissent à des échelles plus ou moins importantes. L'effet variétal semble tout de même prédominer (Gündüz & Özdemir, 2014). Ce facteur semble influencer la forme et la composition du fruit. Ainsi, il est possible d'observer des différences quantitatives importantes, entre variété, sur des composés à l'image des anthocyanes (Olsson *et al.*, 2004).

L'environnement du fraisier conditionnerait également la quantité et la qualité de certains composants, comme en témoigne les multiples études réalisées sur cette thématique, résumées dans l'article de Poiroux-Gonord *et al.* (2010). La distribution de ces micro-constituants semble varier selon des facteurs pédoclimatiques ou agronomiques (Davik *et al.*, 2006 ; Terry, Chope, & Bordonaba, 2008) ou encore à travers l'influence de la biodiversité qui entoure la culture. En effet, certains composants, comme les polyphénols, sont synthétisés par la voie du shikimate. Ils semblent être induits par la présence d'infections bénignes mais également d'autres stress environnementaux (UV, blessures...) (Dixon & Paiva, 1995) (**Figure 6**).

Les techniques de culture influenceraient également la qualité nutritionnelle des fraises. Certaines études mettent en avant le bénéfice de la culture biologique sur les composés d'intérêt nutritionnel (Asami *et al.*, 2003 ; Crecente-Campo *et al.*, 2012). L'utilisation d'herbicides inhiberait la voie du shikimate tandis qu'un apport d'intrants sous forme de compost favoriserait la production de métabolites secondaires polyphénoliques (Asami *et al.*, 2003 ; D'Evoli *et al.*, 2010 ; Häkkinen & Törrönen, 2000). La date de récolte semble également être une donnée importante pour la qualité du fruit. Lors du mûrissement, des processus physiologiques internes semblent modifier la distribution de certains de ces composés (Pandey & Rizvi, 2009).

Ainsi, la composition nutritionnelle semble être multifactorielle. L'ensemble de ces analyses permet de révéler certaines tendances. Toutefois, il est difficile de comparer ces travaux en raison du nombre de paramètres modifiés entre chaque étude. De plus, l'extraction et l'analyse de ces molécules nécessitent des techniques à forte sensibilité. Ces études peuvent présenter l'utilisation de différentes techniques pour l'analyse d'un même composé (Aaby *et al.*, 2011) La méthode d'analyse choisie sera susceptible d'impacter le résultat à l'image de la teneur en phénols totaux identifiés à partir de la somme des polyphénols analysés individuellement en HPLC/UPLC ou à l'aide de techniques déterminants directement cette concentration (Lester *et al.*, 2012).

Tableau 3 : Description des variétés étudiées (Interfel.com)

	Gariguette	Ciflorette	Clery
Typologie	Moyenne, fine, allongée, biconique, rouge vermillon	Allongée, ovoïde, orange à rouge brique	Ronde, rouge cardinal
Lieu de production	France entière	Sud de la France	Sud de la France
Période de production	(Mars→Mi-juin)	(Mars→Juillet)	(Mars→Mai)
Photo représentative (Source : Ctifl, 2016)			

3. PROBLEMATIQUE DU STAGE

De multiples tentatives de comparaisons ont été réalisées afin d'analyser l'influence de paramètres sur la teneur en composés d'intérêt nutritionnel. L'ensemble de ces études a montré que la qualité nutritionnelle des fraises était multifactorielle et très hétérogène. De multiples facteurs régulent la quantité et la typologie des composés qui définissent la qualité nutritionnelle de la fraise (vitamine C, polyphénols) (**Figure 6**).

Ce stage constitue la première année d'un projet qui se déroulera sur trois ans en partenariat avec l'AOPn Fraise de France. Ces trois années d'études permettront de caractériser la variabilité qualitative et notamment nutritive de l'offre « fraise ». Il s'agira donc d'étudier la diversité des composés d'intérêt nutritionnel présent dans un échantillonnage de fraises. L'objectif de ce projet sera de répondre à la problématique suivante :

En quoi la variabilité de l'offre fraise, à travers une diversité de variétés, d'origines, de modes culturels ou de calendriers de production impacte-t-elle la qualité nutritionnelle des fraises disponibles sur nos étals ?

La première année consistera un point d'ancrage au projet. Pour ce faire, différents prélèvements seront réalisés afin d'obtenir des fraises qui représentent l'offre proposée au consommateur. Les trois variétés les plus représentatives du marché français seront étudiées : Gariguet, Ciflorette et Clery (**Tableau 3**). Cet échantillonnage, principalement réalisé pour cette 1^{ère} année dans le sud-est de la France, constituera une première base de travail qui a pour objectif d'apporter des éléments de réponse à la problématique du stage :

Quelles sont les sources de variations de la qualité nutritionnelle observées chez la fraise ?

En plus de réaliser une base de données sur les composés d'intérêt nutritionnel de la fraise, ce type d'étude pourra également faire office de base scientifique dans la promotion des fruits et légumes sur le territoire.

L'objectif principal sera de déterminer les différentes sources de variations de la qualité nutritionnelle qui peuvent être mises en évidence chez la fraise. Puis, dans un second temps, il s'agira, à partir des premières tendances observées, de préparer une méthode d'échantillonnage pour les années suivantes.

Type	Mode de culture	Variété	Provenance	Producteur	SEMAINES													Nb Prélèvements		
					11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Hors-sol	Conventionnel	Gariguette	Coopérative	Vaucluse 2	X		X						X			X				4
	Conventionnel	Ciflorette	Coopérative	Vaucluse 1	X		X									X		X		4
Type		Variété	Provenance		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Nb Prélèvements		
Sol	Bio	Ciflorette	Magasin	Vaucluse 3							X		X		X		X		4	
	Conventionnel	Cléry	Magasin	Vaucluse 3							X		X		X		X		4	
	Conventionnel	Gariguette	Coopérative	Vaucluse 4								X		X	X		X		4	

Figure 7 : Calendrier d'échantillonnage des 20 lots de fraises étudiés.

II. Matériel et méthodes

1. MATERIEL VEGETAL : LA FRAISE

L'échantillonnage a été réalisé entre mi-mars et mi-juin (semaine 11 à la semaine 23). Trois variétés ont été étudiées : Gariguet, Ciflorette et Clery. Vingt lots de fraises ont été prélevés. Ils sont caractérisés par :

- 2 types de cultures (Sol / Hors-sol)
- 4 producteurs différents
- 4 dates de récolte
- 2 modes de culture (Bio/conventionnel)

Les différents prélèvements ont été réalisés en coopératives ou directement chez des producteurs. Les lots sont répertoriés **Figure 7**.

2. METHODES

a) RANDOMISATION DES LOTS DE FRAISES

Chaque lot de fraises (4 kg) a été randomisé en trois répétitions de 500g. Le poids moyen des fruits a été calculé puis les sépales ont été retirés. Les échantillons ont été coupés en cube et congelés à l'azote liquide. Ces derniers ont ensuite été pulvérisés à l'aide d'un mixer (Waring Blender) et d'un broyeur à mortier (Pulverisette 2, Fritsch) sous azote liquide afin d'obtenir une poudre fine. La poudre est ensuite stockée au congélateur à -80°C.

b) MESURE DE LA TENEUR EN MATIERE SECHE

5g de poudre ont été utilisés pour le calcul du pourcentage de matière sèche. La poudre a été mise à l'étuve à 55°C pendant 72h sous ventilation permettant la déshydratation totale de l'échantillon. Le pourcentage de matière sèche a été déterminé à partir de l'équation suivante :

$$\% \text{ MS} = \left(1 - \frac{(\text{MF} - \text{P}) - (\text{MS} - \text{P})}{(\text{MF} - \text{P})}\right) \times 100$$

(Où **MS** est la masse du pot + poudre après 72H (en g), **MF** est la masse du pot + poudre avant 72H et **P** la masse du pot seul (en g))

Tableau 4 : Paramètre HPLC/UPLC utilisés lors de l'analyse des sucres/acides organiques (A), de la vitamine C (B) et des polyphénols (C).

A Paramètres	Conditions Sucre/acide
Chromatographe	HClass Waters (UPLC)
Volume injecté	2 µL
Débit de la pompe	0.4 mL.min ⁻¹
Température colonne	27 °C
Colonne	Rezex ROA H+ 8%
Phase mobile	H ₂ SO ₄ à 0,5 mN (isocratique)
Détecteur	UV-visible à barette de diodes (PDA) Prostar 330, longueur d'onde 210 nm
Etalonnage	Externe : 5 Droites étalons à 5 points à partir de Saccharose (99.5%) ; Glucose (99%) ; Fructose (99.5%) ; Acide citrique (99.5%) et Acide malique (99%)

B Paramètres	Conditions Vitamine C
Chromatographe	HPLC Varian
Volume injecté	10 µL
Débit de la pompe	1 mL.min ⁻¹
Température colonne	25 °C
Colonne	Supelcosil C 18
Phase mobile	KH ₂ PO ₄ à 0,2 mol.L ⁻¹ ajusté à pH = 3 par H ₃ PO ₄ (isocratique)
Détecteur	UV-visible à barrette de diodes (PDA) Prostar 330, longueur d'onde 245 nm (Balayage 190 nm à 300 nm)
Etalonnage	Externe : Droite étalon à 5 points à partir d'acide ascorbique (99.5%)

C Paramètres	Conditions Polyphénols
Chromatographe	Acquity Waters (UPLC)
Volume injecté	1 µL
Débit de la pompe	0.4 mL.min ⁻¹
Température colonne	35 °C
Colonne	Waters acquity UPLC HSS T3 1.8 µm 2,1* 100 mm
Phase mobile	A : Eau / Acide Formique (98,5 / 1,5) B : Méthanol - de 0 à 1 min : 9% B - de 1 à 8,5 min : 9-24% B - de 8,5 à 19 min : 24-67% B - de 19 à 24 min : 95% B - de 24 à 29 min : 9% B
Détecteur	UV-visible à barrette de diodes (PDA), balayage de 240 nm à 600 nm
Etalonnage	Interne : 4 hydroxybenzoate de méthyle

c) MESURE DE L'INDICE REFRACTOMETRIQUE (IR)

L'indice réfractométrique est mesuré à partir de 13 à 15g de poudre décongelés à température ambiante puis centrifugés (14 000 tour/min, 2min). Quelques gouttes de jus de surnageant ont été versées sur un réfractomètre numérique de type ATAGO PR-32. Chaque mesure de l'IR est réalisée trois fois afin d'obtenir une valeur moyenne en % Brix. Le jus restant a été utilisé pour la mesure de l'acidité titrable.

d) MESURES DE L'ACIDITE TITRABLE

L'acidité titrable est mesurée à partir d'un dosage pH métrique. 5 g de jus précédemment obtenu ont été dilués dans 30 mL d'eau ultra pure avant une titration à la soude (0.1 mol/L). La mesure est réalisée à l'aide d'un titrateur automatique TitroLine®7000, relié à un passeur d'échantillons TW alpha plus (SI Analytics).

Cette quantité ajoutée pour obtenir un PH à 8,1 est proportionnelle à la quantité d'acides titrables (AT) du jus qui s'exprime en milliéquivalents pour 100g de matière fraîche (Vénien & Tassin, 2000). Elle est obtenue à partir de cette équation :

$$\text{Acidité} \left(\frac{\text{meq}}{100\text{g MF}} \right) = \frac{(100 \times V1 \times c)}{m}$$

(Où *m* est la masse de la prise d'essai (en g), *V1* est le volume de la solution de soude utilisée (en mL) et *c* la concentration exacte de la solution de soude (mol/L))

3. DOSAGE PAR CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE A HAUTE PERFORMANCE

Les sucres, les acides organiques, la vitamine C et les polyphénols ont été analysés en HPLC et UPLC.

a) SUCRES / ACIDES ORGANIQUE

La quantification du glucose, du fructose, du saccharose ainsi que des acides citrique et malique a été réalisée à partir de 0.5g de poudre diluée 40 fois dans l'eau ultra pure et broyé une minute à l'aide d'un Ultra-Turrax à 20 000 tour/min. La solution a été filtrée à 0,2µm (filtre en acétate de cellulose régénérée) avant injection en HPLC. Les conditions chromatographiques sont répertoriées dans le **Tableau 4a**.

b) VITAMINE C

La vitamine C totale est la somme des acides L-ascorbique (AA) et L-dehydroascorbique (DHA). L'extraction a été réalisée à partir d'1g de poudre diluée dans 19 mL d'acide métaphosphorique (MPA à 2% m/v) puis broyé une minute à l'aide d'un Ultra-Turrax à 20 000 tour/min. La solution obtenue a été filtrée sur 0,2µm (filtre en acétate de cellulose régénérée).

Le dosage de la vitamine C totale est réalisé en ajoutant 500 μ L de TCEP (tris(2-carboxyéthyl)phosphine hydrochloride à 10 mmol/L dans MPA) à 500 μ L d'extrait précédemment obtenu. La réduction du DHA en AA nécessite 3h à température ambiante. Le dosage de l'acide ascorbique a été réalisé à partir de l'extrait obtenu dilué 2 fois dans du MPA 2%. Après injection en HPLC, la teneur en DHA est obtenue par la soustraction de la teneur en AA à la teneur en vitamine C. Les conditions chromatographiques sont répertoriées **Tableau 4b**.

c) POLYPHENOLS

L'extraction des polyphénols est réalisée en ajoutant 20mL d'un mélange de Méthanol/Eau/Acide formique (60/38/2) à 4g de poudre additionné de 100 μ L d'hydroxybenzoate de méthyle (3700 ppm) comme étalon interne. Le mélange est ensuite broyé à l'Ultra-Turrax pendant 1min (20 000 tour/min) avant d'être centrifugé (14 000 tour/min, 2min). 10 mL de surnageant sont prélevés et séchés sous flux d'azote à 50°C (XcelVap, Horizon Technology). L'extrait sec est repris par 1 mL de méthanol acidifié (MeOH/Acide formique 5%) filtré sur 2 μ m (filtre en acétate de cellulose régénérée) et injecté en UPLC. Les conditions chromatographiques sont répertoriées **Tableau 4c**.

4. ANALYSE STATISTIQUE

Les analyses en composantes principales (ACP) et les analyses de variance (Anova) ont été réalisées respectivement à l'aide des logiciels R et Statbox 6.7.

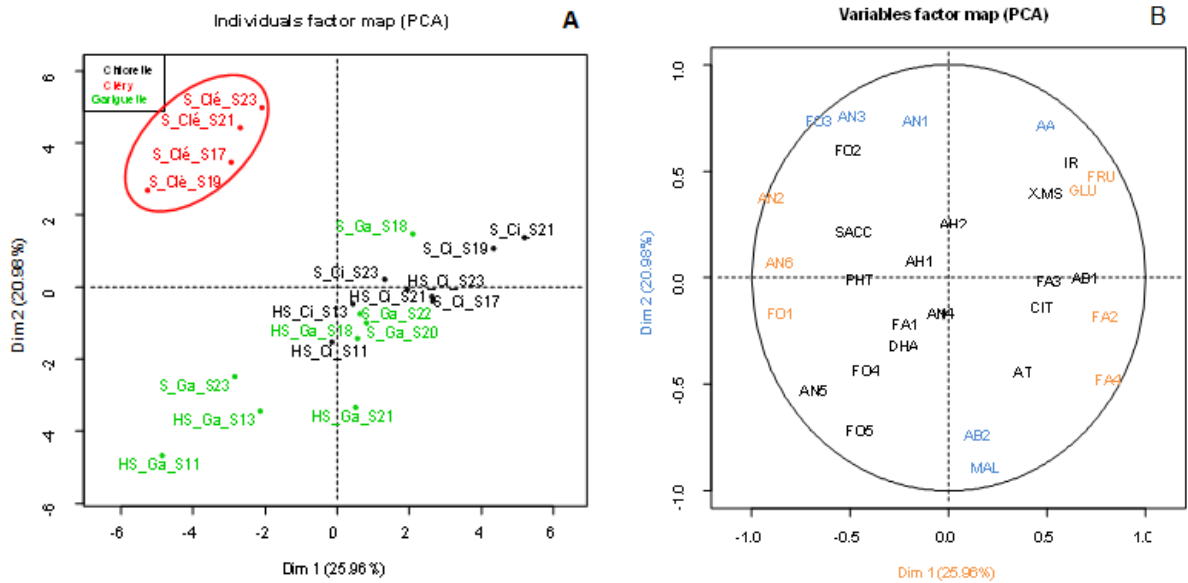


Figure 8 : Résultats de l'analyse en composantes principales 1 (ACP 1) sur le plan principal 1-2.

