



UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE ODONTOLOGIQUE

MASTER 1 « NUTRITION, SANTE, ALIMENTS »

MEMOIRE DE STAGE DE RECHERCHE

**ETUDE PILOTE :
IMPACT D'UNE FREQUENCE DE MASTICATION IMPOSEE SUR LE
COMPORTEMENT MASTICATOIRE ET LE BOL ALIMENTAIRE :
UTILISATION DE LA FOURCHETTE 10SFORK**

Présenté par : GARNIER Nelly

Le : 28 septembre 2017

JURY

Membres externes : Dr Sylvie Rousset, Ingénieur de Recherche (INRA)

Dr Céline Melin, Maître de Conférences des Universités (Neuro-dol)

Membres internes : Pr Martine Hennequin, Professeur des Universités (CROC)

Membre invité : Jacques Lépine, Société Slow Control, Paris

Responsable de stage : Dr Marie-Agnès Peyron, chargé de Recherche (INRA)

Année universitaire 2016-2017

EA 4847, Centre de Recherche en Odontologie Clinique (CROC)

TABLES DES MATIERES

1. Introduction.....	3
2. Matériels et méthodes.....	6
2-1 Sujets.....	6
2-2 Aliment test	6
2-3 Enregistrements électromyographiques pendant la mastication.....	7
2-4 Caractérisation granulométrique du bol alimentaire.....	8
2-5 Mesure de la cadence de prise alimentaire avec la fourchette 10S FORK	9
2-6 Design expérimental	10
a/ Déroulement de la session 1 :.....	11
b/ Déroulement des sessions 2 et 3.....	13
2-7 Statistiques	13
3. Résultats.....	14
3-1 Variabilité de la mastication des sujets.....	14
3-2 Effet de l'aliment sur les variables étudiées.....	18
3-3 Effet de la modification de la fréquence de mastication.....	21
3-4 Effet de l'alarme programmée sur la fourchette.....	24
4. Discussion.....	26
5. Conclusion	29
6. Bibliographie.....	31
7. Annexes	35
Annexe 1 : analyse de la granulométrie du bol alimentaire par tamisage.....	35
Annexe 2 : Fourchette électronique 10 S Fork.....	37
Annexe 3 : Electromyographie des muscles masticateurs (EMG)	41

1. Introduction

La notion de comportement alimentaire qualifie l'ensemble des activités de recherche et de prise alimentaire d'une personne. Cette notion englobe les différentes attitudes de l'individu dont l'objectif physiologique est d'assurer l'apport d'énergie sous forme de nutriments et de composés biochimiques nécessaire au bon fonctionnement des cellules de l'organisme (Tremblay et Bellisle, 2015). Le système de contrôle de ce comportement consiste à réguler l'homéostasie énergétique et la prise alimentaire. Complexe et multi-régulé, ce système de contrôle dépend de signaux centraux et périphériques (Lund, 1991). Au niveau du système nerveux central, les centres de la faim, de l'appétit et de la satiété situés au niveau du tronc cérébral et de l'hypothalamus sont des noyaux neuronaux très impliqués dans la régulation de la prise alimentaire. Les sensations de faim et de satiété sont également contrôlées par des signaux périphériques sensoriels ou hormonaux déclenchés par et pendant le passage en bouche de l'aliment, la digestion et l'absorption des nutriments. Parmi les principales hormones impliquées dans le mécanisme de régulation de la prise alimentaire, la ghréline et la leptine sont associées à la perception de faim et de satiété, respectivement. La régulation du comportement alimentaire se traduit par l'activation des mécanismes de rassasiement, l'apparition des perceptions de faim ou de satiété, ces mécanismes entraînant la prise de nourriture ou l'arrêt du repas. Enfin, la régulation est aussi influencée par les apprentissages, les habitudes, la perception cognitive multimodale des aliments, de par les signaux sensoriels arrivant au cortex orbitofrontal (Bellisle et coll, 2010).

De nombreuses publications scientifiques décrivent depuis longtemps des travaux de recherche dans le domaine de la régulation du comportement alimentaire. De façon globale, la quantité d'aliment ingérée est plus importante lorsque la perception de satiété est plus faible ou retardée, c'est-à-dire lorsque les aliments sont consommés rapidement, en grande portion ou avec peu d'activité masticatoire et un temps oral diminué (De Graaf, 2012). Le concept de « manger lentement » n'est absolument pas récent, les plus vieux « travaux » remontent au moins à Monsieur Horace Fletcher (1849-1919) qui a basé ses recommandations de santé et de gestion du poids corporel autour du message simple de mastiquer plus longtemps chaque bouchée d'aliment (Smit et coll, 2011). Cette question est très souvent traitée dans un contexte de gestion du poids, mais également dans le cadre d'études des facteurs de risque de maladie métaboliques ou d'obésité, de maladies cardiovasculaires, de diabète, ou encore de

résistance à l'insuline (Hsieh et coll, 2011 ; Okhuma et coll, 2013 ; Otsuka et coll, 2006, 2008 ; Sonoki et coll, 2013 ; Zhu et Hollis, 2015a).

L'ensemble des travaux de la littérature peut être décomposé selon que la question scientifique a été étudiée à l'échelle de la (macro)structure (taille des portions ou des bouchées, des quantités ingérées, de la durée ou de la vitesse d'ingestion du repas (Bolhuis et coll, 2014 ; van den Boer et coll, 2015; Goto et coll,2015) ou de la microstructure du repas (par exemple : durée de l'exposition orale, séquence de mastication, nombre de cycles masticatoires (Bellisle et coll, 2000 ; Zhu et Hollis, 2014c ; Zhu et Hollis 2015b).

A l'échelle du repas, il a été montré qu'une augmentation de la viscosité (Zhu et coll, 2013a), de la dureté (Frecka et Hollis, 2008), de la densité énergétique ou de la composition en nutriments (Viskaal van Dongen et coll, 2011) participe au rassasiement, réduit la faim et la vitesse d'ingestion, et augmente la durée du repas. La taille de la portion alimentaire augmenterait la taille des bouchées, la vitesse d'ingestion et la durée du repas, et par conséquent les quantités d'aliments ingérés (Mishra et coll, 2011 ; Almiron-Roig et coll, 2015). La diminution de la taille des bouchées entraînerait une augmentation du nombre de cycles masticatoires par unité de volume ou de poids d'aliment (Nakamichi et coll, 2014 ; Goto et coll, 2015). Un repas pris sur un laps de temps court n'engendre pas la même réponse hormonale que le même repas pris lentement. La sécrétion des hormones intestinales anorexigènes (ghréline par exemple) est beaucoup plus prononcée lorsque le repas est pris lentement (Kokkinos et coll, 2010) ou en petite portion (Leidy et coll, 2010).

Ainsi pour éviter une surconsommation d'aliments et lutter contre la prise de poids corporel, certains auteurs ont préconisé de réduire la durée du repas (De Graaf, 2012), réduire le nombre de prises alimentaires quotidiennes (Salazar Vásquez et coll, 2015 ; Evans et coll, 2015), ou encore moduler les intervalles entre les repas (Little et coll, 2014), mais plus fréquemment manger lentement (Andrade et coll, 2008 ; Kokkinos et coll, 2010; Li et Zhang, 2011) ou encore sélectionner des aliment plus durs, une texture plus ferme entraînant une mastication plus longue (Bolhuis et coll, 2014).

Les divers travaux sur la microstructure du repas permettent une analyse plus orientée sur le rôle de l'activité orale proprement dite dans le comportement alimentaire. Les paramètres masticatoires les plus étudiées dans ce cadre sont le nombre de cycles masticatoires ou la durée de la séquence de mastication. Les études réalisées en contrôlant certains paramètres moteurs de la mastication ont montré qu'une augmentation du nombre de cycles masticatoires

favoriserait l'apparition plus rapide de la sensation de rassasiement tout en supprimant celle de la faim, entre autres en modulant les concentrations plasmatiques postprandiales de glucose, de ghréline ou d'insuline (Cassady et coll, 2009 ; Kokkinos et coll, 2010 ; Li et Zhang, 2011 ; Zhu et coll, 2013 c, 2014 a). Ces réponses hormonales ont été associées dans ces études à une baisse des quantités ingérées.

Des méthodes non invasives de comptage du nombre de cycles et de bouchées d'aliment ingérées ont été développées. Le comptage du nombre de cycles de mastication a, été proposé par Fontana et son équipe comme moyen d'estimer la charge énergétique alimentaire (Fontana et coll, 2015). Une première méthodologie de comptage des bouchées utilise des outils de capture de vidéo, associés à des capteurs de déformation placés au niveau de la mandibule et des microphones (Sazonov et coll, 2008). Un second système met en œuvre un compteur de déplacement du poignet à l'aide d'un bracelet incluant un gyroscope et un accéléromètre (Bite technologies, US ; Scisco et coll, 2011). Enfin une fourchette connectée (fourchette 10S Fork) a été mise au point par Lépine Jacques et son collaborateur Jean-Baptiste Schmauch, fondateurs de la société Slow control® qui la commercialise.

Dans tous les cas, les résultats des nombreuses études scientifiques s'intéressant aux différents paramètres participant à la régulation de la prise alimentaire montrent qu'allonger le temps du repas, ralentir le rythme de la prise alimentaire et augmenter l'activité orale participent à la réduction de la quantité ingérée. Néanmoins, même les travaux ayant testé par exemple l'effet d'une augmentation du nombre de cycles masticatoires sur la quantité ingérée ne présentent pas une analyse fine du rôle de la fonction de mastication sur cet aspect du comportement alimentaire, telle que la fréquence ou la durée de mastication, et s'intéressent encore moins aux caractéristiques physiques du bol alimentaire dégluti.