(A) Projection des 20 individus sur les dimensions 1 et 2. Code : HS (culture hors-sol), S (culture en sol), Ga (Gariguette), Ci (Cliforette), Clé (Cléry) + numéro de semaine à laquelle les fraises ont été récoltées (B) Cercle des corrélations des variables. L'axe 1 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en orange. L'axe 2 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en bleu. La correspondance des codes Annexes II-IV.

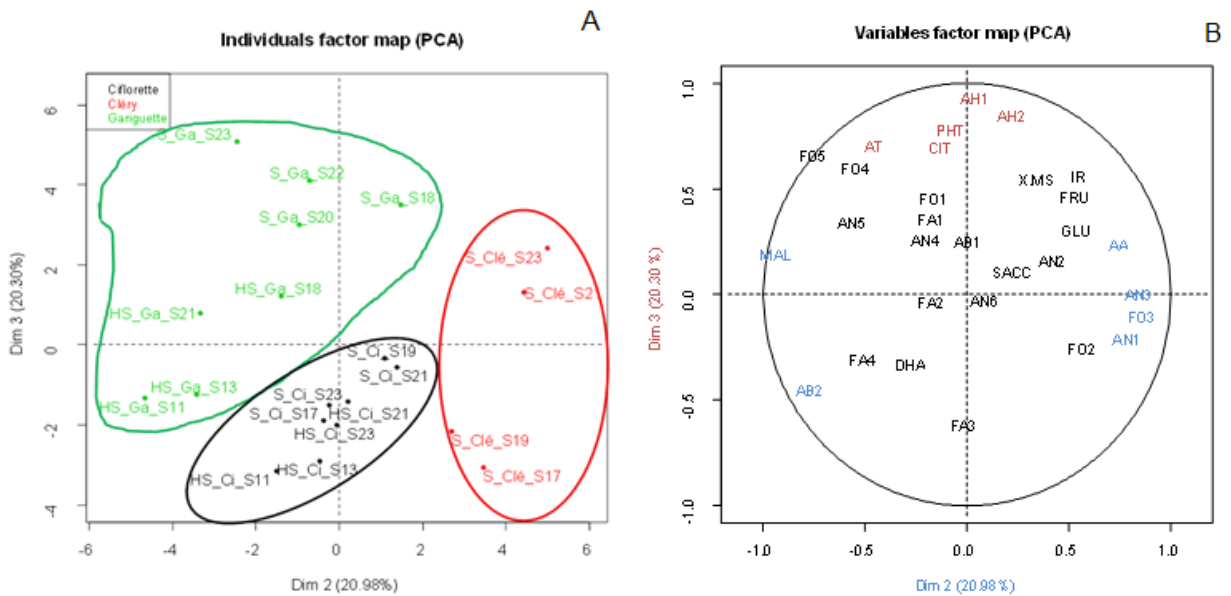


Figure 9 : Résultats de l'ACP 1 sur le plan secondaire 2-3.

(A) Projection des 20 individus sur les dimensions 1 et 2. Code : HS (culture hors-sol), S (culture en sol), Ga (Gariguette), Ci (Cliforette), Clé (Cléry) + numéro de semaine à laquelle les fraises ont été récoltées (B) Cercle des corrélations des variables. L'axe 2 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en bleu. L'axe 3 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en rouge. La correspondance des codes Annexes II-IV.

III. Résultats/ Discussion

Cette étude a pour objet d'identifier les sources de variations de la qualité nutritionnelle chez la fraise. Pour cela, vingt lots de fraises appartenant aux trois variétés les plus représentatives du marché français (Gariguet, Ciflorette et Clery) ont été échantillonnées entre mi-mars (semaine 11) et mi-juin (semaine 23). Les prélèvements ont été réalisés dans le sud-est de la France (Vaucluse) directement chez des producteurs ou en coopérative à quatre dates de récolte. Comme indiqué **Figure 7**, les échantillons ont été produits soit en culture sol ou hors-sol. La majorité de ces lots est issue d'une culture conventionnelle, excepté ceux de la variété Ciflorette en sol conduits en culture biologique.

Sur ces différents lots, le pourcentage de matière sèche (%MS), l'indice réfractométrique (IR), l'acidité titrable (AT) ont été mesurés. Les teneurs des principaux sucres (glucose, fructose, saccharose) et acides organiques (citrique, malique) ainsi que les deux composants de la vitamine C (l'acide ascorbique et déhydroascorbique) ont été déterminés en HPLC. Les teneurs de 18 polyphénols (1 dihydrochalcone, 2 acides hydroxycinnamiques, 2 acides hydroxybenzoïques, 4 flavanols, 5 flavonols et 6 anthocyanes) ont également été déterminées par UPLC.

Afin de visualiser graphiquement la distribution des 29 variables étudiées au sein des différents lots (20 échantillons), une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée. Comme indiqué **Figures 8A et 9A**, les trois premières dimensions décrivent plus de deux tiers de la variance totale. Le plan principal 1-2 qui explique environ 47% de la variance discrimine principalement les échantillons de la variété Clery de ceux des deux autres variétés. Le plan secondaire 2-3 qui explique plus de 40% de la variance, discrimine quant à lui parfaitement bien les échantillons des 3 variétés (**Figures 8A et 9A**). La projection des variables sur les 2 premiers plans (**Figures 8B et 9B**) indique que les échantillons de fraises de la variété Clery, contrairement aux échantillons des deux autres variétés, sont globalement caractérisés par de fortes teneurs en kaempferol-3-glucuronide (FO3), en pelargonidin-3-rutinoside (AN3), en cyanidin-3-glucoside (AN1), en acide ascorbique (AA) et de faibles teneurs en acide malique (MAL) et en acide ellagique (AB2).

Comme indiqué **Figure 9**, les échantillons de la variété Gariguet (excepté HS_Ga_S11 et S13), au contraire de ceux de la variété Ciflorette, semblent avoir d'une manière générale des teneurs plus élevées en acides coumaroyl glucoside 1 & 2 (AH1, AH2), en phloretin (PHT), en acide citrique (CIT) ainsi qu'un niveau d'acidité titrable (AT) plus faible.



Figure 10 : Valeurs des paramètres physico-chimiques simples pour les différents lots de faisas : (A) poids moyen, (B) matière sèche, (C) acidité titrable, (D) indice réfractométrique.

Code : HS (culture hors-sol) et S (culture en sol) + numéro de semaine à laquelle les fraises ont été prélevées.

Enfin, il semblerait que les fraises de la variété Clery récoltées en fin de saison (semaines 21-23) aient des niveaux plus importants en acides coumaroyl glucoside 1 & 2 (AH1, AH2), en phloretin (PHT), et dans une moindre mesure par des niveaux d'acidité titrable (AT) et d'acide citrique (CIT) plus élevés (**Figure 9B**).

1. ANALYSE GENERALE DES RESULTATS

Dans un premier temps, une analyse globale des résultats a été réalisée en examinant les paramètres physico chimiques simples (poids moyen, pourcentage de matière sèche, acidité titrable, et indice réfractométrique) ainsi que les principaux microconstituants (sucres, acides, vitamine C, polyphénols). Les résultats sont donnés **Figures 9 et 10**. Dans un second temps, l'influence des différents facteurs (mode de culture, variété et date de récolte) a été étudiée de manière plus approfondie à l'aide d'analyses en composantes principales (ACP) et de variance (Anova).

a) CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES SIMPLES

Comme indiqué **Figure 10A**, le poids moyen des fruits varie fortement selon la variété. Avec des valeurs moyennes de 11g environ, les fruits de la variété Ciflorette sont les plus petits contrairement à ceux de la variété Gariguette (~14g) et ceux de la variété Clery (~19 g). Si le poids moyen des fruits de la variété Gariguette est globalement constant sur la période considérée, une hétérogénéité importante a pu être observée pour les fruits des deux autres variétés, en particulier pour Clery en début de créneau (S17).

Avec des valeurs comprises entre 8 et 12% (**Figure 10B**), les valeurs de matière sèche sont globalement identiques pour les 3 variétés. Toutefois, les valeurs semblent plus élevées pour les fruits des variétés Gariguette et Ciflorette conduites en sol, environ 11%, par rapport aux fruits des mêmes variétés conduites en hors-sol (~10%). Pour la variété Clery, les valeurs moyennes observées en fin de créneau (S21-23) semblent visiblement plus élevées (~12%) qu'en début (S17-19) de production (~9%).

Avec des valeurs comprises entre 12 et 20 meq/100g, les fraises de la variété Gariguette semblent avoir des valeurs d'acidité titrable plus élevées en comparaison de celles observées pour Ciflorette et Clery, comprises généralement entre 10 et 15 meq/100g. Contrairement à ce que nous aurions pu attendre, il semblerait que les valeurs d'acidité titrable augmentent avec l'avancement de la saison quel que soit le mode de production (S vs HS) (**Figure 10C**).

Les niveaux d'indice réfractométrique varient de 7 à 11%Brix, néanmoins des valeurs moyennes de l'ordre de 9% sont retrouvées pour les trois variétés.

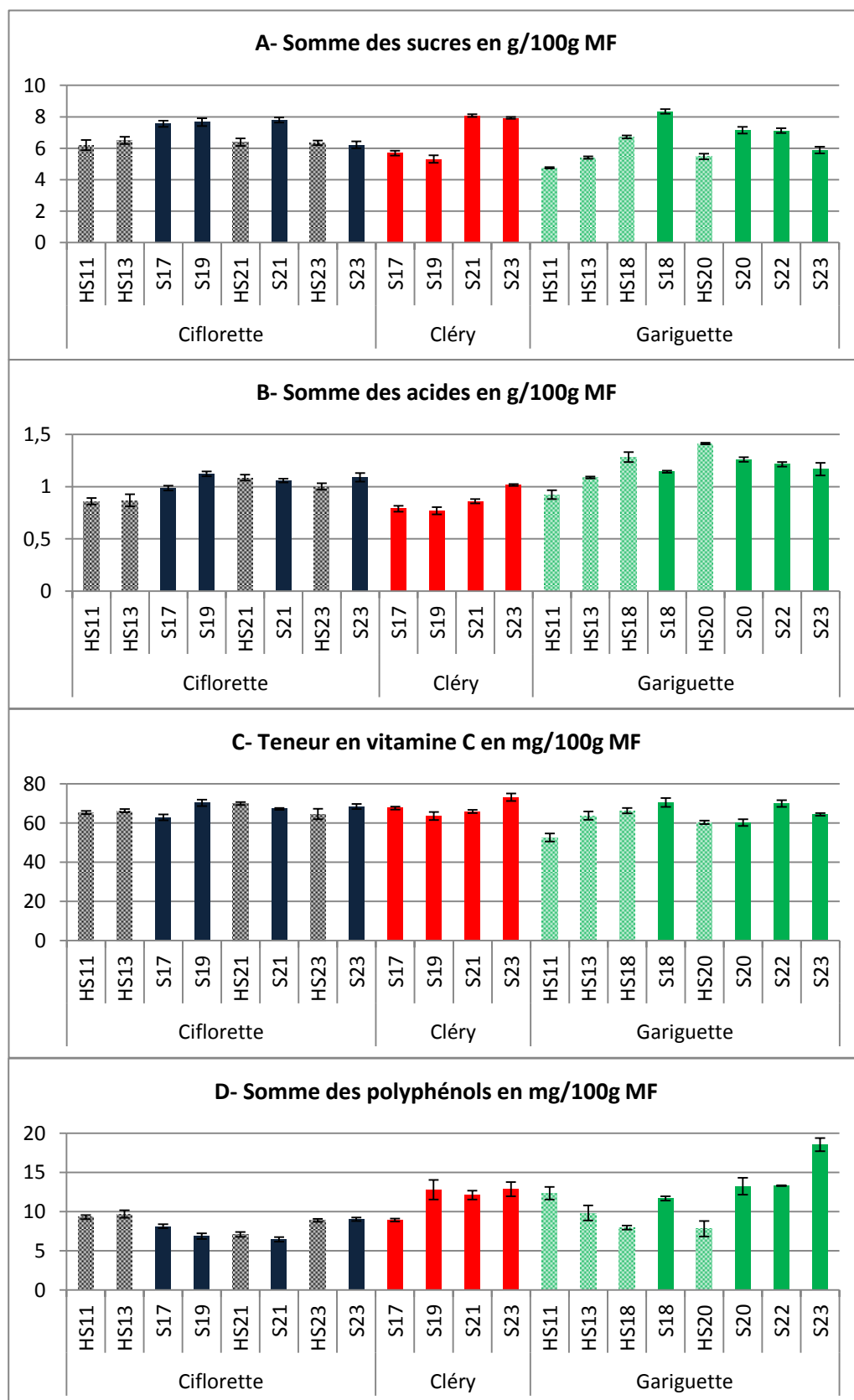


Figure 11 : Somme des macro/micronutriments pour les différents lots de fraise. : (A) sucres, (B) acides, (C) vitamine c, (D) polyphénols.

Les échantillons sont codés HS pour une culture hors-sol et S pour une culture en sol suivi du numéro de semaine

Il semblerait toutefois pour les variétés Gariguette et Ciflorette que les fruits issus d'une culture en sol aient en moyenne des valeurs d'indice réfractométrique plus élevées, environ 10%Brix, que celles observées pour les fruits issus d'une culture hors-sol, environ 8%Brix (**Figure 10D**).

Avec plus de 10%Brix, les fraises de la variété Cléry semble avoir des niveaux d'indice réfractométrique plus élevés en fin de saison comparés à ceux observés en début de saison (~8%Brix)

b) ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DES MACROS ET MICRO-NUTRIMENTS

Comme indiqué **Figure 11A**, les valeurs observées pour la somme des sucres sont comprises entre 5 et 8g/100g. Cependant, les valeurs moyennes (~6g/100g) semblent globalement analogues entre les variétés. Comme observé précédemment pour l'indice réfractométrique, les fruits des variétés Gariguette et Ciflorette issus d'une culture en sol semblent avoir une teneur en sucre plus importante, environ 7 g/100g, comparée à celle observée pour les fraises des mêmes variétés conduites en culture hors-sol respectivement 5 et 6 g/100g environ (**Figure 11A**). La teneur en sucre semble être plus élevée en début de saison (S18-S20) pour les fraises de la variété Gariguette conduites en sol comparée à celle observée en fin de créneau (S22-S23), respectivement 8g/100g et 6g/100g environ (**Figure 11A**). Enfin, il semblerait que les fraises de la variété Cléry aient une teneur en sucre plus élevée en fin de saison (S21-S23), environ 8 g/100g, en regard de celle observée en début de saison (S17-S19), environ 5 g/100g.

D'après la **Figure 11B**, les valeurs observées pour la somme des acides varient fortement (0.7 à 1.4 g/100g). Comme vu précédemment pour l'acidité titrable, il semblerait que les fruits de la variété Gariguette aient une teneur moyenne en acides totaux plus élevée avec 1,2 g/100g en regard de celle observée pour les fraises des variétés Cléry et Ciflorette respectivement 0,7 et 1 g/100g. Comme observé précédemment pour les variétés Cléry (**Figure 9**) et Gariguette (**Figure 11B**), les fraises issues respectivement de culture sol et hors-sol semblent présenter des valeurs moyennes en acides totales plus élevées en fin de saison vis-à-vis de ces mêmes variétés prélevées en début de saison.

Excepté la modalité HS11 de la variété Gariguette, la teneur en vitamine C semble similaire entre les trois variétés (**Figure 11C**). Les valeurs moyennes observées pour les fraises des variétés Gariguette (64 mg/100g), Cléry (68 mg/100g) et Ciflorette (67 mg/100g) sont en accord avec les valeurs moyennes retrouvées dans d'autres études (65 mg/100g) (Lee & Kader, 2000).

La teneur en polyphénols totaux varie fortement dans un rapport de 1 à 3 (**Figure 11D**). Avec des valeurs moyennes aux alentours de 12mg/100g, les fraises des variétés Clery et Gariguette semble avoir des teneurs plus importantes en regard de celle observée pour la variété Ciflorette (~8 mg/100g). Avec une valeur moyenne d'approximativement 14 mg/100g, la teneur en composés polyphénoliques semble plus élevée pour les fraises de la variété Gariguette conduites en sol en regard de celle observée pour la même variété conduites en culture hors-sol, (~9mg/100g).

A l'inverse, pour la variété Ciflorette, cette valeur semblent être plus élevée pour les fraises produites en culture hors-sol, environ 9 mg/100g, par rapport à celle observée pour la même variété conduite en sol, environ 7 mg/100g. Les fruits des variétés Gariguettes et Clery conduites en sol semblent plus concentrés en polyphénols totaux en fin de saison respectivement 15 mg/100g (S22-S23) et 13 mg/100g (S21-S23) environ, comparées à la teneur observée en début de saison, respectivement 12 mg/100g (S18-S20) et 11 mg/100g (S17-S19). A l'inverse, pour les fraises de la variété Gariguette conduite en culture hors-sol, cette valeur semble plus élevée en début de saison (S12-S13) avec une teneur approximative de 10mg/100g qu'en fin de créneau (S18-S20) sur cette même variété, environ 7mg/100g. (**Figure 11D**)

Après une étude globale des résultats, on a pu montrer que les fraises de certaines variétés semblaient plus riches en sucres (Gariguette, Ciflorette), en acides (Gariguette) ou en polyphénols (Gariguette et Cléry). Il semblerait que la teneur en sucre (Clery, Gariguette HS) et celle en acides (Clery, Gariguette S) des fraises évoluent avec l'avancement de la saison. Enfin, le mode de culture semble influencer positivement la teneur en sucre et en polyphénols pour les fraises des variétés Ciflorette et Gariguette. La suite de cette étude consiste à examiner plus finement l'influence du mode de culture sur la composition chimique des fraises.

2. ÉTUDE DE LA COMPOSITION CHIMIQUES DE FRAISES ISSUES DE DEUX MODES DE CULTURE DIFFERENTS.

Dans cette étude, les échantillons de la variété Cléry ont été prélevés uniquement à partir d'une culture en sol. Ainsi, la comparaison entre les deux modes de culture a été réalisée uniquement pour les échantillons des deux autres. Les résultats sont données **Annexes II et III**. Dans ces tableaux figurent pour un mode de culture donné, les teneurs des différents composés à chaque point d'échantillonnage (semaine 11 à 23), les valeurs moyennes obtenues sur les 4 points de récolte par mode de culture (S ; HS) ainsi que les valeurs moyennes par variété (toutes modalités confondues).

Le calendrier de production des deux modes de cultures étant décalé, quand cela a été possible, des analyses de variance ont été réalisées pour une semaine donnée afin de mettre en évidence une éventuelle influence du mode de culture (S vs HS).

a) SUCRES ET ACIDES

Comme observé précédemment, les échantillons Ciflorette ou Gariguettes produits en sol ont d'une manière générale des valeurs de matière sèche significativement plus élevées ($p < 0.001$) que ceux produits en mode hors-sol, respectivement 11.5% vs 10% et 11.6% vs 9.8% (**Annexes II et III**). Il en est de même pour les valeurs d'indice réfractométrique, respectivement 10.1%Brix vs 8.8%Brix et 10%Brix vs 8.35%Brix ($p < 0.001$).

Ces résultats sont confirmés par ceux obtenus au niveau du dosage des différents sucres réalisés en HPLC. Le glucose et le fructose sont les sucres majeurs de la fraise (Wang, Zheng, & Galletta, 2002). Ils représentent à eux deux plus de 80% des sucres totaux. Les teneurs pour ces composés sont significativement plus élevées dans les échantillons produits en sol pour Ciflorette et Gariguettes respectivement 3.1 et 2.92 g/100g (glucose) et 3.2 et 3.13 g/100g (fructose), comparées aux échantillons issus d'un mode hors-sol, respectivement 2.8 et 1.97 g/100g (glucose) et 2.8 et 2.22 g/100g (fructose). La teneur en saccharose est globalement analogue exceptée pour les fraises de la variété Gariguettes échantillonnées sur des créneaux communs aux deux modes de culture. Avec des valeurs de 1.6g/100g (S18) et 0.9g/100g (S21), cette teneur est significativement plus élevée ($p < 0.01$) en culture en sol comparée à celle observée en culture hors-sol, respectivement 1.4g/100g et 0.7g/100g.

Compte tenu de l'importance de la saveur sucrée dans la fraise, il est probable que ces différences puissent impacter la qualité organoleptique de la fraise et être perçues en bouche par un panel entraîné voire un consommateur. Chaque sucre étant défini par un pouvoir sucrant différent, un indice de sucrosité a été calculé sur la base d'un coefficient multiplicateur de 1.8 pour le fructose, 0.6 pour le glucose et 1 pour le saccharose (Davik *et al.*, 2006). Les résultats montrent que les échantillons produits en sol pour les variétés Ciflorette et Gariguettes ont un indice de sucrosité, respectivement 6.9 et 8.9, significativement supérieur ($p < 0.01$) à celui obtenu pour les échantillons produits en hors-sol pour ces mêmes variétés, respectivement 6.7 et 6.3 (**Annexes II et III**).

Comme observé précédemment et confirmé en **Annexe II**, Les fraises de la variété Ciflorette conduites en sol ont un niveau d'acidité titrable significativement plus important ($p < 0.01$) comparées à celles conduites en culture hors-sol (respectivement 14.1meq/100g vs 12.5meq/100g). Il en est de même pour la somme des acides avec des teneurs respectives de 1.07meq/100g et 0.9meq/100g. Ces différences sont confirmées pour les résultats obtenues en HPLC au niveau des principaux acides organiques dosés.

Malgré une teneur en acide malique significativement plus élevée ($p < 0.05$) pour les fraises conduites en culture hors-sol, la concentration en acide citrique, principal acide organique retrouvé pour la fraise (Gündüz & Özdemir, 2014), est significativement plus importante ($p < 0.01$) pour celles conduites en sol (0.8g/100g vs 0.7g/100g) (**Annexes II**).

Les fraises de la variété Gariguette ont des teneurs en acides totaux similaires pour ces deux modes de culture sauf celles échantillonnées sur des créneaux communs aux deux modes de culture. Avec des valeurs de 1.3g/100g (S18) et 1.4g/100g (S21), la teneur en acides totaux est significativement plus élevée (respectivement $p < 0.05$ et $p < 0.01$) pour les fraises issues de culture en hors-sol comparées à celles issues de culture en sol, respectivement 1.1g/100g et 1.2g/100g.

Le ratio S/A est calculé à partir des sommes des sucres et des acides. Ce critère, couramment retrouvé dans la littérature, est souvent utilisé en tant qu'indice de maturité (Davik *et al.*, 2006). Avec une teneur en sucres plus élevée et des valeurs d'acidité similaires, le rapport S/A est significativement plus important ($p < 0.001$) pour les fraises de la variété Gariguette conduites en sol en regard de celles issues de culture hors-sol, avec des ratios moyens de respectivement 6 et 4.8. Plus le rapport est important, plus le fruit atteint son stade de maturité optimal. Ainsi, les fraises de la variété Gariguette conduites en sol sembleraient plus matures que celles conduites en cultures hors-sol.

b) COMPOSES D'INTERET NUTRITIONNEL

Comme indiqué **Annexe II**, la teneur en vitamine C totale est significativement plus élevée ($p < 0.05$) pour les fraises de la variété Gariguette conduite en sol en regard de celles issues d'un mode hors-sol (66.3mg/100g vs 60.7mg/100g). Cette différence de près de 10%, est due essentiellement au composé majeur, l'acide ascorbique. Avec 63.8 mg/100g, sa teneur est significativement plus importante ($p < 0.01$) pour les fraises produites en sol au vu de celle observée pour les fruits de culture hors-sol (**Annexe II**). Dépendante de la concentration en sucre du produit (Lee & Kader, 2000), il est possible de relier cette différence à la teneur plus importante en sucre observée précédemment pour ces mêmes fraises.

Comme indiqué précédemment, la teneur en polyphénols totaux est significativement plus élevée ($p < 0.001$) pour les fruits de la variété Gariguette produits en sol comparée à celle des fruits issus d'une culture hors-sol pour cette même variété (14.1 vs 9.5 mg/100g). Ces résultats sont notamment liés à la teneur en anthocyanes, avec une valeur significativement plus importante en sol (6.5mg/100g vs 5.3 mg/100g). Ces composés, qui représentent en moyenne près de 50% des polyphénols totaux dans nos échantillons, font partie des polyphénols majoritaires généralement retrouvés dans les fraises. Les travaux de Aaby *et al.* (2011) ont notamment observés des pourcentages similaires de l'ordre de 40%. Précisons toutefois que ces derniers ont été déterminés par une méthode de dosage globale (Folin-Ciocalteu) contrairement notre étude.

Les différences observées en polyphénols totaux sont également dues à des teneurs significativement plus élevées en flavanols ($p < 0.05$) et en acides hydroxycinnamiques ($p < 0.001$), respectivement 1.4mg/100g vs 1.1mg/100g et 4.1 mg/100g vs 0.7 mg/100g. Les flavanols, à l'image des proanthocyanidins comme le pro trimère (FA1), font également partie des polyphénols largement représentés dans la fraise. Néanmoins, la teneur de ces tannins condensés est souvent sous-estimé en raison de la sensibilité des techniques utilisées (Aaby *et al.*, 2011). Avec des moyennes de 0.6 mg/100g, la teneur mesurée pour ces composés semble éloignée des concentrations retrouvées dans la littérature (53 à 163 mg/100g pour Buendía *et al.*, 2010) (**Annexe III**).

Comme indiqué précédemment pour la variété Ciflorette, les fruits issus de cultures hors-sol ont une teneur significativement plus élevée ($p < 0.01$) en polyphénols totaux comparée à la teneur observée de ceux produits en sol avec des valeurs respectives de 5.2 et 3.7 mg/100g (**Annexe I**). Ces résultats sont confirmés avec les données mesurées pour les différents polyphénols analysés en UPLC. Cette différence est notamment marquée par des teneurs en acides hydroxycinnamiques (0.09 mg/100g vs 0.08mg/100g) et en anthocyanes (5.2mg/100g vs 3.7mg/100g) significativement plus élevées ($p < 0.01$) pour ces fraises conduites en culture hors-sol. Les anthocyanes sont principalement représentés par la pelargonidin-3-glucoside (jusqu'à 72% des anthocyanes totaux). Régulièrement retrouvée en tant qu'anthocyane majeur chez la fraise (Aaby *et al.*, 2011 ; da Silva *et al.*, 2007), sa teneur est significativement plus élevée ($p < 0.01$) pour les fraises conduites en mode hors-sol avec des valeurs moyennes 40% plus élevées.

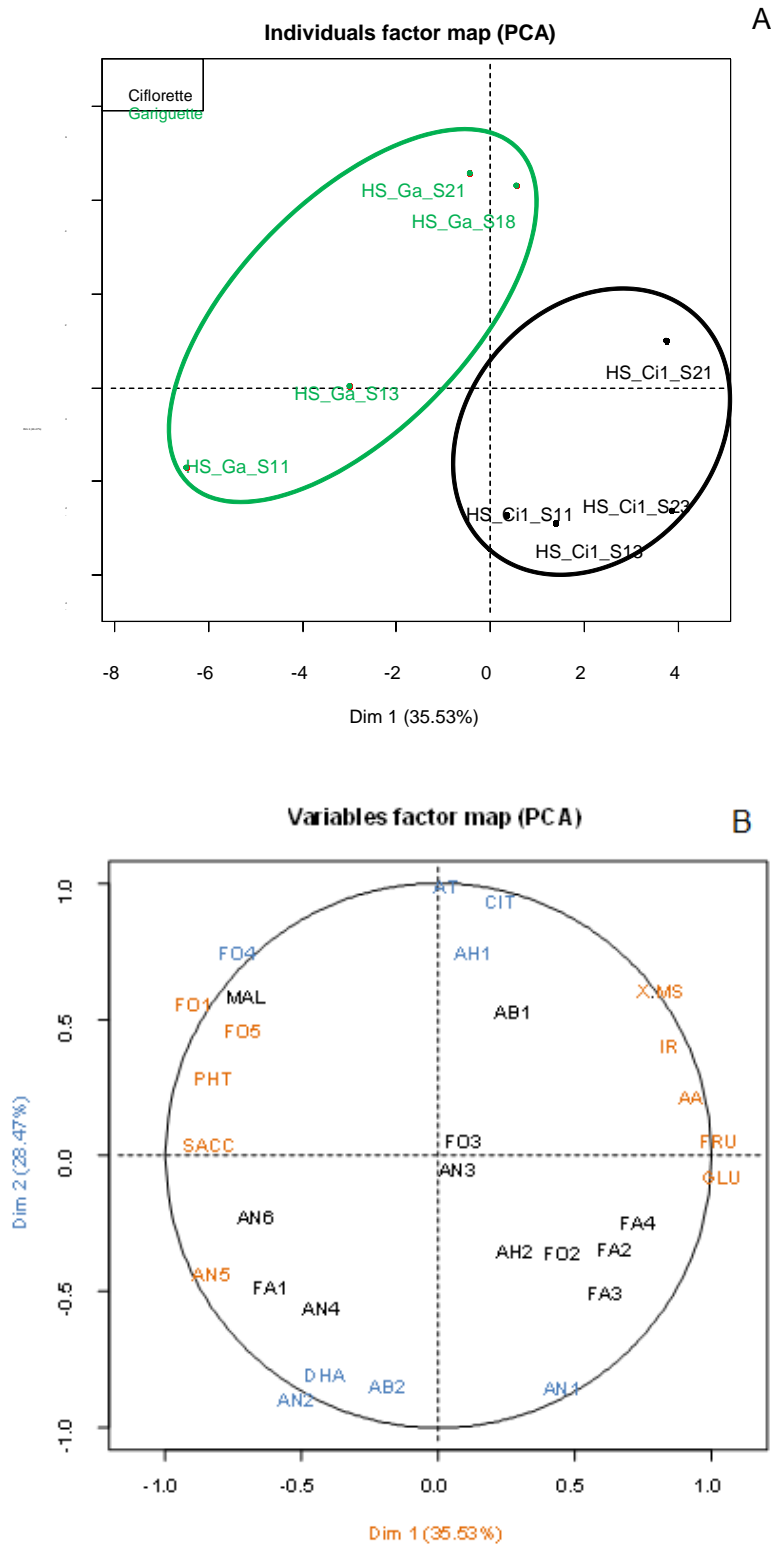


Figure 12 : Résultats de l'ACP 2 sur le plan principal 1-2.