Au cours de mon stage de Master 1, j'ai utilisé la fourchette connectée de la société Slow control®. En utilisant cet outil conjointement à l'enregistrement électromyographique de surface des muscles masséters, je me suis attachée à tester l'effet de fréquences masticatoires imposées sur les paramètres de la mastication (nombre de cycles masticatoires, valeur des contractions musculaires des masséters et durée de la séquence de mastication), sur la durée de la bouchée ou laps de temps entre deux mises en bouche enregistré par la fourchette, et en particulier sur la distribution granulométrique de bols de carottes en fin de séquence masticatoire. De la même manière, l'impact sur ces paramètres de la fonction « alarme » de la fourchette (vibration émise lorsque le temps de mastication est trop court) a été étudié. Je me

suis employée à tester l'effet de cette « alarme » sur le comportement masticatoire (valeurs de contractions musculaires des masséters, nombre de cycles masticatoires, durée de la séquence masticatoire, la durée de la bouchée) avant et après émission de cet avertissement par la fourchette. Ces tests ont été effectués en demandant aux volontaires de mastiquer en conditions expérimentales des échantillons de carottes différant par leur dureté (cruës et cuites). La dernière question scientifique de ce mémoire portera sur l'effet de la dureté de l'aliment dans les conditions de fréquences masticatoires expérimentalement imposées.

2. Matériels et méthodes

2-1 Sujets

Six sujets (3 hommes, 3 femmes) ont été recrutés parmi les membres du laboratoire CROC (étudiants en stage et enseignants). Les volontaires inclus étaient des sujets normo-dentés, sans prothèse amovible, ou dent manquante (à l'exception des dents de sagesse). La moyenne d'âge était de 37 ± 7 ans (36 ± 9 ans pour les femmes ; 38 ± 6 ans pour les hommes).

Chaque sujet a participé à 3 sessions expérimentales.

2-2 Aliment test

L'aliment utilisé pour cette étude est la carotte, testée sous forme crue et sous forme cuite.

Les échantillons étaient de forme cylindrique de 2cm de diamètre et d'1cm d'épaisseur.

Après épluchage, les échantillons de carottes crues ont été obtenus à l'emporte-pièce puis ajustés à 1 cm de hauteur au couteau.

Les échantillons de carottes cuites ont été obtenus dans de gros morceaux de carottes (environ 2cm d'épaisseur) cuits 5 min dans l'eau bouillante, ajustés après cuisson à l'emporte-pièce à 2cm de diamètre et au couteau à 1cm d'épaisseur.

Les échantillons pesaient en moyenne $2,99 \pm 0,07$ g pour la carotte cuite et $2,99 \pm 0,08$ g pour la carotte crue.

2-3 Enregistrements électromyographiques pendant la mastication

L'activité des muscles masséters droit et gauche (Mass D, Mass G) a été enregistrée par électromyographie de surface (EMG) pendant la mastication des échantillons de carotte.

Le matériel utilisé, est constitué d'électrodes sans fils DELSYS®, et du logiciel CAPTIV® pour l'enregistrement et l'exploitation des données (Société TEA®, Vandœuvre-lès-Nancy, France). Le mode opératoire est décrit en Annexe 3.

Les électrodes sans fils sont positionnées en regard des masséters du sujet par palpation lorsque le sujet les contracte volontairement en serrant des dents.

Afin d'optimiser le recueil du signal, le sujet masculin avait reçu comme consigne de se raser les sujets féminins devaient être démaquillés. La peau était nettoyée à l'alcool pour permettre la bonne adhésion de l'électrode. Le sujet est installé dans un siège pour être isolé du sol et ainsi diminuer les interférences.

L'analyse du tracé EMG permet d'obtenir la contraction musculaire au cours de chaque cycle de mastication pour chaque muscle masséter droit et gauche, la contraction moyenne par cycle de mastication (Mass Moy) et la contraction totale pour la séquence complète de mastication (Mass TOT) en $\mu V.s$. (Figure 1). Cet outil permet l'enregistrement du nombre de cycles masticatoire (NBC) et la durée de la séquence de mastication (Ds, en sec). Le rapport entre ces 2 variables donne la fréquence de mastication (F en s-1).

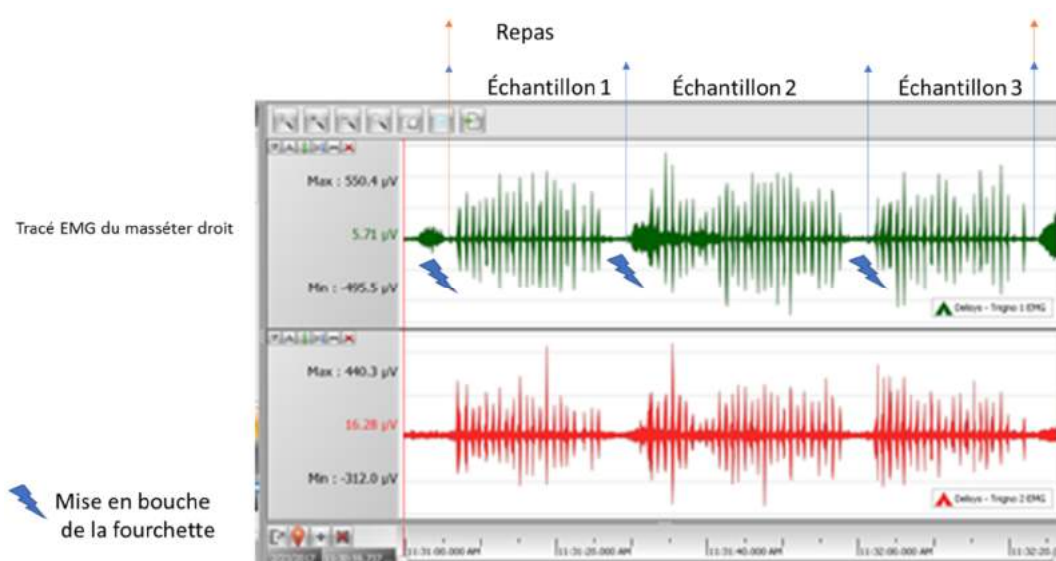


Figure 1 Exemple d'enregistrement électromyographique (EMG) des deux masséters droit et gauche d'un sujet lors de la mastication normale successive de 3 échantillons de carotte crue.

2-4 Caractérisation granulométrique du bol alimentaire

L'étude de la distribution de taille des particules constituant le bol alimentaire a été réalisée par la méthode de tamisage manuel par voie sèche (Annexe 1).

Le matériel nécessaire comprend :

- Une balance de précision
- Une colonne de tamis à taille de mailles décroissante
- Une Etuve pour le séchage
- Un Pinceau en nylon
- Une Toile en nylon SEFAR® à maille fine (300µm)

Pour tous les essais, le sujet devait mastiquer l'échantillon de carotte qui lui était présenté et recracher le bol alimentaire dans une coupelle en verre au moment où il ressentait le besoin de déglutir. Le volontaire devait se rincer ensuite la bouche avec 10mL d'eau qu'il recrachait dans la même coupelle. L'examineur comptait le nombre de cycles de mastication réalisés.

Le bol recueilli était versé sur la toile de nylon et rincé pendant 30 sec sous eau légèrement tiède pour éliminer la salive et séparer les particules au maximum les unes des autres afin d'éviter qu'il ne reste des amas de fragments d'aliments.

La toile nylon était ensuite grossièrement séchée sur du papier absorbant pour enlever l'excès d'eau. Puis le bol était placé à l'étuve à 37°C, 15 à 18 min environ pour sécher sans dessécher. Les particules les plus grosses demandaient un séchage plus long, le séchage était donc surveillé à partir de la 12^{ème} minute.

A la sortie de l'étuve, le bol était déposé sur le haut d'une colonne constituée de 9 tamis à mailles décroissantes, et tamisé manuellement à l'aide de pinceaux. Le poids des particules retenues dans chaque tamis a été pesé.

Les bols ont été traités les uns après les autres et rapidement pour que la dégradation salivaire influence le moins possible la taille des particules.

Le poids des particules mesuré pour chaque tamis a été reporté sous tableur Excel®, ces valeurs ont été traitées pour obtenir le pourcentage de poids par rapport au poids initial de l'échantillon. Les pourcentages de poids retenus cumulés passant pour chaque tamis ont ensuite été calculés.

La valeur médiane de poids est extraite des courbes de distribution granulométrique exprimées en pourcentage de poids cumulés passants. Cette valeur, nommée d50, correspond à la taille de maille d'un tamis virtuel à travers lequel passent 50% du poids de particules.

Les variables étudiées pour l'expérimentation sont le pourcentage passant cumulé et la d50.

2-5 Mesure de la cadence de prise alimentaire avec la fourchette 10S FORK

La fourchette électronique (Figure 2) est un nouvel objet connecté (Slow control®, Paris, France). Elle est conçue pour enregistrer des données de chrono-nutrition se rapportant à l'heure et à la durée des repas ainsi qu'au délai entre les mises en bouche constituant le repas. Elle mesure donc la vitesse à laquelle est pris le repas. La description complète de cet outil et son mode opératoire sont décrits en Annexe 2. Cet outil se présente comme une fourchette classique bien que le manche soit plus large pour contenir une clef USB. Chaque fois que la fourchette est portée à la bouche, une boucle électrique se forme entre la main, la fourchette et la bouche. Les données sont collectées à partir de ce signal. Pour éviter les interférences électriques, le sujet doit se servir du couteau en plastique pour placer un échantillon sur la fourchette sans le toucher avec les doigts. Un intervalle de temps minimum entre deux bouchées peut être programmé. Au cours du repas, si la fourchette est portée à la bouche plus tôt que l'intervalle de temps choisi lors du réglage, une alarme vibration prévient le consommateur qu'il mange trop vite. Le niveau de vibration pour l'expérimentation a été réglé à 5 (sur une échelle de 1 à 10).



Figure 2 : La fourchette 10S FORK

Pour ce travail, la fourchette connectée a été utilisée pour mesurer la cadence des mises en bouche successives de plusieurs échantillons de carotte, l'ensemble de ces échantillons étant considéré comme un repas. Elle a été utilisée en même temps que l'enregistrement électromyographique (Figure 1). Lorsque l'effet de l'alarme sur le comportement musculaire a été testé, l'intervalle de temps entre deux alarmes a été réglé au plus long soit 30 secondes afin d'être certain que la fourchette vibre lorsque le sujet mastique un aliment mou (carotte cuite). L'analyse des différences de valeurs de contraction musculaire avant et après l'émission de l'alarme a été effectuée. Pour les autres enregistrements, cet intervalle a été réglé à 5 secondes de façon à ce que la fourchette n'émette aucune vibration et n'interfère pas sur le comportement musculaire. L'analyse a porté sur l'influence d'une fréquence imposée sur le comportement musculaire. L'exportation de ces données sur un fichier Excel® s'effectue à partir du portail internet slow control (6/ de l'Annexe 2). Pour notre expérimentation les données utilisées sont la durée enregistrée par la fourchette entre 2 mises en bouche ou Durée de la bouchée (Db en s), le temps du repas, et la cadence C est déduite (l'intervalle de temps, en secondes, entre deux bouchées).