(A) Projection des 8 individus sur les dimensions 1 et 2. Code : HS (culture hors-sol), S (culture en sol), Ga (Gariguette), Ci (Ciflorette), numéro de semaine à laquelle les fraises ont été récoltées **(B)** Cercle des corrélations des variables. L'axe 1 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en orange. L'axe 2 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en bleu. La correspondance des codes **Annexes II-IV**.

3. ÉTUDE DE LA COMPOSITION DES FRAISES ISSUES DE CULTURE HORS-SOL

Dans cette étude, uniquement des échantillons des variétés Ciflorette et Gariguette ont été prélevés à partir de culture hors-sol. Les résultats sont données **Annexes II et III**. Afin de mettre en évidence un effet date d'échantillonnage, des analyses de variance ont été réalisées pour chaque variable pour le mode de culture hors-sol, selon la semaine de prélèvement.

Afin d'observer graphiquement la distribution des 29 variables parmi les huit échantillons issus de cultures hors-sol, une analyse en composantes principales a été réalisée. Les variétés Ciflorette (HS_Ci) et Gariguette (HS_Ga) y sont représentées.

Comme indiqué, **Figure 12A**, le plan principal 1-2 décrit près de 64% de la variance totale et la première dimension explique 35,5 % de celle-ci. L'axe 1 discrimine principalement les échantillons de la variété Ciflorette de ceux de la variété Gariguette, tandis que l'axe 2 (29% de la variance) semble discriminer les échantillons de Gariguette selon leur date de récolte.

La projection des variables sur le plan principal 1-2 (**Figure 12B**) semble indiquer que les lots de fraise de la variété Ciflorette, contrairement à ceux de la variété Gariguette, sont caractérisés par des niveaux plus élevés en glucose (GLU), en fructose (FRU) en acide ascorbique (AA), d'indice réfractométrique (IR) et de pourcentage de MS (X.MS) mais également par des niveaux plus faibles en quercetin-3-pentoside (FO1) ; en kaempferol-3-acetylglucoside (FO5), en pelargonidin-3-acetylglucoside (AN5), en phloretin (PHT) et en saccharose (SACC).

Les échantillons Gariguette prélevés en fin de saison (S18-S21), positivement corrélés à l'axe 2, se différencient de ceux prélevés en début de saison (S11-S13) par des niveaux plus importants en acidité titrable (AT), en acide citrique (CIT) en acide coumaroyl glucoside 1 (AH1) ainsi qu'en kaempferol-3-glucoside (FO4). Toutefois, ces lots prélevés en fin de saison présenteraient des niveaux en pelargonidin-3-glucoside (AN2), cyanidin-3-glucoside (AN1), acide ellagique (AB2) et acide déhydroascorbique (DHA) plus faibles.

a) EFFET VARIETAL

Comme indiqué **Figure 12** et confirmé en **Annexe V** pour les échantillons issus de cultures hors-sol, les fraises de la variété Ciflorette sont significativement plus sucrées ($p < 0.01$) que celles de la variété Gariguette, respectivement 6.4g/100g vs 5.6g/100g. Ces différences sont liées à des teneurs en glucose et en fructose significativement plus élevées ($p < 0.01$) pour la variété Ciflorette (2.8g/100g pour les deux sucres) par rapport à la variété Gariguette (respectivement 2 et 2.2g/100g). La distribution des principaux sucres étant différentes, les fraises de la variété Ciflorette ont une sucrosité significativement plus importante ($p < 0.05$) que celles de la variété Gariguette (respectivement 6.7 vs 6.3) (**Annexes V**).

Comme observé précédemment, pour la variété Gariguette, les fraises issues de culture hors-sol ont une acidité significativement plus importante ($p < 0.001$) vis-à-vis de celle observée pour les fraises de la variété Ciflorette conduites sur le même mode de culture (**Figure 12**). Ces résultats sont retrouvés à travers ceux obtenus par le dosage des composés organiques majeurs en HPLC, comme le montre les teneurs en acides citrique (respectivement 0.8 g/100g vs 0.7 g/100g) et malique (respectivement 0.3 vs 0.2 g/100g) significativement plus élevées ($p < 0.001$) pour ces fraises de la variété Gariguette au vu de celles de la variété Ciflorette. Avec une acidité plus faible et une teneur en sucre plus importante, les fraises de la variété Ciflorette conduites en culture hors-sol ont un ratio S/A de 7,5, significativement plus élevée ($p < 0.001$) que celui observé pour les fruits de la variété Gariguette conduites selon le même mode de culture (4,8) (**Annexe V**). Ces dernières seraient donc d'un niveau de maturité moins important par rapport aux fraises de la variété Ciflorette.

Avec des valeurs moyennes environ 10% plus élevée, les fraises de la variété Ciflorette ont une teneur en vitamine C significativement plus élevée ($p < 0.01$) en regard de celle observée pour les fruits de la variété Gariguette (**Annexe V**). Cette différence est essentiellement due à des teneurs en acide ascorbique significativement ($p < 0.01$) plus élevées (63.1 mg/100g vs 57.9mg/100g). La synthèse de ce composant étant dépendante de la concentration en sucre du produit (Lee & Kader, 2000), des niveaux plus importants en carbohydrates pourraient être à l'origine de ces teneurs en vitamine C plus importantes.

D'après l'**Annexe V**, la teneur en polyphénol est globalement similaire entre les deux variétés. Toutefois, avec une valeur de 1,2 mg/100g pour les fraises de la variété Gariguette conduite en culture hors-sol, la teneur en flavonols totaux est 4 fois plus élevée ($p < 0.001$) que celle des fraises de la variété Ciflorette (0,29mg/100g) (**Annexe V**). Ces fruits de la variété Gariguette ont des teneurs significativement plus importantes ($p < 0.001$) pour les deux flavonols majoritaires (la quercetin-3-pentoside et le kaempferol-3-acetylglucoside), comparées à celles observées pour la variété Ciflorette (**Figure 12 et Annexe V**). Ces variations sont notamment marquées par la différence observée au niveau de la quercetin-3-pentoside entre les deux variétés. Flavonol majoritaire pour la variété Gariguette, ce composé n'a pas été identifié pour les fraises de la variété Ciflorette. L'ensemble des polyphénols étant synthétisés à partir d'une voie de synthèse commune (voie des shikimate), une régulation génétique pourrait favoriser une voie plutôt qu'une autre et donc impacter la synthèse des composés polyphénoliques (Tomás-Barberán & Espín, 2001). Le kaempferol-3-acetylglucoside est également observé en teneur significativement plus importante ($p < 0.001$) pour les fruits de la variété Gariguette. Si ce composé représente 30% des flavonols totaux pour les fraises de la variété Ciflorette, la répartition observée pour les fraises de la variété Gariguette (16%) se rapproche de celle retrouvée dans la littérature avec 3 à 14% des flavonols totaux (Buendía *et al.*, 2010).

b) INFLUENCE DE LA DATE DE RECOLTE

Comme indiqué précédemment, la teneur en acides totaux est significativement plus élevée en fin de saison pour les fraises de la variété Gariguettes conduites en culture en hors-sol (**Figure 12 et Annexe III**). Il en est de même pour la variété Ciflorette ($p < 0.01$) (**Annexe II**). Avec des valeurs respectives de 1 et 0.86g/100g en début de saison comparées à 1.35 et 1.05 g/100g en fin de saison, la date de récolte semble influencer l'acidité des échantillons de fraises issues de cultures hors-sol (**Annexes II-III**).

Excepté l'échantillon prélevé semaine 18, la teneur en sucres des fraises de la variété Gariguettes est globalement équivalente sur la saison (**Annexe III**). Toutefois, les teneurs en glucose et en fructose sont significativement plus importantes ($p < 0.001$) en fin de saison avec en moyenne respectivement 2.35g/100g vs 1.65g/100g et 2.55g/100g vs 1.9 g/100g (**Annexe III**).

Excepté le 4^{ème} point d'échantillonnage (S23), la teneur en vitamine C totale est significativement plus importante ($p < 0.001$) en fin de saison pour les fraises de la variété Gariguettes avec des valeurs allant de 52,6 à 66,4 mg/100g (**Annexe III**). En avançant dans la saison, les jours rallongent. Or, la synthèse de sucre est fortement corrélée à la présence de lumière qui régule l'activité photosynthétique (Lee & Kader, 2000). Ainsi, une augmentation de la photopériode pourrait être liée aux variations observées.

Les fraises de la variété Gariguettes sont globalement décrites par une teneur en polyphénols totaux significativement plus importante ($p < 0.01$) en début de saison (11.05mg/100g vs 7.9mg/100g). Ce résultat est retrouvé pour certains composés polyphénoliques dosés en HPLC. Avec une différence de près de 50% entre le 1^{er} et le 4^{ème} point d'échantillonnage (7.6 mg/100g vs 3.7mg/100g), la teneur en anthocyanes est significativement plus élevée ($p < 0.001$) en début de saison. Ces variations sont essentiellement liées aux teneurs des deux anthocyanes majoritaires de la fraise pelargonidin-3-glucoside et pelargonidin-3-acetylglucoside significativement plus faibles en fin de saison, respectivement 3.85 mg/100g vs 2.5 mg/100g et .2.8mg/100g vs 1.45mg/100g (**Figure 12 et Annexe III**). Il en est de même pour la teneur en acides hydroxybenzoïques (1.25mg/100g vs 1g/100g). Cette différence est marquée par la baisse de la concentration de l'acide hydroxybenzoïque majoritaire, l'acide ellagique. Avec des teneurs représentant près de 51% des polyphénols totaux, l'acide ellagique (AB2) est considéré comme le polyphénol principal chez la fraise pour certaines études (Häkkinen & Törrönen, 2000).

Après une étude de la composition chimique des fraises issues de culture hors-sol, on a pu montrer que les fraises de variété Ciflorette étaient plus sucrées mais moins acides que celles de la variété Gariguettes. Au niveau de la composition antioxydante, les fraises de la variété Ciflorette sont plus concentrées en vitamine C tandis que celles de la variété Gariguettes sont composées de flavonols en teneur plus importante.

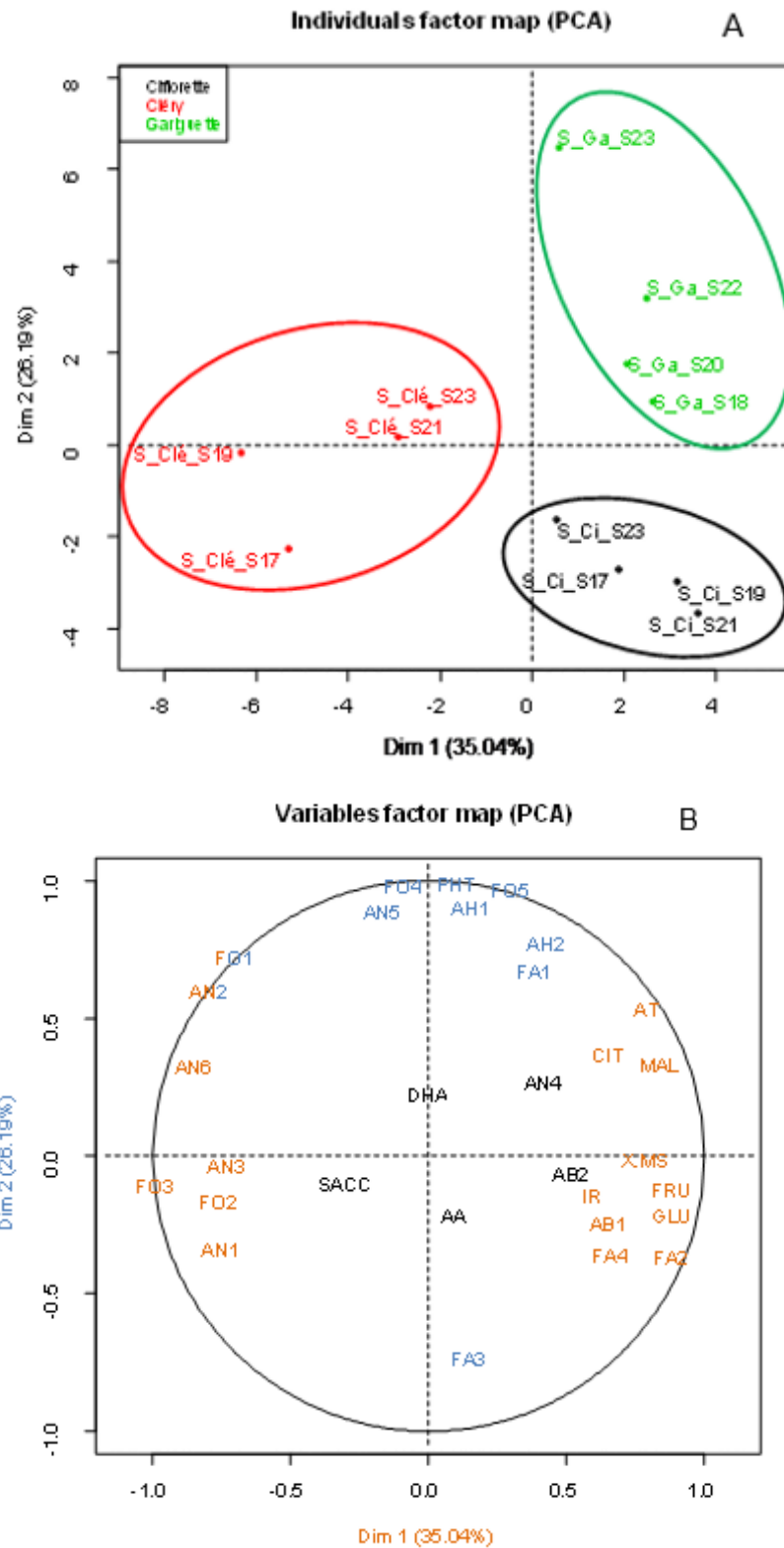


Figure 13 : Résultats de l'ACP 3 sur le plan principal 1-2.

(A) Projection des 20 individus sur les dimensions 1 et 2. Code : HS (culture hors-sol), S (culture en sol), Ga (Garigette), Ci (Cliflorete), Clé (Clery) + numéro de semaine à laquelle les fraises ont été récoltées **(B)** Cercle des corrélations des variables. L'axe 1 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en orange. L'axe 2 explique plus de 50% de la variance pour les variables colorées en bleu. La correspondance des codes **Annexes II-IV**.

L'étude de l'influence de la date de récolte sur ces échantillons a permis de montrer pour les deux variétés, une acidité plus importante en fin de saison. La composition antioxydante (vitamine C et polyphénols) des fraises de la variété Gariguettes est également plus importante avec l'avancement de la saison.

4. VARIATION DES COMPOSES D'INTERET NUTRITIONNEL DES FRAISES ECHANTILLONNES PRODUITES EN SOL

Dans cette étude, des échantillons des variétés Ciflorette, Gariguettes et Cléry ont été prélevés à partir de culture en sol entre les semaines 17 et 23. Les résultats sont données **Annexes II- IV**. Afin de mettre en évidence un effet date d'échantillonnage, des analyses de variance ont été réalisées pour chaque variable pour un mode de culture donné (S ; HS) selon la semaine de prélèvement.