2-6 Design expérimental

Chaque sujet a participé à 3 sessions pendant lesquelles il a mastiqué des échantillons de carottes cuites ou crues. L'ensemble des données collectées au cours de ces 3 sessions apporte des informations sur la dynamique de mastication (notamment la contraction musculaire des masséters) et sur la granulométrie du bol alimentaire à la fin de la séquence de mastication. L'impact de la fréquence de mastication a été étudié grâce à l'utilisation simultanée de la fourchette connectée et de l'EMG. L'effet de l'alarme a été testé sur le comportement musculaire, le nombre de cycles masticatoires, les durées de la séquence de mastication et de la bouchée de l'échantillon de carottes cuites.

Le schéma présenté en Figure 3 reprend le déroulement des sessions :

Session 1 Enregistrement de séquences de mastication de carotte crue ou cuite avec l'EMG, et la fourchette est programmée à 5 secondes. Deux fourchettes identifiées sont utilisées pour faciliter l'expérimentation.

Session 2 Collecte de bols lors de séquences de mastication d'échantillons de carotte crue pour les mesures granulométriques de distribution de taille de particules.

Session 3 Collecte de bols lors de séquences de mastication d'échantillons de carotte cuite pour les mesures granulométriques de distribution de taille de particules.

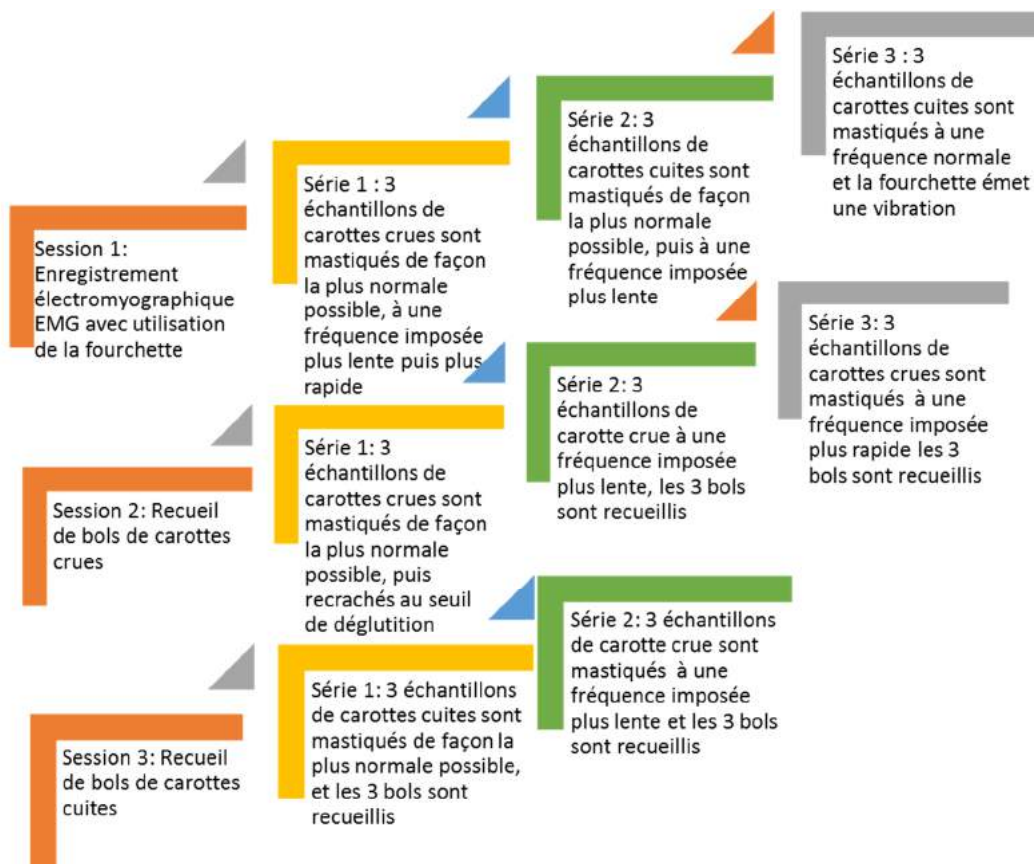


Figure 3 : schéma du protocole expérimental pour chaque volontaire

a/ Déroulement de la session 1 :

Lors de cette session, il a été procédé aux enregistrements EMG avec utilisation de la fourchette. La cadence des mises en bouche des échantillons est enregistrée avec la fourchette. Le nombre de cycles de mastication par séquence et la valeur des contractions musculaires sont enregistrés par l'EMG. Le recueil de ces données permet l'analyse de l'effet de la fréquence de mastication imposée, puis l'analyse de l'effet de l'alarme de la fourchette sur le comportement musculaire.

Le sujet est installé confortablement dans le siège isolé du sol, une tablette est installée devant lui pour faciliter la présentation des échantillons de carottes et de la fourchette connectée. Les

électrodes EMG sont mises en place, et la fourchette connectée est démarrée. Aucune consigne de mastication n'est donnée.

La session 1 est organisée en 3 séries d'enregistrements :

Série 1 : mastication de carotte crue avec fréquence contrôlée,

Série 2 : mastication de carotte cuite avec fréquence contrôlée,

Série 3 : mastication de carotte cuite avec déclenchement d'une alarme programmée sur la fourchette.

Au cours des séries 1 et 2 d'enregistrements, 9 échantillons de carottes crues et 6 échantillons de carottes cuites ont été mastiqués par le sujet. La carotte crue a toujours été mastiquée en premier. La fréquence de mastication est un des facteurs de variations testés au cours de cette session. L'échantillon de carotte était mastiqué et dégluti normalement, avant de prendre l'échantillon suivant avec la fourchette.

Pour les 3 premiers échantillons, le sujet a été invité à mastiquer le plus normalement possible (condition normale ou N), l'examineur compte le nombre de cycles masticatoires réalisés pour chacun des 3 échantillons et détermine la fréquence masticatoire moyenne normale (N) du sujet. A partir de cette valeur, l'expérimentateur calcule une fréquence dite lente (L) et une fréquence dite rapide (R), correspondant respectivement à une diminution de 60% et à une augmentation de 20%, par rapport à la fréquence normale du sujet.

Pour les 6 échantillons de carottes crues restant, le volontaire a été invité à mastiquer en rythme avec un métronome (application pour iPhone®) réglé sur la fréquence lente L (3 échantillons) ou rapide R (3 échantillons).

La moitié des sujets a commencé par les échantillons à mastiquer en fréquence lente pour continuer avec les échantillons mastiqués en fréquence rapide. L'autre moitié des sujets a fait les essais dans l'ordre inverse.

Après avoir déterminé la fréquence de mastication des échantillons de carottes cuites (3 échantillons), les 3 autres échantillons de carottes cuites étaient mastiqués en rythme avec le métronome réglé sur la fréquence plus lente.

Un enregistrement électromyographique a été obtenu pour chaque condition (N, L, R), et chaque type d'échantillon. Un seul enregistrement a été réalisé pour tester l'effet de l'alarme.

Au cours de la série 3 d'enregistrement avec des échantillons de carotte cuite, une alarme est programmée sur la fourchette pour sonner au bout de 30 secondes c'est-à-dire après la fin

normale de la mastication de l'échantillon. La seule consigne donnée au sujet pour cette série était : « la fourchette vous signalera si vous mangez trop vite ». Le sujet disposait d'un verre d'eau afin de se rincer la bouche uniquement entre les séries d'enregistrements.

Entre chaque série d'enregistrement la fourchette est éteinte puis connectée au logiciel Slow Control Connect® afin d'enregistrer la session du repas, défini par l'ensemble des 3 échantillons présentés lors de chaque série d'enregistrement, sur l'ordinateur.

Le sujet est ensuite libéré

b/ Déroulement des sessions 2 et 3

Ces sessions étaient destinées à la collecte de bols alimentaires à déglutition pour tester l'effet d'une fréquence imposée sur le bol alimentaire de carotte crues ou cuites par analyse granulométrique.

Par session, 9 échantillons de carottes crues (seesion2) ou 6 de carottes cuites (session3) ont été présentés à chaque sujet 3 par 3 dans des coupelles individuelles. Chaque sujet a participé à 3 séries de recueil de bol alimentaires à déglutition pour la carotte crue, une série pour laquelle le sujet mastiquait à fréquence normale (N), une série où il mastiquait en fréquence plus lente (L), et une série en fréquence plus rapide (R). Pour les bols de carottes cuites le sujet participait à 2 séries, une à fréquence de mastication normale (N), et une à fréquence plus lente (L). Les cadences de mastication étaient les mêmes que ceux déterminés lors de la session 1 d'enregistrement EMG. Pour chaque mastication, le sujet était invité à se rincer la bouche pour récupérer le maximum de particules.

Entre chaque série le sujet est libéré environ 40 à 50 min afin de traiter les bols. Comme pour la première session, la moitié des sujets a mastiqué plus lentement en premier et plus rapidement en dernier, et inversement.

2-7 Statistiques

L'analyse statistique des données a été réalisée avec le logiciel SPSS ® (IBM,11.5)

Après vérification de la normalité des distributions par le test de KS (Kolmogorov-Smirnov), les variables extraites des enregistrements EMG ont été traitées par ANOVAs, et suivies de test Post-Hoc dans le cas de significativité (SNK Student-Newman-Keuls) ($p < 0,05$).

Pour les variables extraites des mesures granulométriques des bols, les distributions de taille des particules (exprimées en % du poids cumulé passant) ont été analysées par ANOVA en modèle de mesures répétées (Least Mean Square type 3 ; test de sphéricité) ($p < 0,05$). L'existence de différences significatives entre les valeurs de d50 obtenues dans les différentes conditions de mastication a été recherchée par ANOVA.

3. Résultats

3-1 Variabilité de la mastication des sujets

6 sujets ont été inclus dans l'étude.

Les sujets adoptent des comportements masticatoires significativement différents lorsqu'il leur a été demandé de mastiquer les échantillons de carottes crues ou cuites de la façon la plus normale possible. Les données de l'EMG et de la fourchette ont permis d'obtenir le nombre de cycles, les valeurs de contractions musculaires moyennes et totales des masséters (MASS Moy, MASS TOT) et ces valeurs sont présentées avec leurs écarts types dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Comparaison des sujets et variabilité des comportements de mastication.

A Carotte crue

sujets	MASS MOY	écart type	NBC	écart type	MASS TOT	écart type
2	23,4	10,9	22,3	3,8	1039,5	174,7
3	15,9	4,3	26,3	3,6	843	226,8
4	13,6	3,5	25,3	1,9	685,4	66,6
6	25,3	3,1	26	2,9	1320,2	177,9
7	11,9	8,3	16	5,4	388,8	239,3
8	14,6	8,5	47,3	15	1371,9	293,2

B Carotte cuite

Sujets	MASS MOY	écart type	MASS TOT	écart type	NBC	écart type
2	21,3	9,4	582,6	107,9	14,0	3,6
3	11,8	2,9	478,5	193,1	18,7	4,2
4	7,9	1,2	263,0	22,8	16,7	0,6
6	14,3	1,6	507,4	66,0	17,7	1,2
7	5,7	1,5	103,7	13,4	9,3	2,5
8	7,8	4,3	693,3	113,4	44,3	7,2

Les valeurs moyennes de contractions moyennes (MASS MOY), de contractions totales (MASS TOT) en $\mu V.s$ et le nombre moyen de cycles (NBC) de mastication sont reportées

avec les écarts types respectifs. Les valeurs obtenues sont statistiquement différentes entre les sujets ($p < 0,05$)

Les fréquences de mastication lorsqu'il a été demandé aux sujets de mastiquer les échantillons de carottes crues ou cuites de la façon la plus normale possible sont représentées Figure 4. Le sujet 4 par exemple effectuait en moyenne un cycle masticatoire toutes les 1,4 secondes alors que le sujet 8 lui faisait un cycle toutes les 1,8 secondes lors de la mastication en fréquence normale des échantillons de carottes crues. Le sujet 6 effectuait, lors de la mastication en fréquence normale, un cycle toutes les 1,3 secondes alors que le sujet 8 effectuait un cycle toutes les 2 secondes pour les échantillons de carottes cuites.

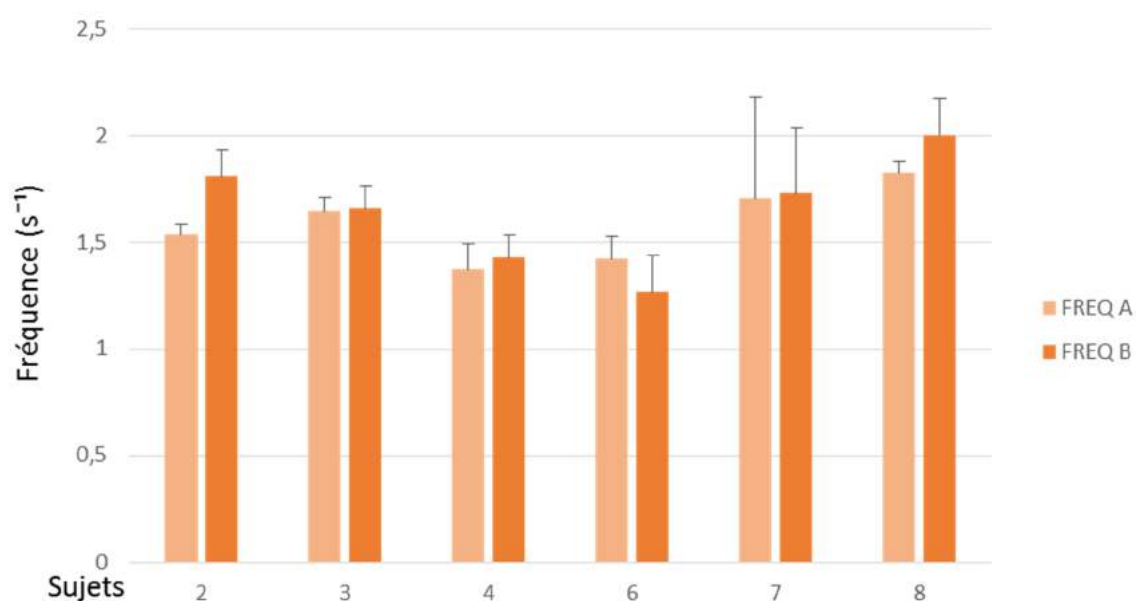


Figure 4 : Fréquence de mastication normale des sujets pour les échantillons de carottes crues (FREQ A) et cuites (FREQ B) en s^{-1} .

Quel que soit le type d'aliment, les durées des séquences de mastication (D_s moy) et les durées des bouchées (D_b moy) en fréquence de mastication normale enregistrées par la fourchette, pour chaque sujet sont différentes significativement ($p < 0,001$) (Figure 5). L'intervalle de temps entre deux mises en bouche enregistré par la fourchette variait entre 10 s et 28 s et entre 16,3 s et 32,6 s, respectivement pour les échantillons de carotte cuite et crue. La durée de la séquence de mastication relevée sur l'EMG en secondes s'étendait de 9,3 s à 26,3 s et de 5,2 s à 22,3 s pour la carotte crue ou cuite respectivement.

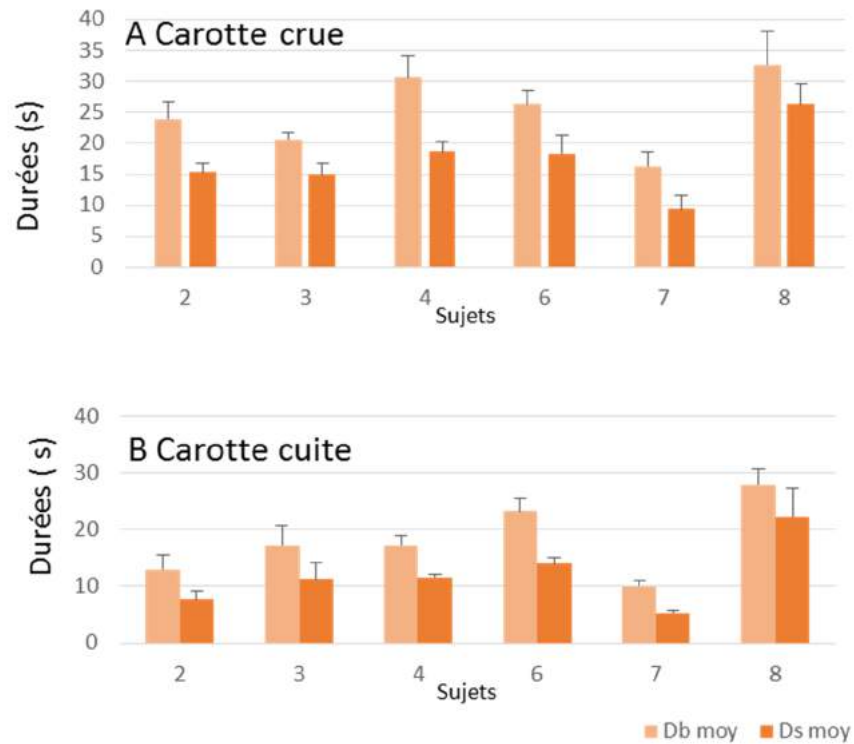


Figure 5: Durées des séquences de mastication et des bouchées enregistrées par la fourchette lors de la mastication en fréquence normale. Les valeurs sont significativement différentes entre les sujets pour les deux types d'aliment ($p < 0,001$).

La cadence en mastication normale des échantillons de carottes crues et cuites, est présentée figure 6. La cadence est l'intervalle de temps en secondes entre deux mises en bouche de la fourchette. Cet intervalle varie de 13,3 à 44,6 secondes et de 16 à 30 secondes pour la carotte crue et cuite respectivement.

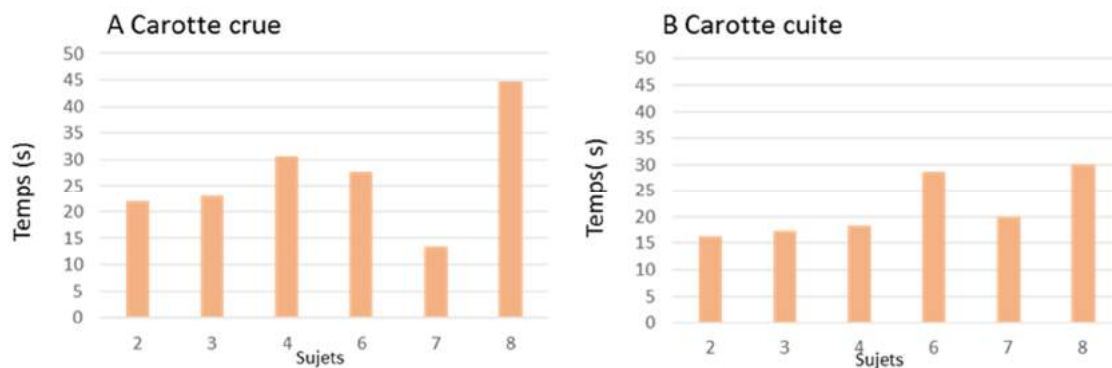


Figure 6 : Cadence (en secondes) des mises en bouche enregistrées par la fourchette enregistrée au cours de la mastication normale des échantillons de carotte crue(A) et cuites(B)

Quel que soit l'aliment, lors de la mastication en fréquence normale, la distribution de la taille des particules du bol de carottes n'est pas significativement différente entre les sujets (Figure 7).