Comme précédemment, afin synthétiser graphiquement la répartition des 29 variables parmi les 12 lots de fraises produites en sol, une analyse en composantes principales a été conduite. Les deux premières dimensions permettent de décrire près de 62% de la variance totale observée. Les résultats de l'ACP 3 sont présentés **Figure 13**.

Avec 35 % de la variance totale expliquée, la première dimension permet de distinguer les échantillons de la variété Cléry conduite en sol de ceux des variétés Gariguettes et Ciflorette produits sur le même mode de production. L'axe 2 permet de discriminer les lots de la variété Gariguettes de ceux de la variété Ciflorette. Principalement mis en évidence pour les échantillons de la variété Gariguettes, la seconde dimension permet également de différencier les lots selon la date de prélèvement (**Figure 13A**).

Comme indiqué **Figure 13B**, les fraises de la variété Cléry, au contraire de celles des variétés Gariguettes et Ciflorette issues de culture en sol, sont décrites par des niveaux plus élevés en kaempferol-3-glucuronide (FO3), en quercetin-3-pentoside (FO1), en pelargonidin-3-rutinoside (AN3), en anthocyane de type 2 (AN6), en pelargonidin-3-glucoside (AN2) en cyanidin-3-glucoside (AN1) mais des niveaux plus faibles en glucose (GLU), fructose (FRU), en acides malique (MAL) et citrique (CIT), d'acidité titrable (AT), d'indice réfractométrique (IR) et de pourcentage de MS (X.MS).

D'après la **Figure 13A**, les échantillons de la variété Gariguettes et ceux de la variété Cléry prélevés en fin de saison sont décrits positivement par l'axe 2, au contraire de ceux de Ciflorette et des lots précoces de la variété Cléry. Ces lots seraient caractérisés par la présence la phloretin (PHT), kaempferol-3-glucoside (FO4), kaempferol-3-acetylglucoside (FO5), quercetin-3-pentoside (FO1), acide coumaroyl glucoside 1 (AH1) et 2 (AH2), trimère de procyanidin (FA1), pelargonidin-3-acetylglucoside (AN5) et pelargonidin-3-glucoside (AN2).

a) EFFET VARIETAL

D'une manière générale, la teneur en sucre est globalement similaire entre les trois variétés avec en moyenne 7g/100g. Toutefois, la distribution des trois sucres majoritaires varie entre les variétés. Si les fraises de la variété Clery ont des teneurs en saccharose significativement plus élevées ($p < 0.05$) que celles des variétés Ciflorette et Gariguette, respectivement 1.6g/100g vs 1g/100g vs 1.1g/100g, pour ces dernières les teneurs en glucose (respectivement 3.1g/100g et 2.9g/100g) et en fructose (respectivement 3.1 g/100g vs 3.2 g/100g) sont significativement plus importantes ($p < 0.01$), comparée à celles observées pour la variété Clery 2.5g/100g (glucose) et 2.7 g/100g (fructose) (**Figure 13 et Annexes V**). Dépendante de cette distribution, la sucrosité est significativement différente entre les lots ($p < 0.01$). Comme attendu (Navatel & Vaysse, 2001), les fraises de la variété Gariguette ont une saveur moins sucrée que celles des variétés Clery, et Ciflorette, respectivement 7.6 vs 7.9 et 8.1 (**Annexe V**). Il en est de même pour l'acidité des fraises de la variété Gariguette significativement plus élevées ($p < 0.001$) en comparaison de celles observées pour les variétés Ciflorette et Clery (**Figure 13 et Annexe V**). Ces résultats sont confirmés avec ceux observés pour l'acide citrique. Avec une valeur de 0.9g/100g, la teneur de cette acide est significativement plus élevée ($p < 0.001$) pour les fraises de la variété Gariguette au vu de celle des fruits des variétés Ciflorette et Clery, respectivement 0.8 et 0.7g/100g.

D'une manière générale, la teneur en polyphénols est significativement plus importante pour les fraises de la variété Gariguette, 14.2mg/100g en regard de celle observée pour les fruits des variétés Clery (11.7mg/100g) et Ciflorette (7.6mg/100g) (**Figure 13 et Annexe V**). Ces résultats sont confirmés par ceux observés pour les différents composés polyphénoliques (**Figure 13**). Pour Gariguette, avec des valeurs 3 à 4 fois supérieures, la teneur en acides hydroxycinnamiques pour ces fraises est significativement plus importante ($p < 0.001$). Pour Ciflorette, avec des valeurs 2 fois moins importantes, les teneurs en flavonols et en anthocyanes sont significativement plus faibles ($p < 0.001$) pour ces fraises. Comme indiqué **Annexe V**, cette différence est notamment liée à la quercetin-3-pentoside qui n'a pas été identifiée pour ces échantillons. Enfin, pour Clery, la teneur en anthocyanes est la plus importante parmi les trois variétés (**Figure 13 et l'Annexe V**). Cette distinction est notamment marquée par la présence de la pelargonidin-3-rutinoside, absent pour les autres variétés. Comme indiqué **Figure 13** et confirmé **Annexe V**, ces fraises ont également une teneur en flavonols significativement plus élevée ($p < 0.001$), marquée par des concentrations significativement plus élevées en quercetin-3-pentoside ($p < 0.001$), quercetin-3-glucuronide ($p < 0.001$) et kaempferol-3-glucuronide ($p < 0.001$) par rapport aux autres variétés.

b) INFLUENCE DE LA DATE DE RECOLTE

Comme vu précédemment, la teneur en sucre diminue significativement ($p < 0.001$) au cours la saison pour les fraises de la variété Gariguetta conduite en sol. Avec un niveau d'acide visiblement constant, l'indice de maturité est significativement plus élevé en début de saison (-30% entre le 1^{er} et le 4^{ème} échantillonnage). Cet indice est important dans l'étude de la composition chimiques des fruits et légumes (Pandey & Rizvi, 2009). Différents facteurs peuvent influencer cette valeur. Des récoltes à des stades hétérogènes entre les points d'échantillonnage peuvent impacter les résultats. Des variations climatiques pourraient également être liées à ce genre de différences. Des fortes températures ont tendance à réduire le ratio sucres/acides, favorisant la production de fraises aux climats tempérées (Wang, Zheng, & Galletta, 2002). Des différences de luminosité peuvent également impacter la teneur en sucres (Lee & Kader, 2000). Des périodes moins ensoleillées ont pu impacter négativement la teneur en sucre des fraises prélevées en fin de saison.

D'une manière générale, les échantillons de la variété Gariguetta prélevés en fin de saison sont significativement plus concentrés en polyphénols ($p < 0.001$) en regard des fraises de début de saison pour cette même variété. Cette teneur augmente de près de 60% entre le 1^{er} et le 4^{ème} point d'échantillonnage (**Annexe III**). Ces résultats sont confirmés par ceux obtenus pour les composés polyphénoliques dosés individuellement. Des teneurs significativement plus importantes en flavanols ($p < 0.05$), 1.55mg/100g vs 1.2 mg/100g, en acides hydroxycinnamiques ($p < 0.001$), 4.85 mg/100g vs 3.35 mg/100g, en flavonols ($p < 0.001$), 1.2 mg/100g vs 0.95 mg/100g et anthocyanes ($p < 0.001$), 7.1 mg/100g vs 5.9 mg/100g sont observées en fin de saison.

Après une étude de la composition chimique des fraises issues de culture en sol, on a pu montrer que les fraises de variété Cléry avaient une saveur plus sucrée que celles des variétés Gariguetta et Ciflorette. L'acidité des fraises de variété Gariguetta seraient la plus élevée. Ces dernières auraient également une teneur en polyphénols plus importante notamment vis-à-vis des fruits de la variété Ciflorette qui ont une faible concentration pour ces composés. Ces résultats ont également montré l'absence de composés pour certaines variétés. Enfin, une influence de la date de récolte a été observée pour les fraises de la variété Gariguetta. Des teneurs plus importantes en sucres ont été mises en évidence en début de saison. A l'inverse, l'avancement dans la saison a permis une augmentation significative en polyphénols.

IV. Conclusion

De plus en plus étudiée, la qualité nutritionnelle des fruits et légumes est marquée par un intérêt très prononcé par la filière. La fraise est fruit peu calorique, très appréciée par le consommateur et d'un intérêt économique particulier. En partenariat avec l'AOPn Fraise de France, le Ctifl a mis en place un projet sur 3 ans destiné à étudier la variabilité en composés d'intérêt nutritionnel à l'échelle de l'offre fraise présente sur nos étals.

L'échantillonnage réalisé de mi-mars (semaine 11) à mi-juin (semaine 23) dans le sud-est de la France a permis l'analyse des paramètres physico-chimiques et de la composition antioxydante de 20 lots de fraises (variétés Ciflorette, Gariguettes et Clery). Ces échantillons sont caractérisés par 2 modes de cultures (hors-sol/sol), 2 conduites culturales (bio/conventionnelle) et 4 origines (4 producteurs différents).

Cette étude a permis de montrer une influence du mode de culture, de la date de récolte et de la variété sur la composition des différents échantillons. Si la culture en sol favorise la teneur en sucre (Gariguettes et Ciflorette), en acides (Ciflorette) et en composés antioxydants (Gariguettes), la teneur en polyphénols est plus élevée en culture hors-sol pour la variété Ciflorette. D'une manière générale, l'avancement dans la saison, pour la variété Gariguettes, a permis une augmentation de la teneur en sucres, en polyphénols mais également en acides et en vitamine C pour les échantillons issus de culture hors-sol. Pour la variété Ciflorette, les échantillons prélevés en fin de saison sont caractérisés par une acidité plus importante pour la modalité hors-sol alors que pour la variété Clery des teneurs en sucres et en acides plus élevées sont observées. En culture hors-sol, la variété Gariguettes est décrite par une acidité plus importante mais des teneurs en sucre et en vitamine C moins élevées que pour la variété Ciflorette. Enfin en culture en sol, les teneurs en sucres majeurs (glucose et fructose) et en polyphénols sont plus importantes pour les variétés Gariguettes et Ciflorette comparée à celle observée pour la variété Clery.

Comme pressenti, les variations observées au niveau de la qualité nutritionnelle chez la fraise sont multifactorielle. Des prélèvements de fraises d'origines différentes ont été réalisés, comme initialement fixé dans le plan d'échantillonnage. De multiples facteurs sont ainsi susceptibles d'influencer la qualité nutritionnelle de nos produits. A ce stade, il est difficile de conclure quant à l'influence précise de chacun de ces paramètres. Des années d'études complémentaires sont donc nécessaires à la poursuite de cette analyse.

Pour une seconde année éventuelle, il serait intéressant de continuer à mettre en évidence l'influence des différents paramètres étudiés malgré un échantillonnage qui doit rester adapté à l'offre présente. Ainsi, cette deuxième année pourrait se fixer sur trois ou quatre variétés avec l'ajout d'une autre variété représentative de l'offre (fraises importées). Ces prélèvements pourraient être réalisés sur un nombre de date plus conséquent pour un lieu de production donné afin de confirmer ou non l'évolution de la composition chimique des lots. De plus, pour un mode de culture et une variété donnés, il serait intéressant d'observer la variabilité des lots au travers d'une comparaison sur plusieurs productions différentes. Ce type de prélèvement permettra de déterminer si l'influence de la date de récolte est répétable entre les producteurs. La qualité nutritionnelle semblant être régulée par de multiples facteurs, des enquêtes spécifiques par producteurs pourraient être réalisées sur les conduites culturales adoptées ou encore la composition des sols. Le goût étant considéré comme l'un des critères principaux dans le déterminisme d'achat, la qualité organoleptique dans ce type d'étude ne doit pas être négligée (Vernin, 2012). Ainsi, un couplage avec une analyse sensorielle pourrait être envisagé.

V. Bibliographie

Publications

Aaby K., Mazur S., Nes A., Skrede G. (2011). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 1:86-97. DOI : 10.1016/j.foodchem.2011.10.037

Arrigoni O., De Tullio M. C. (2002). Ascorbic acid: much more than just an antioxidant. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 1-3:1-9.

Asami D. K., Hong Y.-J., Barrett D. M., Mitchell A. E. (2003). Comparison of the Total Phenolic and Ascorbic Acid Content of Freeze-Dried and Air-Dried Marionberry, Strawberry, and Corn Grown Using Conventional, Organic, and Sustainable Agricultural Practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5:1237-1241. DOI : 10.1021/jf020635c

Buendía B., Gil M. I., Tudela J. A., Gady A. L., Medina J. J., Soria C., López J. M., Tomás-Barberán F. A. (2010). HPLC-MS Analysis of Proanthocyanidin Oligomers and Other Phenolics in 15 Strawberry Cultivars †. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7:3916-3926. DOI : 10.1021/jf9030597

Crecente-Campo J., Nunes-Damaceno M., Romero-Rodríguez M. A., Vázquez-Odériz M. L. (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 1:23-30. DOI : 10.1016/j.jfca.2012.07.004

Davik J., Bakken A. K., Holte K., Blomhoff R. (2006). Effects of genotype and environment on total anti-oxidant capacity and the content of sugars and acids in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 6:1057-1063. DOI : 10.1080/14620316.2006.11512171

D'Evoli L., Tarozzi A., Hrelia P., Lucarini M., Cocchiola M., Gabrielli P., Franco F., Morroni F., Cantelli-Forti G., Lombardi-Boccia G. (2010). Influence of cultivation system on bioactive molecules synthesis in strawberries: spin-off on antioxidant and antiproliferative activity. *Journal of Food Science*, 1:C94-99. DOI : 10.1111/j.1750-3841.2009.01435.x

Dixon R., Paiva N. (1995). Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *The Plant Cell*, 7:1085-1097.

Eckert C. (2014). La fraise hors sol en France : un système de production à part entière. *Infos Ctifl*, :56-61.