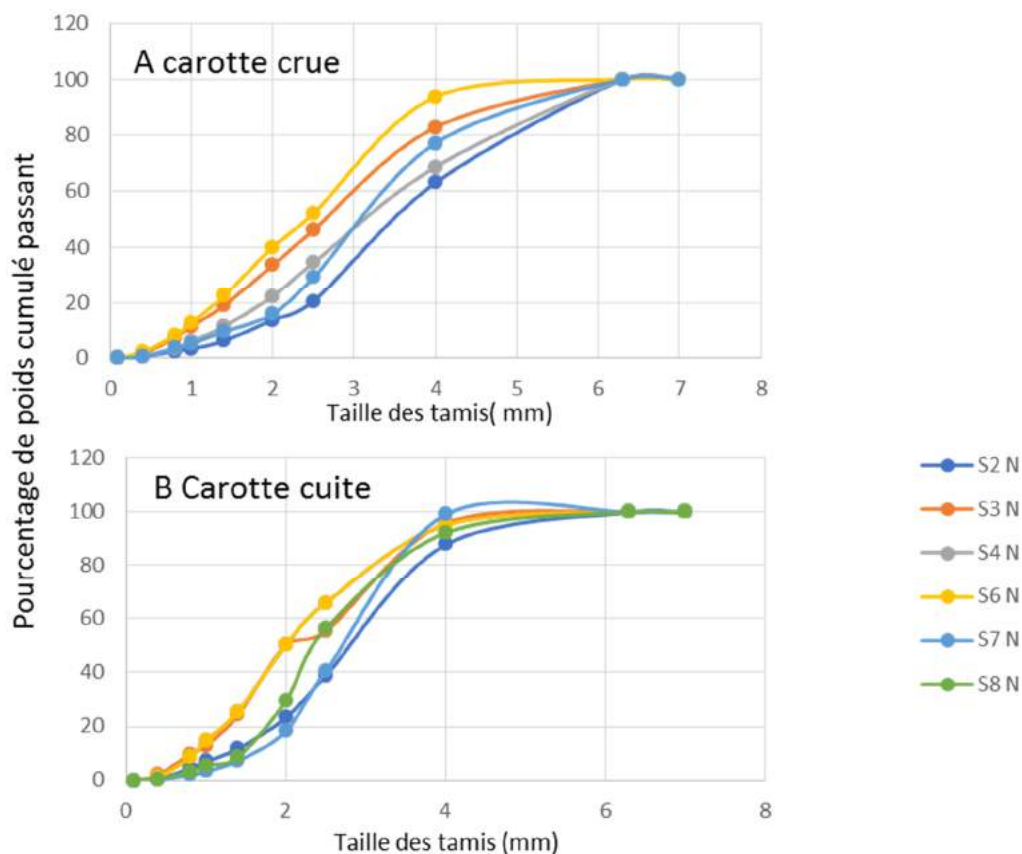


Figure 7 : Courbe de distribution granulométrique du poids des particules, où les poids sont exprimés en pourcentage de poids cumulés passant pour chaque sujet et pour les bols de carottes crue (A), et cuites (B).

Les valeurs de la d50 sont également semblables entre les sujets pour les deux types d'aliment lorsque les sujets mastiquent en fréquence normale (Figure 8).

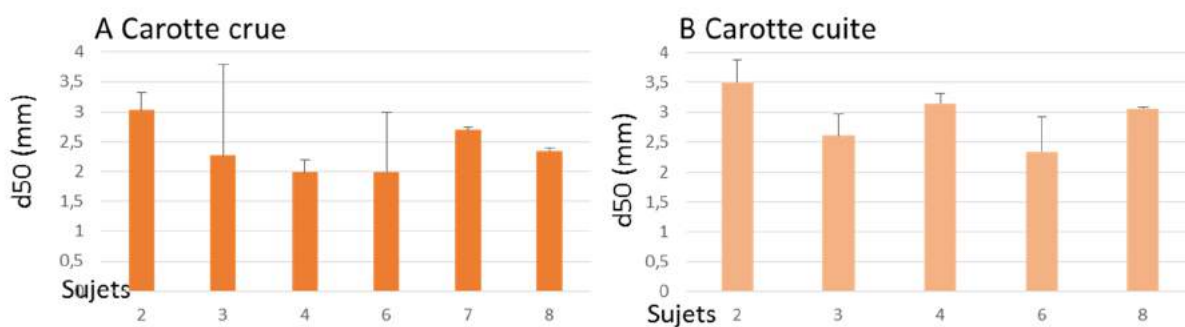


Figure 8 : Moyenne des valeurs médianes de la distribution de la taille des particules (d50 en mm) constituant le bol de carottes crues (A) et cuites (B) pour chaque sujet

3-2 Effet de l'aliment sur les variables étudiées

Lorsque les sujets mastiquent normalement ou lorsque la fréquence imposée est plus lente, le nombre moyen de cycles masticatoires varie de façon significative en fonction de l'aliment mastiqué. Les sujets effectuent plus de cycles lors de la mastication des échantillons de carottes crues en fréquence habituelle ou normale ($p = 0,002$, $F = 11,7$) et quand la fréquence est plus lente ($p = 0,016$, $F = 6,5$) que lorsqu'ils mastiquent des échantillons de carottes cuites. Les valeurs de contractions musculaires moyennes sont significativement plus importantes pour les échantillons de carottes crues par rapport aux échantillons de carottes cuites. Ces variations sont significatives lorsque le sujet mastique de façon la plus normale possible ($p = 0,02$; $F = 6$) ou quand une fréquence plus lente est imposée ($p = 0,01$; $F = 7,2$) (Figure 9).

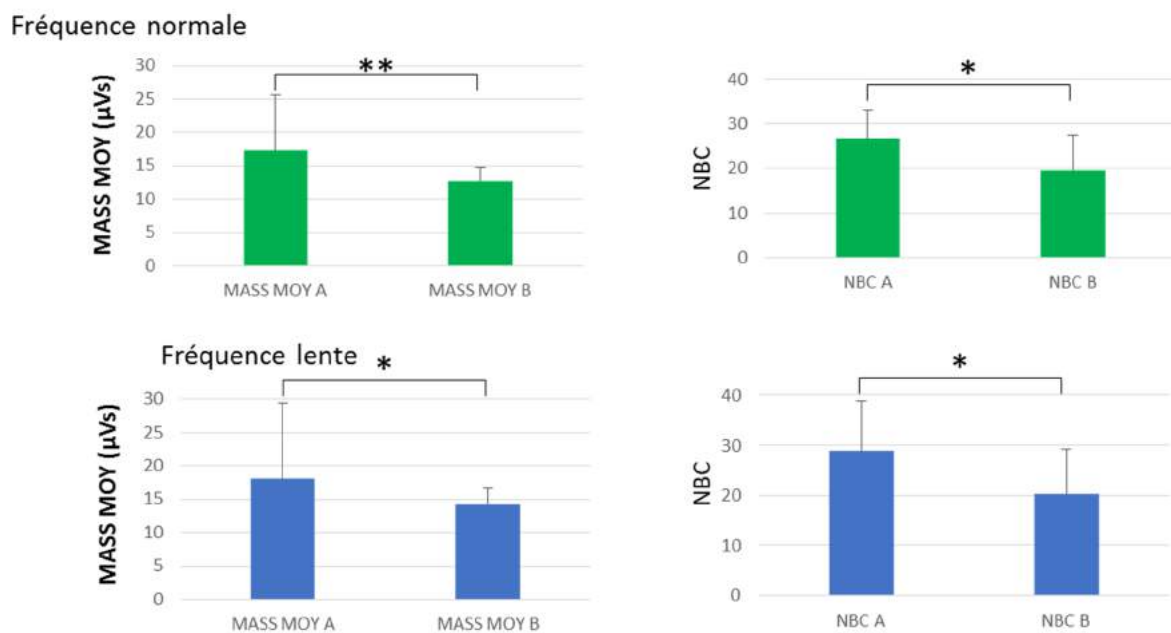


Figure 9: Effet de la dureté de l'aliment sur les valeurs moyennes de contractions musculaires moyennes des muscles masséters (MASS MOY A (carottes crues) et MASS MOY B (carottes cuites)) et sur le nombre moyen de cycles masticatoires (NBC A (carottes crues) et NCB B (carottes cuites)).lorsque les sujets mastiquent en fréquence normale ou imposée lente.

* : $p < 0,01$; ** : $p < 0,001$

Les durées moyennes de la bouchée et de la séquence de mastication d'échantillons de carottes crues sont significativement plus longues que lors de la mastication des échantillons de carottes cuites. Ceci lorsque la fréquence de mastication est normale mais aussi lorsque la fréquence imposée est expérimentalement plus lente ($p < 0,05$) (Figure 10).