El Gharras H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications - a review: **Nutraceutical polyphenols**. *International Journal of Food Science & Technology*, 12:2512-2518. DOI : 10.1111/j.1365-2621.2009.02077.x

Fernandes V. C., Domingues V. F., De Freitas V., Delerue-Matos C., Mateus N. (2012). Strawberries from integrated pest management and organic farming: Phenolic composition and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 4:1926-1931. DOI : 10.1016/j.foodchem.2012.03.130

Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 1:9-19. DOI : 10.1016/j.nut.2011.08.009

- Gündüz K., Özdemir E. (2014). The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. *Food Chemistry*, :298-303. DOI : 10.1016/j.foodchem.2014.01.064
- Häkkinen S. H., Törrönen A. R. (2000). Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 6:517-524. DOI : 10.1016/S0963-9969(00)00086-7
- Kähkönen M. P., Hopia A. I., Vuorela H. J., Rauha J.-P., Pihlaja K., Kujala T. S., Heinonen M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10:3954-3962. DOI : 10.1021/jf990146l
- Kong J.-M., Chia L.-S., Goh N.-K., Chia T.-F., Brouillard R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 5:923-933. DOI : 10.1016/S0031-9422(03)00438-2
- Lee S. K., Kader A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 3:207-220. DOI : 10.1016/S0925-5214(00)00133-2
- Lester G. E., Lewers K. S., Medina M. B., Saftner R. A. (2012). Comparative analysis of strawberry total phenolics via Fast Blue BB vs. Folin–Ciocalteu: Assay interference by ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1:102-107. DOI : 10.1016/j.jfca.2012.05.003
- Marinova D., Ribarova F. (2007). HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5:370-374. DOI : 10.1016/j.jfca.2006.09.007
- Olsson M. E., Ekvall J., Gustavsson K.-E., Nilsson J., Pillai D., Sjöholm I., Svensson U., Åkesson B., Nyman M. G. L. (2004). Antioxidants, Low Molecular Weight Carbohydrates, and Total Antioxidant Capacity in Strawberries (*Fragaria × ananassa*): Effects of Cultivar, Ripening, and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9:2490-2498. DOI : 10.1021/jf030461e
- Pandey K. B., Rizvi S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 5:270-278.
- Poiroux-Gonord F., Bidel L. P. R., Fanciullino A.-L., Gautier H., Lauri-Lopez F., Urban L. (2010). Health benefits of vitamins and secondary metabolites of fruits and vegetables and prospects to increase their concentrations by agronomic approaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23:12065-12082. DOI : 10.1021/jf1037745
- Da Silva F. L., Escribano-Bailón M. T., Pérez Alonso J. J., Rivas-Gonzalo J. C., Santos-Buelga C. (2007). Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT - Food Science and Technology*, 2:374-382. DOI : 10.1016/j.lwt.2005.09.018
- Terry L. A., Chope G. A., Bordonaba J. G. (2008). Effect of Water Deficit Irrigation and Inoculation with *Botrytis cinerea* on Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Fruit Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26:10812-9. DOI : 10.1021/jf072101n
- Tomás-Barberán F. A., Espín J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables: Phenolics and food quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9:853-876. DOI : 10.1002/jsfa.885

Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., De Vos C. H. R., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3:696-704. DOI : 10.1021/jf0719959

Wang S. Y., Zheng W., Galletta G. J. (2002). Cultural System Affects Fruit Quality and Antioxidant Capacity in Strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22:6534-6542. DOI : 10.1021/jf020614i

Articles en ligne

OMS | Promouvoir la consommation de fruits et légumes dans le monde. In : WHO, <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/fr/> (consulté le 12 avril 2016)

INTERFEL (2014). La fraise : présentation, production, consommation – Interfel - Les fruits et légumes frais. <http://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/petits-fruits-et-fruits-rouges/fraise/carte-identite> (consulté le 29 mars 2016)

Chardenon A. (2015). Conso : les fruits et légumes dont les Français ne pourraient pas se passer [Classement interactif]. In : *lsa-conso.fr*, <http://www.lsa-conso.fr/conso-les-fruits-et-legumes-dont-les-francais-ne-pourraient-pas-se-passer-classement-interactif,210037> (consulté le 31 mars 2016)

Bourdillon F. (2016). Manger Bouger. <http://www.mangerbouger.fr/> (consulté le 25 août 2016)

ESCo (2007). Les fruits et légumes dans l'alimentation : Enjeux et déterminants de la consommation. <http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Expertises/Toutes-les-actualites/Les-fruits-et-legumes-dans-l-alimentation#> (consulté le 31 août 2016)

Ouvrages

Bosc J., Bardet A. (2014). Le fraisier, physiologie et types de plants. Duong-Minh Nguyen, CTIFL.131p.

Doré C., Varoquaux F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Editions Quae, 844p.

Hennion B., Veschambre D. (1997). La fraise, Maîtrise de la production. CTIFL.299p.

Hudson B. J. (2012). Food Antioxidants. Springer Science & Business Media, 325p.

Navatel Jean-C., Vaysse P. (2001). Reconnaître les variétés de fraise. (Ctifl).

Vernin X. (2012). Fraise : analyse du marché et perception de la distribution et du détail. (Ctifl).

Sites internet

www.aprifel.com

www.ctifl.fr

www.faostat.fao.org

www.USDA.gov

I. Annexes

Classe / Famille	Composants	Description
Vitamines	Vitamine C	Composé des acides ascorbique et dehydroascorbique, ils sont synthétisés à partir du D-fructose (Rebeille et Douce, 2011). Ils participent à la synthèse de collagène, de facteurs de transcriptions, divers réactions enzymatiques, à des réactions antioxydantes et l'inhibition de la prolifération de cellules cancéreuses (Arrigoni et De Tullio, 2002 ; Poiroux-Gonord et al., 2010 ; Olsson et al., 2006)
Polyphénols (Flavonoïdes)		Important pour la cicatrisation et développement de la plante, antioxydant (Poiroux-Gonord et al., 2010)
Polyphénols (Flavonoïdes)	Anthocyanidines	2 classes principales : pelargonidines et cyanidines (Kong et al., 2003 ; da Silva et al., 2007) Majoritairement retrouvé sous la forme hétéroside : anthocyane (association majoritaire avec le glucose) (Wang, Cao, et Prior, 1997)
Polyphénols (Flavonoïdes)	Flavanols	Seule classe de flavonoïdes non glycosylé composés de formes monomériques (catéchine, épicatechine) et polymériques (proanthocyanidine) (Manach et al., 2004)
Polyphénols (Flavonoïdes)	Flavonols	Association d'aglycones de quercétine et de kaempférol à des sucres et des hétérosides (Aaby et al., 2012)
Polyphénols (Flavonoïdes)	Dihydrochalcones	Principalement observés chez la pomme, ils sont présent sous la forme de phlorétine et phloridzine chez la fraises (Bru, 2012 ; Portal, 2011). Ils sont couramment associé à la lutte face au diabète (Gosch, Halbwirth, et Stich, 2010).
Polyphénols (Acides phénoliques)		Majoritairement retrouvés sous leur forme lié, ils sont constitués d'un noyau avec un seul groupement phénol.
Polyphénols (Acides phénoliques)	Acides hydroxybenzoïques	Inhibent le développement de certains insectes et participent à la régulation de certaines hormones (Maas, Galletta, et Stoner, 1991). Il est fréquemment retrouvé l'acide ellagique (Aaby, Skrede, et Wrolstad, 2005 ; Häkkinen et Törrönen, 2000 ; Maas, Galletta, et Stoner, 1991) mais également des associations entre des acides (galliques, quinique) et des sucres (Giampieri et al., 2012). Ils sont associés à une activité antimutagénique et anticarcinogénique (Maas, Wang, et Galletta, 1991).

Annexe I : Description des composés polyphénoliques analysés lors de cette étude

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



Polyphénols (Acides phénoliques)	Acides hydroxycinnamiques	Inhibent l'oxydation des lipides et préviennent de l'apparition de certains cancers. On les retrouve majoritairement sous une forme glycosylé (Acide 5-Caffeolyquinique) ou libre (acide p-coumarique) (Poiroux-Gonord et al., 2010).
---	--------------------------------------	---

[Annexe I \(suite\) : Description des composés polyphénoliques analysés lors de cette étude](#)

Code	Correspondance	Moyenne générale	Mode de culture	S11	S13	S18	S19	S21	S23	p	Moyenne
pm	Poids moyen (g)	11,3 ± 3,3	HS Sol p	13,9 a	11,8 b	8,1 b	10,1 b	14,1 a 16,7 a *	7,3 c 8,8 b *	*** ***	11,8 ± 2,9 10,9 ± 3,7 NS
%MS	Pourcentage de matière sèche	10,8 ± 1,0	HS Sol p	9,6 b	9,6 b	11,5 b	11,9 a	10,4 a 12,2 a *	10,3 a 10,6 c NS	* ***	10,0 ± 0,4 11,5 ± 0,7 ***
AT	Acidité titrable (en meq/100g MF)	13,3 ± 1,6	HS Sol p	11,1 c	10,8 c	12,8 b	15,0 a	14,5 a 13,6 b NS	13,4 b 15,2 a ***	*** **	12,5 ± 1,7 14,1 ± 1,1 *
IR	Indice réfractométrique (% Brix)	9,5 ± 0,08	HS Sol p	8,5	8,7	10,0 b	10,5 a	9,1 10,7 a *	9,0 9,1 c NS	NS ***	8,8 ± 0,3 10,1 ± 0,7 ***
Acides organiques (g/100g)											
CIT	Acide Citrique	0,7 ± 0,10	HS Sol p	0,6 b	0,5 b	0,7 b	0,9 a	0,8 a 0,8 a NS	0,8 a 0,9 a *	*** **	0,7 ± 0,1 0,8 ± 0,1 **
MAL	Acide Malique	0,3 ± 0,82	HS Sol p	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,3 b	0,3 b 0,2 c *	0,2 c 0,2 c NS	*** ***	0,29 ± 0,04 0,26 ± 0,1 *
ACI	Somme des acides	1,0 ± 0,21	HS Sol p	0,86 c	0,87 c	0,99 b	1,12 a	1,09 a 1,06 a NS	1,00 b 1,09 a *	** *	0,96 ± 0,10 1,07 ± 0,06 **
Sucres (g/100g)											
SACC	Saccharose	0,9 ± 0,44	HS Sol p	1,52 a	0,95 b	1,40 a	1,02 b	0,23 d 0,67 b NS	0,45 c 0,85 b *	*** *	0,79 ± 0,52 0,99 ± 0,32 *
GLU	Glucose	2,9 ± 0,38	HS Sol p	2,3 b	2,8 a	3,0 b	3,3 ab	3,1 a 3,5 a NS	2,9 a 2,6 c *	** **	2,8 ± 0,3 3,1 ± 0,4 *
FRU	Fructose	3,0 ± 0,38	HS Sol p	2,4 b	2,8 a	3,1 b	3,3 ab	3,1 a 3,6 a NS	3,0 a 2,7 c *	** **	2,8 ± 0,3 3,2 ± 0,4 **
SUC	Somme des sucres	6,8 ± 0,70	HS Sol p	6,2	6,5	7,6 a	7,7 a	6,4 7,8 a *	6,3 6,2 b NS	NS ***	6,4 ± 0,2 7,3 ± 0,7 **
SA	Ratio Sucre/Acides	6,8 ± 0,83	HS Sol p	7,2 a	7,5 a	7,7 a	6,8 b	5,9 b 7,4 a *	6,3 b 5,7 c **	** ***	6,72 ± 0,7 6,9 ± 0,8 NS
Sucrosité		8,1 ± 0,75	HS Sol p	7,2	7,6	8,8 a	9,0 a	7,6 9,3 a *	7,6 7,4 b NS	NS ***	7,5 ± 0,3 8,6 ± 0,8 **
Vitamine C (mg/100g)											
AA	Acide ascorbique	64,0 ± 3,41	HS Sol p	60,6 b	62,5 b	59,7 b	68,4 a	67,9 a 65,8 a NS	61,6 b 65,2 a *	** **	63,1 ± 3,2 64,8 ± 3,6 NS
DHA	Acide dehydroascorbique	3,0 ± 1,17	HS Sol p	4,8 a	3,9 ab	3,2	2,0	2,1 c 1,4 NS	3,0 bc 3,2 NS	** NS	3,5 ± 1,1 2,5 ± 1,0 *
VITC	Vitamine C	66,9 ± 2,76	HS Sol p	65,4 b	66,3 b	62,9 b	70,4 a	70,0 a 67,2 a NS	64,6 b 68,4 a *	* **	66,6 ± 2,4 67,2 ± 3,1 NS
Flavanols (mg/100g)											
FA1	PRO trimère	0,5 ± 0,21	HS Sol p	0,90 a	0,45 b	0,59	0,64	0,25 c 0,54 NS	0,30 c 0,51 NS	*** NS	0,48 ± 0,27 0,57 ± 0,09 NS
FA2	PRO dimère	0,2 ± 0,08	HS Sol p	0,16 b	0,17 b	0,18 b	0,24 ab	0,17 b 0,31 a NS	0,37 a 0,25 ab *	*** *	0,22 ± 0,09 0,25 ± 0,06 NS
FA3	Dimère de procyanidin B1	0,2 ± 0,03	HS Sol p	0,16 b	0,15 c	0,17 a	0,16 a	0,13 d 0,18 a NS	0,18 a 0,12 b **	*** *	0,15 ± 0,02 0,16 ± 0,03 NS
FA4	Catéchine	0,5 ± 0,05	HS Sol p	0,50 a	0,42 b	0,49	0,46	0,51 a 0,51 NS	0,40 b 0,53 **	** NS	0,46 ± 0,05 0,50 ± 0,04 NS
FA	Somme des flavanols	1,4 ± 0,21	HS Sol p	1,7 a	1,2 bc	1,4	1,5	1,1 c 1,5 ***	1,2 b 1,4 NS	*** NS	1,3 ± 0,3 1,5 ± 0,1 NS

Annexe II : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Ciflorette.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, p<0.05)

Code	Correspondance	Moyenne générale	Mode de culture	S11	S13	S18	S19	S21	S23	p	Moyenne
Acides hydroxycinnamiques (mg/100g)											
AH1	Acide coumaroyl glucoside 1	0,6 ± 0,10	HS Sol p	0,58 a	0,42 b	0,62	0,68	0,49 ab 0,70 NS	0,51 ab 0,65 *	* NS	0,50 ± 0,07 0,66 ± 0,05 ***
AH2	Acide coumaroyl glucoside 2	0,1 ± 0,02	HS Sol p	0,09 a	0,07 b	0,12 a	0,10 a	0,05 c 0,07 b *	0,09 a 0,09 ab NS	*** *	0,08 ± 0,02 0,09 ± 0,02 **
AH	Somme acides hydroxycinnamiques	0,7 ± 0,14	HS Sol p	0,74 a	0,55 b	0,84	0,92	0,61 b 0,91 NS	0,63 b 0,77 *	* NS	0,63 ± 0,08 0,86 ± 0,08 ***
Acides hydroxybenzoïques (mg/100g)											
AB1	Acide galacturonique 4 glucoside	0,1 ± 0,04	HS Sol p	0,07 a	0,06 a	0,10 a	0,14 a	0,07 a 0,14 a NS	0,03 b 0,03 b NS	** *	0,06 ± 0,01 0,10 ± 0,05 **
AB2	Acide ellagique	1,2 ± 0,26	HS Sol p	1,5 a	1,4 a	1,6 a	1,0 b	1,2 b 0,9 b NS	1,1 b 1,1 b NS	** **	1,3 ± 0,2 1,2 ± 0,3 NS
AB	Somme acides hydroxybenzoïques	1,3 ± 0,26	HS Sol p	1,6 a	1,4 a	1,7 a	1,2 b	1,2 b 1,0 b NS	1,1 b 1,1 b NS	** **	1,3 ± 0,2 1,3 ± 0,3 NS
Flavonols (mg/100g)											
FO2	Quercetin-3-glucuronide	0,1 ± 0,12	HS Sol p	0,08 c	0,10 b	0,06 b	0,07 b	0,06 c 0,08 b NS	0,32 a 0,38 a NS	*** ***	0,14 ± 0,11 0,15 ± 0,14 NS
FO3	Kaempferol-3-glucuronide	0,03 ± 0,00	HS Sol p	0,04 b	0,04 a	0,03	0,03	0,03 b 0,03 NS	0,03 c 0,03 *	*** NS	0,03 ± 0,01 0,03 ± 0,002 NS
FO4	Kaempferol-3-glucoside	0,02 ± 0,00	HS Sol p	0,02 b	0,02 b	0,02 b	0,02 b	0,02 a 0,02 a *	0,02 ab 0,02 a NS	* *	0,02 ± 0,003 0,02 ± 0,003 **
FO5	Kaempferol-3-acetylglucoside	0,08 ± 0,02	HS Sol p	0,09 b	0,09 b	0,07 b	0,05 c	0,10 ab 0,07 b *	0,11 a 0,09 a NS	* ***	0,10 ± 0,01 0,07 ± 0,02 ***
FO	Somme flavonols	0,3 ± 0,14	HS Sol p	0,2 b	0,3 b	0,2 b	0,2 b	0,2 b 0,2 b NS	0,5 a 0,5 a NS	*** ***	0,3 ± 0,1 0,3 ± 0,2 NS
Anthocyanes (mg/100g)											
AN1	Cyanidin-3-glucoside	0,04 ± 0,01	HS Sol p	0,03 b	0,04 a	0,04	0,03	0,02 c 0,03 NS	0,05 a 0,04 NS	*** NS	0,03 ± 0,01 0,04 ± 0,01 NS
AN2	Pelargonidin-3-glucoside	2,9 ± 0,78	HS Sol p	3,5 b	4,2 a	2,7 b	2,0 c	2,5 d 1,8 c **	3,2 c 3,1 a NS	*** **	3,4 ± 0,6 2,4 ± 0,6 **
AN4	Anthocyane 1	0,02 ± 0,01	HS Sol p	0,01 b	0,02 b	0,02 a	0,02 b	0,00 c 0,02 ab *	0,04 a 0,02 a *	*** *	0,02 ± 0,01 0,02 ± 0,005 NS
AN5	Pelargonidin-3-acetylglucoside	1,4 ± 0,44	HS Sol p	1,3 c	1,9 b	1,1 b	1,0 b	1,3 c 0,9 c **	2,1 a 1,9 a NS	*** ***	1,6 ± 0,4 1,2 ± 0,4 **
AN6	Anthocyane 2	0,08 ± 0,05	HS Sol p	0,17 a	0,06 c	0,08 a	0,06 ab	0,10 b 0,02 b **	0,04 c 0,07 a NS	** *	0,09 ± 0,05 0,06 ± 0,03 NS
AN	Somme anthocyanes	4,5 ± 1,16	HS Sol p	5,0 b	6,2 a	3,9 b	3,1 c	4,0 c 2,8 c **	5,4 b 5,2 a NS	*** ***	5,2 ± 0,9 3,7 ± 1,0 **
Dihydrochalcone (mg/100g)											
PHT	Phloretin	0,02 ± 0,00	HS Sol p	0,02 a	0,02 b	0,02 a	0,02 a	0,01 c 0,02 a *	0,01 c 0,01 b NS	** **	0,02 ± 0,005 0,02 ± 0,004 NS
PP	Somme polyphénols	8,2 ± 1,20	HS Sol p	9,3 ab	9,7 a	8,1 b	6,9 c	7,1 c 6,5 c NS	8,9 b 9,0 a NS	*** ***	8,7 ± 1,1 7,6 ± 1,1 **