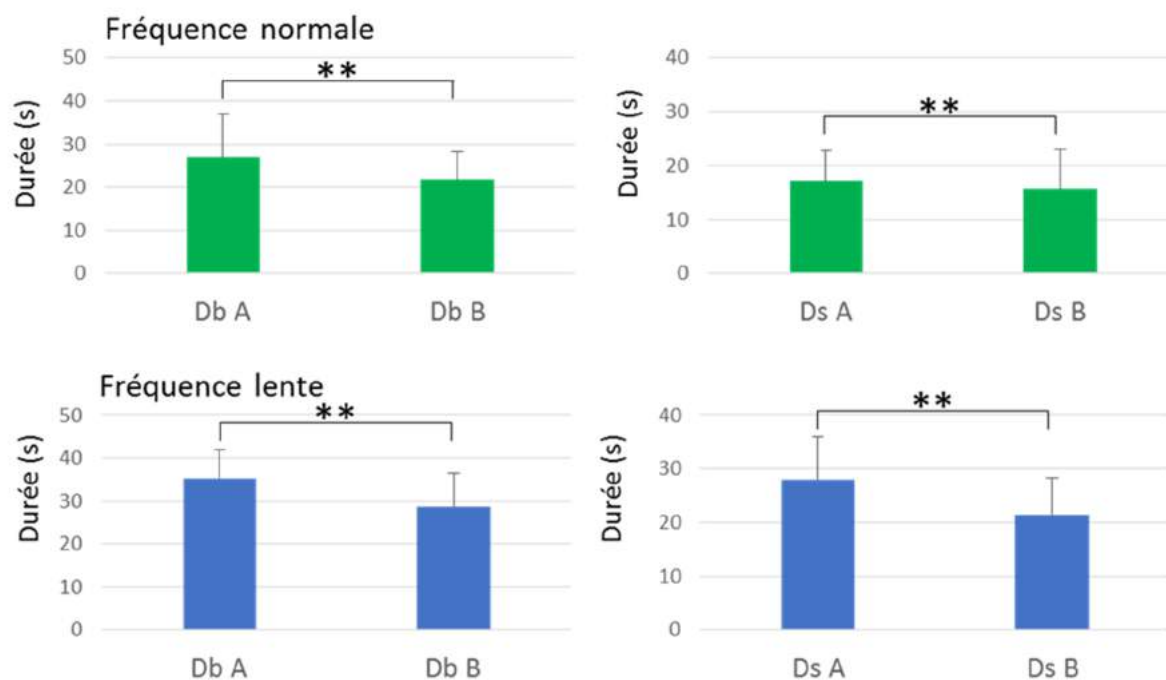


Figure 10: Effet de la dureté de l'aliment sur la durée moyenne en secondes (s) de la bouchée (Db) et de la séquence de mastication (Ds) lors de la mastication d'échantillons de carottes crues (Db A) et cuites (Ds B) en fréquence normale (N) ou expérimentalement plus lente (L). * $p < 0,05$; ** $p \leq 0,01$

Quand les sujets mastiquent le plus normalement possible, le délai entre deux mises en bouche de la fourchette ou cadence est en moyenne de 27 s et de 22 s pour les échantillons de carottes crues et de carottes cuites respectivement. Quand la fréquence de mastication est expérimentalement plus lente, la cadence augmente en moyenne à 35 s lorsque les sujets mastiquent les échantillons de carottes crues, alors que ce délai descend à 29 s pour les échantillons de carottes cuites (Figure 11).



Figure 11 : Cadence (intervalle de temps en secondes entre deux mises en bouches) enregistrée par la fourchette lors de la mastication à fréquence normale et expérimentalement plus lente d'échantillons de carottes crues (C A) et cuites (C B).

La distribution de la taille des particules des bols de carottes crues est significativement différente de celle des bols de carottes cuites. Cette différence est observée lorsque les sujets mastiquent avec une fréquence normale ($p= 0,015$, $F= 11,7$), mais pour la fréquence imposée plus lente la différence n'est pas significative. La valeur médiane de la taille des particules (d_{50}) est en moyenne plus élevée pour les bols de carottes cuites quelle que soit la fréquence de mastication. Les bols de carottes mastiqués à une fréquence expérimentalement lente ont une valeur de d_{50} en moyenne de $2,3 \pm 0,3$ mm et de $2,5 \pm 0,5$ mm pour les échantillons de carottes crues et cuites, respectivement. Quand la mastication est effectuée à la fréquence habituelle ou normale la valeur moyenne de d_{50} est de $2,5 \pm 0,5$ mm et $3,4 \pm 0,5$ mm pour les échantillons de carottes crue et cuites, respectivement (Figure 12).

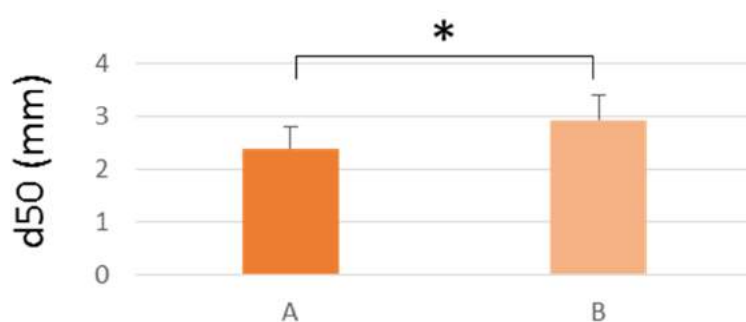


Figure 12: Valeur médiane de la distribution des particules des bols ou d_{50} (mm) de carottes crues (A) et cuites (B) lorsque la fréquence de mastication est habituelle. * $p < 0,05$

3-3 Effet de la modification de la fréquence de mastication

Les fréquences moyennes des sujets sont présentées Figure 13.

Imposer une fréquence expérimentalement plus lente ou plus rapide, que ce soit pour les échantillons de carottes crues ou cuites, n'influence pas le nombre de cycles masticatoires (Figure 14). Lors de la mastication de carottes crues, le nombre de cycle masticatoire a tendance à augmenter lorsque la fréquence de mastication augmente ($26,4 \pm 9,4$ cycles lorsque la fréquence imposée est expérimentalement plus lente, versus $29,3 \pm 8,1$ cycles lorsque la fréquence est plus rapide).

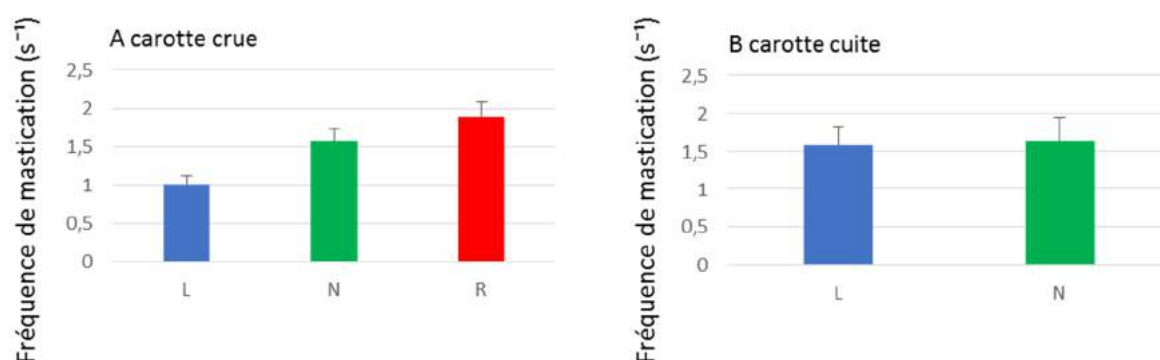


Figure 13: Fréquence moyenne de mastication (s^{-1}) lors de mastication de carottes crue (A), et cuites (B) à fréquence moyenne de mastication normale (N), expérimentalement plus lente (L) ou plus rapide (R).

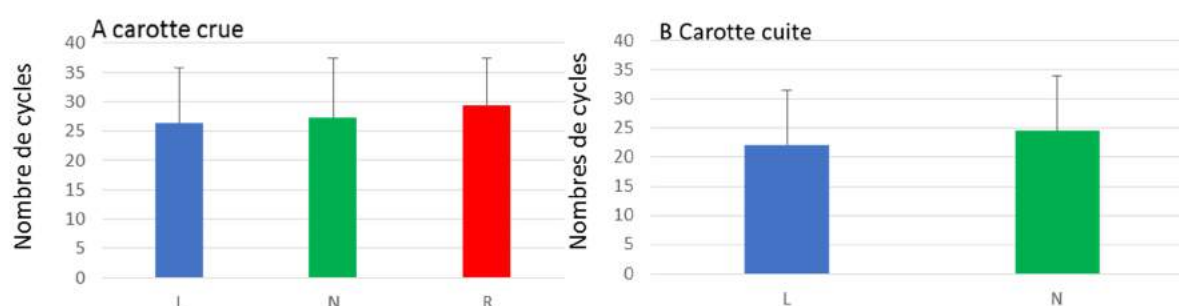


Figure 14: Nombre moyen de cycles masticatoires réalisés par les sujets lorsqu'ils mastiquent normalement (N), expérimentalement plus lentement (L) et plus rapidement (R) des échantillons de carottes crues (A) et cuites (B).

La fréquence imposée n'induit pas de différence significative dans le comportement musculaire moyen ou total des sujets que ce soit pour la carotte cuite ou crue. Une tendance à

l'augmentation de la valeur de contraction musculaire des masséters, lorsque les sujets mastiquent à une fréquence imposée plus rapide, est cependant identifiable pour la carotte crue. Il doit être remarqué que les écarts types sont élevés (Figure 15). Lorsque les sujets mastiquent les échantillons de carottes crues (et cuites respectivement) à leur fréquence habituelle, ils effectuent en moyenne un cycle masticatoire toutes les 1,5 (1,6) secondes. Quand la fréquence est expérimentalement plus rapide, ils effectuent en moyenne un cycle toutes les 1,8 secondes et quand la fréquence est expérimentalement plus lente ils effectuent en moyenne un cycle toutes les 1,6 (1,7) secondes.

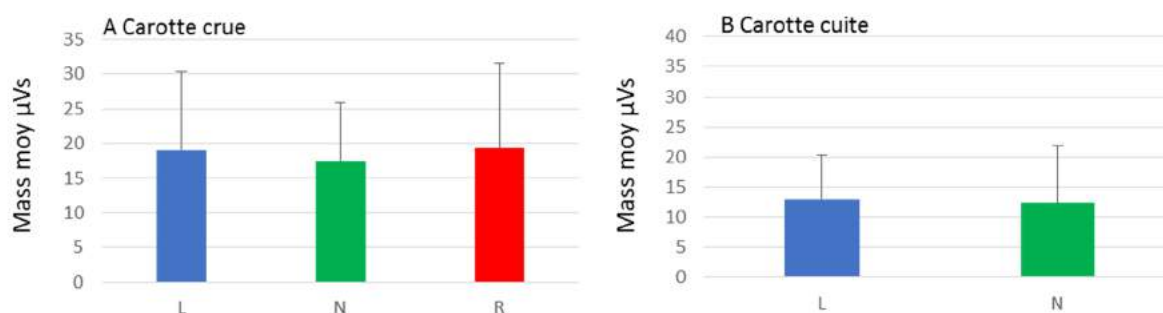


Figure 15: Contraction musculaire moyenne des muscles masséters (Mass moy, μ Vs) pour les trois échantillons de carottes crues (A) et cuites (B) au cours des séquences de mastication réalisées avec une fréquence de mastication normale (N), expérimentalement plus lente (L) ou plus rapide (R).

Les durées moyennes de la bouchée (Db) et de la séquence (Ds) sont influencées de façon significative par la fréquence imposée. Une augmentation significative est observée pour la durée de la séquence ($p=0$, $F(2,53) = 21,8$) et de la bouchée ($p=0$; $F(2,53) = 13,2$) lorsque le sujet mastique les échantillons de carotte crue à une fréquence de mastication imposée plus lente. Une augmentation significative des durées moyennes de la séquence ($p=0,02$; $F(1,35) = 6$) et de la bouchée ($p=0,06$; $F(1,35) = 8,4$) est de même observée lorsque le sujet mastique les échantillons de carottes cuites à une fréquence imposée plus lente (Figure 16).

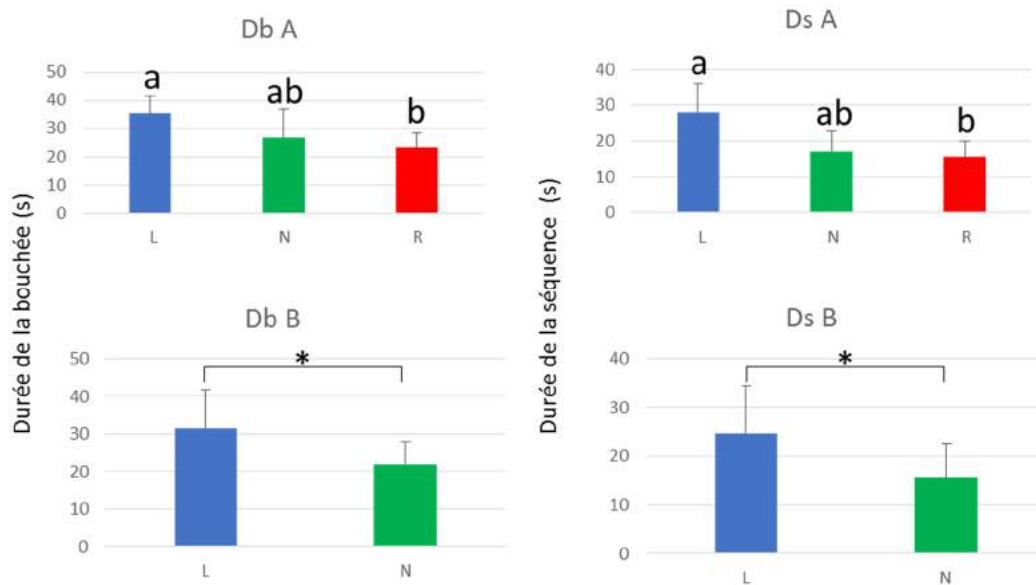


Figure 16: Durées moyennes (s) de la bouchée (Db) et de la séquence (Ds) lors de la mastication d'échantillons de carottes crues (Db A, Ds A) ou cuites (Db B, Ds B) à leur fréquence de mastication habituelle (N), expérimentalement plus lente (L), et plus rapide (R). Les valeurs sont différentes significativement entre a et b ($p < 0,001$) et * $p < 0,05$;

Lorsque que les sujets mastiquent les échantillons de carottes crues, à une fréquence expérimentalement plus lente par rapport à la fréquence de mastication plus rapide, la cadence (intervalle de temps en seconde entre deux mises en bouche de la fourchette), diffère de façon significative ($p = 0,036$; $F(2,17) = 4,2$). Les sujets prennent en moyenne une bouchée toutes les 35 secondes lorsqu'ils mastiquent à une fréquence expérimentalement plus lente contre 23 secondes lorsque la fréquence de mastication imposée est plus rapide. La cadence lorsque les sujets mastiquent les échantillons de carotte cuite n'est pas influencée par la fréquence imposée plus lente ($p = 0,11$, $F = 3$) (Figure 17).

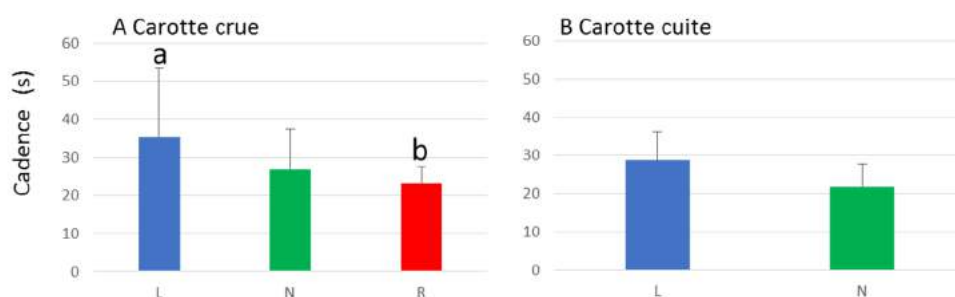


Figure 17 : Intervalle de temps moyen entre deux mises en bouche de la fourchette (cadence) en seconde, pour les échantillons de carottes crues (A) et cuites (B), lorsque la fréquence de mastication est habituelle (N), expérimentalement plus lente (L) ou plus rapide (R). Les valeurs sont différentes significativement entre a et b ($p < 0,05$).

L'analyse de moyenne (ANOVA) par mesures répétées pour les bols d'échantillons de carottes crues et cuites montre un effet significatif de la fréquence imposée sur la distribution granulométrique de la taille des particules. Par exemple pour les bols de carottes crues, les tests de moyenne par mesure répétées et de sphéricité calculent $p=0$ et $F(18)= 3,6$. Quel que soit l'aliment, la valeur de d_{50} est plus élevée lorsque le sujet mastique de façon expérimentale plus rapidement que lorsqu'ils mastiquent plus lentement. (Figure 18)

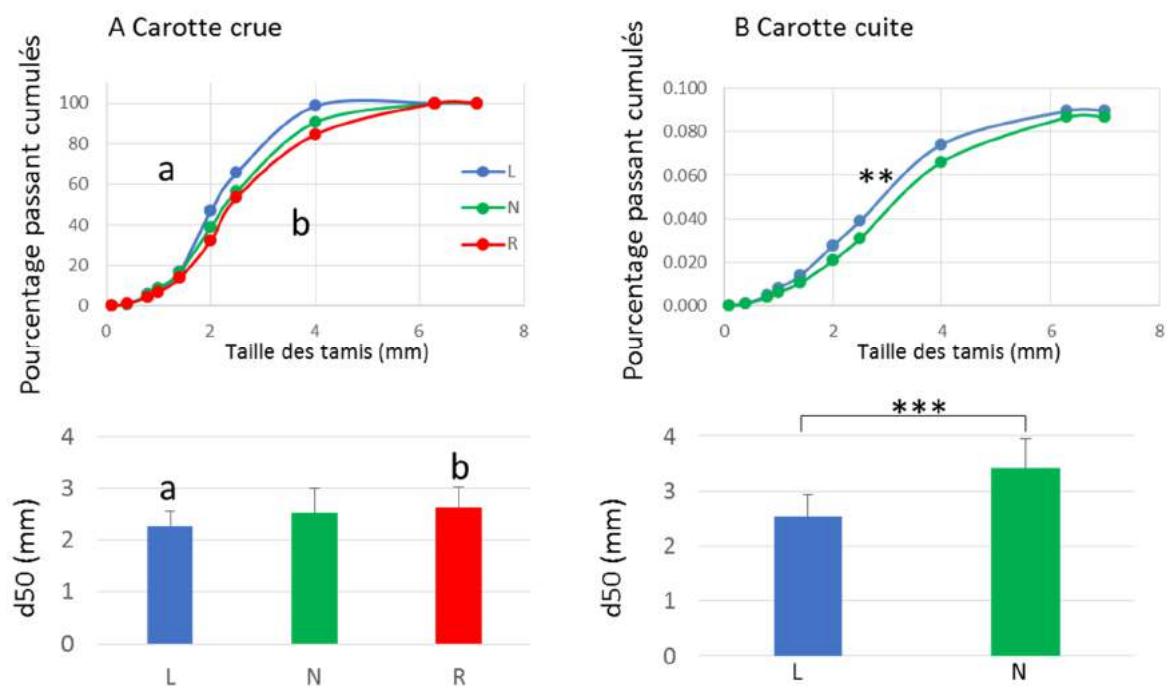


Figure 18 : Distribution granulométrique et moyenne des valeurs médianes de la distribution des particules (d_{50} en mm) des bols de carotte crue (A) et cuite (B) des sujets lorsqu'ils mastiquent avec une fréquence expérimentalement lente (L), rapide (R) et normale (N). Les valeurs sont différentes significativement entre les valeurs pour les fréquences imposées: entre a et b $p<0,001$;** $p\leq 0,01$;*** $p< 0,001$)

3-4 Effet de l'alarme programmée sur la fourchette

La fourchette est programmée pour émettre une vibration dès la deuxième mise en bouche, soit au deuxième et troisième échantillon de carotte cuite mis en bouche.

Le nombre de cycles a tendance à augmenter mais il n'existe pas de différence significative. Lors de la première séquence de mastication, avant l'émission de la vibration, les sujets effectuent en moyenne $18,1 \pm 8,6$ cycles masticatoires. Puis lors de la troisième séquence de

mastication, après l'émission de la vibration par deux fois, les sujets effectuent $24,7 \pm 12,7$ cycles (Figure 19).

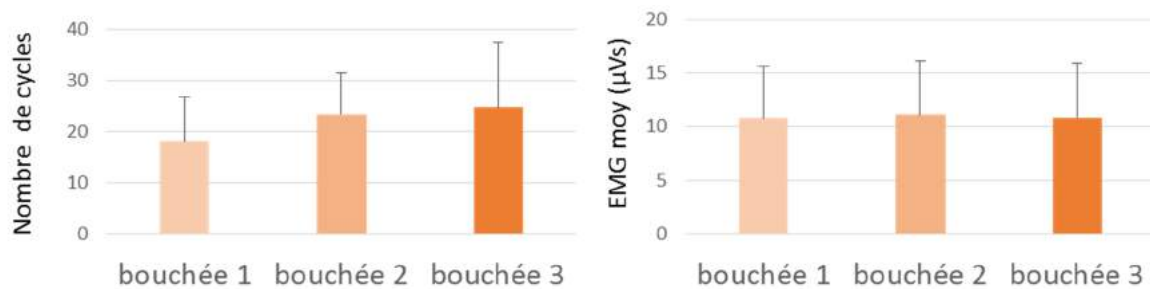


Figure 19 : Nombre de cycle moyen et valeurs de contractions musculaires moyennes (EMG moy, μ Vs) des sujets à chaque mise en bouche à l'aide de la fourchette d'un échantillon de carotte cuite avant (bouchée 1) et après émission de la vibration (bouchée 2 et 3).