Annexe II (suite) : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Ciflorette.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, p<0.05)

Code	Correspondance	Moyenne générale	Mode de culture	S11	S13	S18	S19	S21	S23	p	Moyenne
MS	Pourcentage de matière sèche	10,7 ± 1,4	HS Sol p	8,3 d	9,4 c	11,3 a 13,0 a **	11,7 b	10,2 b 11,6 b ***	10,3 c	***	9,8 ± 1,2 11,6 ± 1,0 ***
pm	Poids moyen (g)	14,3 ± 1,8	HS Sol p	13,4	11,8	13,7 16,1 a NS	12,5 b	14,8 15,2 a NS	16,9 a	NS	13,4 ± 1,4 15,1 ± 1,8 *
AT	Acidité titrable (en meq/100g MF)	16,5 ± 2,2	HS Sol p	12,2 c	15,1 b	18,4 a 16,3 c **	17,8 a	19,4 a 17,1 b *	16,1 c	***	16,2 ± 3,0 16,8 ± 0,8 ns
IR	Indice réfractométrique (% Brix)	9,2 ± 1,3	HS Sol p	7,2 c	8,0 bc	9,8 a 11,3 a NS	10,0 b	8,5 b 10,1 b NS	8,8 c	**	8,35 ± 0,2 10 ± 0,04 ***
Acides organiques (g/100g)											
CIT	Acide Citrique	0,8 ± 0,1	HS Sol p	0,6 d	0,7 c	0,9 b 0,8 b NS	0,9 a	1,0 a 0,9 ab **	0,9 ab	***	0,81 ± 0,02 0,87 ± 0,02 ns
MAL	Acide Malique	0,3 ± 0,03	HS Sol p	0,3 b	0,4 a	0,4 a 0,3 b *	0,4 a	0,4 a 0,3 b *	0,3 b	**	0,36 ± 0,2 0,32 ± 0,1 ***
ACI	Somme des acides	1,2 ± 0,1	HS Sol p	0,9 d	1,1 c	1,3 b 1,1 b *	1,3 a	1,4 a 1,2 ab **	1,2 ab	***	1,17 ± 1,0 1,19 ± 0,9 ns
Sucres (g/100g)											
SACC	Saccharose	1,2 ± 0,5	HS Sol p	1,4 b	1,7 a	1,6 ab 1,4 a **	1,6 a	0,9 c 0,7 b **	0,5 b	***	1,39 ± 0,3 1,06 ± 0,5 ns
GLU	Glucose	2,4 ± 0,6	HS Sol p	1,5 d	1,8 c	2,5 a 3,4 a *	2,7 b	2,2 b 3,1 a **	2,6 b	***	1,97 ± 0,4 2,92 ± 0,4 ***
FRU	Fructose	2,7 ± 0,6	HS Sol p	1,8 d	2,0 c	2,7 a 3,5 a *	2,9 b	2,4 b 3,3 a **	2,8 b	***	2,22 ± 0,4 3,13 ± 0,3 ***
SUC	Somme des sucres	6,4 ± 1,1	HS Sol p	4,8 c	5,4 b	6,7 a 8,3 a **	7,2 b	5,5 b 7,1 b **	5,9 c	***	5,59 ± 0,7 7,12 ± 0,9 ***
SA	Ratio Sucre/Acides	5,4 ± 0,9	HS Sol p	5,2 a	5,0 a	5,2 a 7,3 a **	5,7 b	3,9 b 5,9 b **	5,0 c	***	4,8 ± 0,6 5,96 ± 0,9 ***
Sucrosité		7,6 ± 1,4	HS Sol p	5,2 c	6,0 b	7,6 a 9,6 a **	8,1 b	6,2 b 8,3 b **	6,8 c	***	6,3 ± 1,9 8,9 ± 1,0 ***
Vitamine C (mg/100g)											
AA	Acide ascorbique	60,9 ± 5,8	HS Sol p	49,0 c	59,3 b	64,0 a 67,9 a *	59,3 c	59,0 b 66,9 a ***	61,5 b	***	57,8 ± 6,0 63,8 ± 3,9 **
DHA	Acide dehydroascorbique	2,7 ± 1,3	HS Sol p	3,6 ab	4,5 a	2,4 ab 2,7 a NS	1,0 b	1,4 b 3,2 a NS	2,9 a	*	2,93 ± 1,5 2,44 ± 1,0 ns
VITC	Vitamine C	63,6 ± 5,8	HS Sol p	52,6 d	63,8 b	66,4 a 70,6 a **	60,3 c	60,4 c 70,0 a **	64,5 b	***	60,7 ± 5,7 66,3 ± 4,6 *
Flavanols (mg/100g)											
FA1	PRO trimère	0,6 ± 0,3	HS Sol p	0,9 a	0,3 b	0,4 b 0,4 c NS	0,6 b	0,3 b 0,7 b **	1,2 a	**	0,47 ± 0,3 0,7 ± 0,3 *
FA2	PRO dimère	0,17 ± 0,04	HS Sol p	0,1	0,1	0,1 0,2 *	0,2	0,2 0,1 NS	0,2	NS	0,14 ± 0,03 0,18 ± 0,04 ns
FA3	Dimère de procyanidin B1	0,13 ± 0,03	HS Sol p	0,1	0,1	0,1 0,2 a NS	0,1 ab	0,1 0,1 bc NS	0,1 c	NS	0,13 ± 0,02 0,12 ± 0,04 **
FA4	Catéchine	0,4 ± 0,04	HS Sol p	0,3 b	0,4 a	0,3 b 0,4 NS	0,4	0,4 a 0,4 NS	0,4	**	0,34 ± 0,05 0,37 ± 0,03 ns
FA	Somme des flavanols	1,2 ± 0,3	HS Sol p	1,4 a	0,9 b	1,0 b 1,1 b NS	1,3 b	1,0 b 1,3 b NS	1,8 a	**	1,09 ± 0,2 1,37 ± 0,3 *

Annexe III : Niveau des différents paramètres physico chimique étudiés des échantillons de la variété Gariguette.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, p<0.05)

Code	Correspondance	Moyenne générale	Mode de culture	S11	S13	S18	S19	S21	S23	p	Moyenne
AH1	Acide coumaroyl glucoside 1	2,2 ± 1,8	HS Sol p	0,5 c	0,4 c	Acides hydroxycinnamiques (mg/100g)					
						0,8 a 3,0 c **	2,9 c	0,6 b 3,9 b ***	5,2 a	** ***	0,58 ± 0,2 3,76 ± 1,0
AH2	Acide coumaroyl glucoside 2	0,2 ± 0,1	HS Sol p	0,1 b	0,1 b	0,1 a 0,3 a **	0,2 c	0,0 c 0,3 b **	0,2 bc	** **	0,05 ± 0,03 0,25 ± 0,1
						***		***		***	
AH	Somme acides hydroxycinnamiques	2,4 ± 1,9	HS Sol p	0,6 c	0,5 c	1,0 a 3,5 c **	3,2 c	0,7 b 4,2 b ***	5,5 a	** ***	0,69 ± 0,2 4,1 ± 1,0
						***		***		***	
AB1	Acide galacturonique 4 glucoside	0,07 ± 0,05	HS Sol p	0,0 ab	0,0 b	Acides hydroxybenzoïques (mg/100g)					
						0,1 a 0,1 b NS	0,2 a	0,1 a 0,1 c ***	0,0 c	*	0,05 ± 0,02 0,08 ± 0,1
AB2	Acide ellagique	1,0 ± 0,2	HS Sol p	1,4 a	1,1 b	0,9 c 0,8 b NS	0,9 b	1,1 b 0,8 b NS	1,2 a	** **	1,1 ± 0,2 0,94 ± 0,2
						***		***		ns	
AB	Somme acides hydroxybenzoïques	1,1 ± 0,2	HS Sol p	1,4 a	1,1 b	0,9 b 1,0 b NS	1,0 b	1,1 b 0,9 b NS	1,3 a	** *	1,16 ± 0,2 1,03 ± 0,2
						***		***		ns	
FO1	Quercetin-3-pentoside	0,7 ± 0,2	HS Sol p	0,9 a	0,8 a	Flavonols (mg/100g)					
						0,6 b 0,5 b NS	0,6 b	0,8 a 0,6 b **	0,8 a	*	0,8 ± 0,1 0,6 ± 0,1
FO2	Quercetin-3-glucuronide	0,11 ± 0,03	HS Sol p	0,07 b	0,09 a	0,09 a 0,13 b *	0,13 b	0,09 a 0,11 b *	0,17 a	** **	0,08 ± 0,01 0,13 ± 0,03
						***		***		***	
FO3	Kaempferol-3-glucuronide	0,04 ± 0,01	HS Sol p	0,03 b	0,04 a	0,04 a 0,06 a ***	0,04 b	0,03 b 0,03 b NS	0,03 b	** ***	0,03 ± 0,01 0,03 ± 0,01
						***		***		***	
FO4	Kaempferol-3-glucoside	0,07 ± 0,02	HS Sol p	0,07	0,07	0,07 0,05 b **	0,05 b	0,08 0,06 ab *	0,08 a	NS *	0,06 ± 0,02 0,06 ± 0,02
						***		***		ns	
FO5	Kaempferol-3-acetylglucoside	0,2 ± 0,04	HS Sol p	0,2	0,2	0,2 0,2 c NS	0,2 bc	0,2 0,2 b NS	0,3 a	NS ***	0,2 ± 0,03 0,2 ± 0,1
						***		***		ns	
FO	Somme flavonols	1,1 ± 0,2	HS Sol p	1,3 a	1,2 a	1,0 b 0,9 b NS	1,0 b	1,2 a 1,0 b **	1,4 a	* **	1,2 ± 0,2 1,1 ± 0,2
						***		***		ns	
AN1	Cyanidin-3-glucoside	0,03 ± 0,01	HS Sol p	0,02 a	0,02 a	Anthocyanes (mg/100g)					
						0,02 b 0,05 a *	0,03 bc	0,01 b 0,02 c NS	0,04 b	** **	0,01 ± 0,01 0,03 ± 0,01
AN2	Pelargonidin-3-glucoside	3,5 ± 0,9	HS Sol p	4,2 a	3,5 b	2,4 c 3,1 c *	3,9 b	2,1 c 3,5 bc **	5,1 a	** **	3,0 ± 0,9 3,9 ± 0,8
						***		***		*	
AN4	Anthocyane 1	0,03 ± 0,01	HS Sol p	0,03 a	0,03 ab	0,01 b 0,04 a *	0,03 c	0,01 b 0,02 c	0,03 b	* **	0,03 ± 0,01 0,02 ± 0,01
						***		***		*	
AN5	Pelargonidin-3-acetylglucoside	2,3 ± 0,6	HS Sol p	3,2 a	2,4 b	1,5 c 1,9 c *	2,5 b	1,4 c 2,2 c *	3,0 a	*** **	2,1 ± 0,8 2,4 ± 0,5
						***		***		ns	
AN6	Anthocyane 2	0,1 ± 0,1	HS Sol p	0,24 a	0,05 b	0,11 b 0,09 NS	0,11	0,05 b 0,08 NS	0,17	** NS	0,11 ± 0,08 0,11 ± 0,04
						***		***		ns	
AN	Somme anthocyanes	5,9 ± 1,6	HS Sol p	7,6 a	6,0 b	4,0 c 5,2 c *	6,6 b	3,7 c 5,8 c **	8,4 a	*** **	5,3 ± 1,7 6,5 ± 1,3
						***		***		*	
PHT	Phloretin	0,1 ± 0,1	HS Sol p	0,05 a	0,03 ab	Dihydrochalcone (mg/100g)					
						0,05 a 0,1 c NS	0,1 c	0,02 b 0,1 b **	0,2 a	*	0,03 ± 0,01 0,1 ± 0,1
PP	Somme polyphénols	11,8 ± 3,4	HS Sol p	12,3 a	9,8 b	8,0 c 11,7 b *	13,2 b	7,8 c 13,3 b **	18,6 a	** ***	9,5 ± 2,0 14,1 ± 2,8
						***		***		***	

Annexe III (suite) : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Garigette.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, p<0.05)

Code	Correspondance	Moyenne Sol	Mode de culture	S17	S19	S21	S23	p
pm	Poids moyen (g)	19,0 ± 7,70	Sol	31,10 a	17,43 b	14,94 c	12,40 d	***
% MS	Pourcentage de matière sèche	10,6 ± 1,58	Sol	9,37 c	8,86 d	11,91 b	12,26 a	***
AT	Acidité titrable (en meq/100g MF)	11,7 ± 1,62	Sol	10,76 b	10,60 b	11,13 b	14,32 a	***
IR	Indice réfractométrique (% Brix)	9,33 ± 1,51	Sol	8,23 b	7,60 c	10,60 a	10,90 a	***
Acides organiques (g/100g)								
CIT	Acide Citrique	0,68 ± 0,10	Sol	0,62 c	0,60 c	0,67 b	0,85 a	***
MAL	Acide Malique	0,18 ± 0,01	Sol	0,17	0,17	0,19	0,17	NS
ACI	Somme des acides	0,86 ± 0,10	Sol	0,79 c	0,77 c	0,86 b	1,02 a	***
Sucres (g/100g)								
SACC	Saccharose	1,57 ± 0,52	Sol	1,32 c	0,92 d	2,22 a	1,80 b	***
GLU	Glucose	2,50 ± 0,43	Sol	2,09 b	2,10 b	2,85 a	2,97 a	***
FRU	Fructose	2,69 ± 0,42	Sol	2,27 b	2,31 b	3,01 a	3,16 a	***
SUC	Somme des sucres	6,75 ± 1,32	Sol	5,69 b	5,32 c	8,08 a	7,93 a	***
SA	Ratio Sucre/Acides	7,84 ± 1,05	Sol	7,22 b	6,94 b	9,40 a	7,80 b	**
Sucrosité		7,90 ± 1,48	Sol	6,67 b	6,33 b	9,35 a	9,27 a	***
Vitamine C (mg/100g)								
AA	Acide ascorbique	65,22 ± 3,33	Sol	64,97 b	62,02 b	64,22 b	69,67 a	**
DHA	Acide dehydroascorbique	2,39 ± 1,03	Sol	2,72	1,57	1,74	3,52	NS
VITC	Vitamine C	67,61 ± 3,91	Sol	67,68 b	63,58 d	65,96 c	73,19 a	***
Flavanols (mg/100g)								
FA1	PRO trimère	0,46 ± 0,22	Sol	0,17 c	0,44 b	0,71 a	0,53 b	**
FA2	PRO dimère	0,09 ± 0,03	Sol	0,09	0,08	0,12	0,08	NS
FA3	Dimère de procyanidin B1	0,12 ± 0,05	Sol	0,18 a	0,15 ab	0,10 bc	0,06 c	*
FA4	Catéchine	0,19 ± 0,08	Sol	0,32 a	0,16 b	0,12 b	0,17 b	**
FA	Somme des flavanols	0,87 ± 0,15	Sol	0,76 b	0,82 ab	1,04 a	0,84 ab	*

Annexe IV : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Clery.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, $p < 0.05$)

Code	Correspondance	Moyenne Sol	Mode de culture	S17	S19	S21	S23	p
Acides hydroxycinnamiques (mg/100g)								
AH1	Acide coumaroyl glucoside 1	1,38 ± 0,87	Sol	0,58 d	0,78 c	1,47 b	2,70 a	***
AH2	Acide coumaroyl glucoside 2	0,12 ± 0,06	Sol	0,08 c	0,07 c	0,15 b	0,20 a	***
AH	Somme acides hydroxycinnamiques	1,55 ± 0,92	Sol	0,68 d	0,90 c	1,67 b	2,93 a	***
Acides hydroxybenzoïques (mg/100g)								
AB1	Acide galacturonique 4 glucoside	0,04 ± 0,02	Sol	0,02	0,05	0,06	0,04	NS
AB2	Acide ellagique	0,65 ± 0,14	Sol	0,64 b	0,85 a	0,59 b	0,51 b	**
AB	Somme acides hydroxybenzoïques	0,69 ± 0,15	Sol	0,65 b	0,90 a	0,65 b	0,55 b	*
Flavonols (mg/100g)								
FO1	Quercetin-3-pentoside	0,66 ± 0,13	Sol	0,71 ab	0,80 a	0,64 ab	0,50 b	*
FO2	Quercetin-3-glucuronide	0,39 ± 0,16	Sol	0,65 a	0,38 b	0,23 d	0,30 c	***
FO3	Kaempferol-3-glucuronide	0,13 ± 0,01	Sol	0,13 ab	0,13 a	0,14 a	0,12 b	*
FO4	Kaempferol-3-glucoside	0,04 ± 0,01	Sol	0,04	0,04	0,03	0,04	NS
FO5	Kaempferol-3-acetylglucoside	0,09 ± 0,01	Sol	0,07 b	0,10 a	0,09 ab	0,09 ab	*
FO	Somme flavonols	1,31 ± 0,25	Sol	1,59 a	1,46 a	1,14 b	1,06 b	**
Anthocyanes (mg/100g)								
AN1	Cyanidin-3-glucoside	0,05 ± 0,01	Sol	0,07	0,05	0,05	0,04	NS
AN2	Pelargonidin-3-glucoside	5,17 ± 0,99	Sol	3,70 b	5,97 a	5,41 a	5,62 a	**
AN3	Pelargonidin-3-rutinoside	0,14 ± 0,03	Sol	0,09 b	0,14 a	0,14 a	0,17 a	**
AN4	Anthocyane 1	0,02 ± 0,02	Sol	0,03 a	0,00 b	0,04 a	0,00 b	**
AN5	Pelargonidin-3-acetylglucoside	1,65 ± 0,39	Sol	1,23 c	2,17 a	1,74 b	1,44 bc	**
AN6	Anthocyane 2	0,18 ± 0,10	Sol	0,11 b	0,34 a	0,15 b	0,13 b	**
AN	Somme anthocyanes	7,20 ± 1,41	Sol	5,22 b	8,66 a	7,52 a	7,40 a	**
Dihydrochalcone (mg/100g)								
PHT	Phloretin	0,07 ± 0,03	Sol	0,03 c	0,05 b	0,10 a	0,09 a	**
PP	Somme polyphénols	11,68 ± 1,83	Sol	8,93 b	12,79 a	12,12 a	12,87 a	**

Annexe IV (suite) : Niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés des échantillons de la variété Clery.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, $p < 0.05$)

Code	Correspondance	Mode de culture	Ciflorette	Gariguette	Cléry	p
% MS	Pourcentage de matière sèche	HS	10,0	9,8		NS
		Sol	11,5	11,6	10,6	NS
pm	Poids moyen (g)	HS	11,8	13,4		NS
		Sol	10,9 b	15,2 ab	19 a	**
AT	Acidité titrable (en meq/100g MF)	HS	12,5 b	16,3 a		***
		Sol	14,1 b	16,8 a	11,7 c	***
IR	Indice réfractométrique (% Brix)	HS	8,8	8,4		NS
		Sol	10,1	10,1	9,3	NS
Acides organiques (g/100g)						
CIT	Acide Citrique	HS	0,7 b	0,8 a		***
		Sol	0,8 b	0,9 a	0,7 c	***
MAL	Acide Malique	HS	0,3 b	0,4 a		***
		Sol	0,3 b	0,3 a	0,2 c	***
ACI	Somme des acides	HS	1,0 b	1,2 a		***
		Sol	1,1 b	1,2 a	0,9 c	***
Sucres (g/100g)						
SACC	Saccharose	HS	0,8 b	1,4 a		**
		Sol	1,0 b	1,1 b	1,6 a	*
GLU	Glucose	HS	2,8 a	2,0 b		***
		Sol	3,1 a	2,9 a	2,5 b	**
FRU	Fructose	HS	2,8 a	2,2 b		***
		Sol	3,2 a	3,1 a	2,7 b	**
SUC	Somme des sucres	HS	6,4 a	5,6 b		**
		Sol	7,3	7,1	6,8	NS
SA	Ratio Sucre/Acides	HS	7,5 a	4,8 b		***
		Sol	8,6 a	6,0 b	7,8 a	***
Sucrosité		HS	6,7 a	6,3 b		*
		Sol	8,1 a	7,6 b	7,9 a	*
Vitamine C (mg/100g)						
AA	Acide ascorbique	HS	63,1 a	57,9 b		**
		Sol	64,8	63,9	65,2	NS
DHA	Acide dehydroascorbique	HS	3,5	2,9		NS
		Sol	2,5	2,4	2,4	NS
VITC	Vitamine C	HS	66,6 a	60,8 b		**
		Sol	67,2	66,3	67,6	NS
Flavanols (mg/100g)						
FA1	PRO trimère	HS	0,5	0,5		NS
		Sol	0,6 at	0,7 a	0,5 b	*
FA2	PRO dimère	HS	0,2 a	0,1 b		*
		Sol	0,2 a	0,2 b	0,1 c	***
FA3	Dimère de procyanidin B1	HS	0,2	0,1		NS
		Sol	0,2 a	0,1 b	0,1 b	**
FA4	Catéchine	HS	0,5 a	0,3 b		**
		Sol	0,5 a	0,4 b	0,2 c	***
FA	Somme des flavanols	HS	1,3 a	1,1 b		***
		Sol	1,5 a	1,4 a	0,9 b	***

Annexe V : Comparaison du niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés selon les 3 variétés étudiées.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes (test SNK, $p < 0.05$)

Code	Correspondance	Mode de culture	Ciflorette	Gariguette	Cléry	p
Acides hydroxycinnamiques (mg/100g)						
AH1	Acide coumaroyl glucoside 1	HS	0,5	0,6		NS
		Sol	0,7 c	3,8 a	1,4 b	***
AH2	Acide coumaroyl glucoside 2	HS	0,1	0,1		NS
		Sol	0,1 b	0,3 a	0,1 b	***
AH	Somme acides hydroxycinnamiques	HS	0,6	0,7		NS
		Sol	0,9 c	4,1 a	1,5 b	***
Acides hydroxybenzoïques (mg/100g)						
AB1	Acide galacturonique 4 glucoside	HS	0,1	0,1		NS
		Sol	0,1 a	0,1 a	0,04 b	**
AB2	Acide ellagique	HS	1,3 a	1,1 b		**
		Sol	1,2 a	0,9 b	0,6 c	***
AB	Somme acides hydroxybenzoïques	HS	1,3 a	1,2 b		**
		Sol	1,3 a	1,0 b	0,7 c	***
Flavonols (mg/100g)						
FO1	Quercetin-3-pentoside	HS	0 b	0,8 a		***
		Sol	0 b	0,6 a	0,7 a	***
FO2	Quercetin-3-glucuronide	HS	0,14	0,1		NS
		Sol	0,15 b	0,1 b	0,4 a	***
FO3	Kaempferol-3-glucuronide	HS	0,04	0,03		NS
		Sol	0,03 b	0,04 b	0,1 a	***
FO4	Kaempferol-3-glucoside	HS	0,02 b	0,1 a		***
		Sol	0,02 c	0,1 a	0,04 b	***
FO5	Kaempferol-3-acetylglucoside	HS	0,10 b	0,2 a		***
		Sol	0,07 b	0,2 a	0,1 b	***
FO	Somme flavonols	HS	0,29 b	1,2 a		***
		Sol	0,27 c	1,1 b	1,3 a	***
Anthocyanes (mg/100g)						
AN1	Cyanidin-3-glucoside	HS	0,03 a	0,02 b		**
		Sol	0,04 b	0,04 b	0,1 a	**
AN2	Pelargonidin-3-glucoside	HS	3,36	3,0		NS
		Sol	2,40 c	3,9 b	5,2 a	***
AN3	Pelargonidin-3-rutinoside	HS	0	0		
		Sol	0 b	0 b	0,1 a	***
AN4	Anthocyane 1	HS	0,02	0,02		NS
		Sol	0,02 b	0,03 a	0,02 b	*
AN5	Pelargonidin-3-acetylglucoside	HS	1,7	2,1		NS
		Sol	1,2 c	2,4 a	1,6 b	***
AN6	Anthocyane 2	HS	0,09	0,1		NS
		Sol	0,06 b	0,1 b	0,2 a	**
AN	Somme anthocyanes	HS	5,2	5,3		NS
		Sol	3,7 b	6,5 a	7,2 a	***
Dihydrochalcone (mg/100g)						
PHT	Phloretin	HS	0,02 b	0,04 a		***
		Sol	0,02 c	0,1 a	0,1 b	***
PP	Somme polyphénols	HS	8,7	9,5		NS
		Sol	7,6 c	14,2 a	11,7 b	***

Annexe V (suite) : Comparaison du niveau des différents paramètres physico-chimiques étudiés selon les 3 variétés étudiées.

Pour un mode de culture et une variable donnés, les valeurs suivies d'une lettre différentes sont significativement différentes (test SNK, p<0.05)



Diplôme / Mention : Master 2 Biologie et technologie du végétal
Spécialité : Production et Technologie du Végétal (ProTeV)
Parcours : Productions végétales spécialisées
Option : Filières de l'horticulture et du végétal urbain

Auteur(s) : Florian PHILIPPE

Organisme d'accueil : Ctifl Saint-Rémy-de-Provence

Date de naissance* : 30/08/1933

Adresse : Route de Molléges, 13210 Saint-Rémy-de-Provence

Nb pages : 25 Annexe(s) : 5

Année de soutenance : 2016

Maître de stage : Christophe AUBERT

Titre français : **Etude des sources de variation des composés d'intérêt nutritionnel chez la fraise**

Titre anglais : **Study of the variation of the nutritional interest compounds of the strawberry**

Résumé : Les sources de variation de la qualité nutritionnelle ont été étudiées à partir d'un échantillonnage de fraises (variétés Gariguette, Ciflorette et Clery) réalisé entre mi-mars (semaine 11) et mi-juin (semaine 23) dans le sud-est de la France. Les propriétés physico-chimiques ainsi que les composés d'intérêt nutritionnel des fraises ont été analysés. Les analyses des échantillons en chromatographie liquide ont mis en évidence une influence de trois facteurs sur la composition des fraises. Si la culture en sol favorise la teneur en sucre (Gariguette et Ciflorette), en acides (Ciflorette) et en composés antioxydants (Gariguette), la teneur en polyphénols est plus élevée en culture hors-sol pour la variété Ciflorette. L'avancement dans la saison, pour la variété Gariguette, permet une augmentation de la teneur en sucres, en polyphénols mais également en acides et en vitamine C en culture hors-sol. Pour la variété Ciflorette, les échantillons prélevés en fin de saison sont caractérisés par une acidité plus importante pour la modalité hors-sol alors que pour la variété Clery des teneurs en sucres et en acides plus élevées sont observées. En culture hors-sol, la variété Gariguette est décrite par une acidité plus importante mais des teneurs en sucre et en vitamine C moins élevées que pour la variété Ciflorette. Enfin en culture en sol, les teneurs en sucres majeurs (glucose et fructose) et en polyphénols sont plus importantes pour les variétés Gariguette et Ciflorette comparée à celle observée pour la variété Clery.

Abstract : The sources of variation of the nutritional quality were studied from a sampling of strawberries (French varieties Gariguette, Ciflorette and Clery) carried out between the middle of March (week 11) and in the middle of June (week 23) in the southeast of France. The physico-chemical properties and the nutritional compounds of strawberries were analyzed. The analyses of samples in liquid chromatography highlighted an effect of three parameters on the composition of the strawberries. If the culture in ground promotes the content in sugar (Gariguette and Ciflorette), in acids (Ciflorette) and in antioxidants compounds (Gariguette), the content in polyphenols is higher in soilless cultivation for the variety Ciflorette. Advancing season, for the variety Gariguette, allowed an increase of the content in sugars, in polyphenols but also in acids and in vitamin C from soilless cultivation. For the variety Ciflorette, samples taken at the end of season are characterized by higher acidity for the soilless modality while for the variety Clery, higher contents in sugars and in acids are observed. In soilless cultivation, the variety Gariguette is described by a more important acidity but lower contents in sugar and in vitamin C that for the variety Ciflorette. Finally, in culture in soil, the contents in major sugars (glucose and fructose) and in polyphenols are more important for the varieties Gariguette and Ciflorette compared with that observed for the variety Clery.

Mots-clés : fraise, variation, composés nutritionnels, HPLC,

Key Words: strawberry, variation, nutritional compounds, flavor compounds, HPLC,