L'effet de l'alarme de la fourchette sur les contractions musculaires n'est pas significatif. La valeur de contraction moyenne des masséters atteint $10,8 \pm 4,8 \mu$ Vs pour la première séquence de mastication et $10,8 \pm 5,1 \mu$ Vs après l'émission par deux fois de la vibration. (Figure 19).

La durée de la première bouchée par rapport aux deux suivantes, après l'émission des vibrations, n'est pas significativement différente. La durée moyenne de la séquence de mastication des échantillons de carottes cuites est de $16,4 \pm 7,4$ secondes, alors que cette durée est diminuée à $13,7 \pm 6,6$ secondes quand la fourchette n'émet pas de vibration et que les sujets mastiquent à leur fréquence habituelle. Cette différence n'est pas significative (Figure 20).

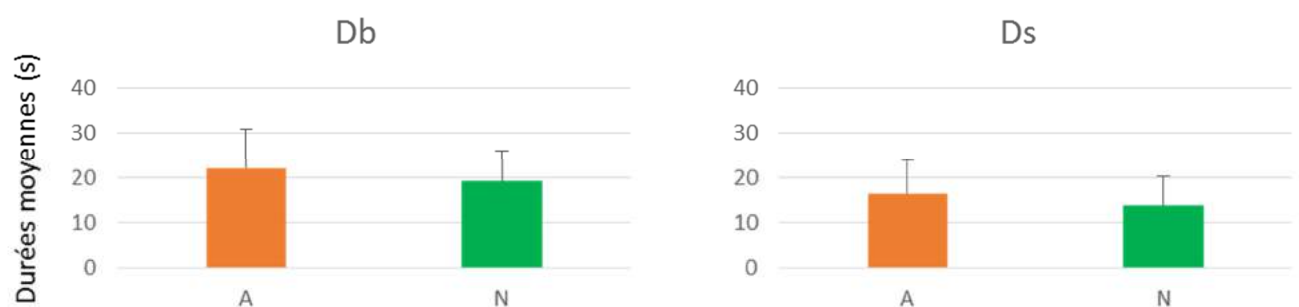


Figure 20: Durées moyennes (s) de la bouchée (Db) et de la séquence (Ds) de mastication de carotte cuite en utilisant la fourchette programmée pour émettre une vibration à la mise en bouche des 2^{ème} et 3^{ème} échantillon (A) et lorsque la fourchette n'est pas programmée pour vibrer et que le sujet mastique à une fréquence de mastication habituelle ou normale (N).

4. Discussion

Les sujets présentent une grande variabilité dans leur comportement masticatoire, en termes de nombre de cycles, de valeur de contraction musculaire, de fréquence de mastication. Ces différentes stratégies de mastication amènent à l'obtention de bols alimentaires semblables. Les travaux de la littérature sur la mastication et l'étude des bols alimentaires démontrent de même une grande variabilité dans les stratégies de mastication. Ces différentes stratégies permettent de constituer un bol, pour un aliment donné, semblable entre les sujets. Le bol doit avoir certaines caractéristiques pour être dégluti sans danger, c'est-à-dire être suffisamment réduit et insalivé pour être visqueux, cohésif sans adhérer aux muqueuses (Lassauzay et coll, 2010 ; Woda et coll, 2006a, Peyron et coll, 2004).

La dureté de l'aliment (carotte crue ou cuite) a un impact sur le comportement masticatoire des sujets. Les valeurs (nombre de cycles masticatoires, intensité de contractions musculaires des masséters, les durées de la bouchée et de la séquence de mastication) augmentent lorsque les sujets mastiquent les échantillons de carottes crues. Ces résultats sont en accord avec d'autres recherches sur l'effet de l'aliment. Les individus s'adaptent à l'aliment, en augmentant le nombre de cycles, l'amplitude de contraction des muscles masticatoires avec la dureté, mais le comportement masticatoire varie aussi en fonction de la forme, de la teneur en eau, des facteurs rhéologique ou plastiques de l'aliment (Woda et coll, 2006b ; Peyron et coll, 2002). De même, la répartition granulométrique de la taille des particules des bols de carottes crues et cuites obtenus lors de cette expérimentation est différente. Ces bols ont par ailleurs une valeur médiane de taille de particules différente. Lorsque les sujets mastiquent en fréquence habituelle, les bols de carottes cuites ont une d50 en moyenne plus élevée que les bols de carottes crues. La carotte cuite est un aliment plus malléable, donc pour des particules de taille plus importante, le bol peut être dégluti sans danger.

Les fréquences de mastication imposées n'impactent pas l'amplitude des contractions musculaires et le nombre de cycles. Cela démontre que les engrammes moteurs cérébraux sont sensiblement les mêmes quelle que soit la fréquence imposée. Il est cependant nécessaire de rappeler que les tests ont été effectués avec des sujets normo dentés dont la mastication est parfaitement adaptée. La physiologie et les habitudes motrices des individus sont ancrées et dépendent de réflexes cérébraux complexes (Bellisle et coll, 2010). De plus, le nombre de sujets étant peu important et avec les écart-types élevés entre les valeurs de contraction

musculaires des sujets, il est possible que dans ces conditions d'adaptation optimale l'effet de la consigne ne soit pas visible.

La durée de la séquence masticatoire est influencée par la fréquence de mastication imposée, les sujets mastiquent plus longtemps les échantillons lorsque la fréquence imposée est plus lente. Il en est de même en ce qui concerne la durée de la bouchée, le laps de temps entre deux mises en bouche de la fourchette est plus long, pour une fréquence de mastication plus lente. La cadence des mises en bouche de la fourchette ralentit et la durée du repas est plus importante lorsqu'il est imposé au sujet de ralentir sa fréquence de mastication.

L'effet de l'alarme émise par la fourchette est peu significatif sur le comportement moteur de la mastication des sujets. Une tendance à l'augmentation du nombre de cycles masticatoire et des durées de la séquence de mastication et de la bouchée est cependant perceptible. Les écart-types sont élevés et compte tenu du nombre de sujet, la puissance du test statistique ne serait donc pas suffisante pour mettre en évidence cette variation. La consigne donnée aux sujets sur l'émission de l'alarme était peu précise. Afin de visualiser un changement des engrammes moteurs de la mastication suite à l'émission de la vibration, un entraînement à l'utilisation de la fourchette aurait peut-être été utile lors du protocole expérimental.

Il est important de souligner le résultat obtenu sur l'étude des bols de carottes. Imposer une fréquence de mastication, pour des sujets normo dentés, avec une mastication optimale, influencent la répartition granulométrique de la taille des particules et leur valeur médiane. Lorsque la fréquence de mastication imposée est plus rapide, les sujets ont en moyenne restitué des bols constitués de particules plus grosses. Alors que lorsque la fréquence était plus lente, la taille des particules était plus petite. D'autre part, lorsque les sujets mastiquent plus lentement les échantillons de carottes crues et cuites, les bols respectifs sont très peu différents. L'expérimentation a mis en évidence qu'en fréquence de mastication habituelle, ces bols sont au contraire différents (la valeur médiane des particules était plus élevée pour les bols de carottes crues). Ces résultats suggèrent que, pour la carotte cuite, la répartition de la taille des particules atteint en moyenne celle d'un bol de carottes crues, lorsque que la fréquence imposée est plus lente. Le bol de l'aliment « mou » est donc réduit en plus petites particules que ne le demanderait une déglutition sans danger. Cette expérimentation, démontre que d'imposer une mastication plus consciencieuse à des sujets normo dentés entraîne un bol constitué de particules de plus petite taille. Le choix d'une population « pathologique » dont

l'adaptation masticatoire n'est pas optimale, pourrait démontrer des différences encore plus significatives.

Le comportement alimentaire est régulé de façon complexe par le système nerveux central qui reçoit un ensemble de signaux afférents dès le début du repas, interagissant entre eux (informations sensorielles et hormonales) pendant la prise alimentaire, la digestion et la métabolisation des nutriments. Ces signaux interviennent sur le volume et la durée de la prise alimentaire qui les génère, sur la durée de la période de satiété mais aussi sur le rassasiement. La faim se définit comme une baisse transitoire de la glycémie. La prise alimentaire ou la faim surviennent dans les minutes qui suivent cette baisse. Le rassasiement se traduit par un ralentissement de la vitesse d'ingestion et du nombre de bouchées. Notre comportement alimentaire est aussi influencé par les déterminants psychologiques de l'individu et les apprentissages. Les comportements alimentaires (pratiques, choix d'aliments, horaires, etc.) sont appris au cours de l'enfance. Une fois établies, ces habitudes deviennent très résistantes au changement (Bellisle et coll, 2010).

La recrudescence de l'obésité observée depuis les années 1990 s'explique plutôt par des changements environnementaux. Il a été observé que les individus obèses ont tendance à manger plus d'aliments à haute densité énergétique (Rolls, 2007). D'autres facteurs comme la vitesse d'ingestion, le stress, la compulsion alimentaire et le manque d'exercice sont également impliqués (Bellisle et coll, 2010). De nombreux travaux se sont penchés sur les habitudes alimentaires et les recommandations sanitaires pour contrôler les quantités énergétiques absorbées et à terme l'IMC. Les habitudes alimentaires sont un point crucial influençant la mastication, les quantités ingérées et le développement de pathologies métaboliques comme le diabète ou certaines pathologies cardio-vasculaires (Zhu et Hollis, 2015a ; 2014c ; Hsieh, 2011). Augmenter le nombre de cycles masticatoires favoriserait l'apparition plus rapide de la satiété, par impact sur les concentrations hormonales plasmatiques postprandiales, et une diminution des quantités ingérées (Cassady et coll, 2009 ; Kokkinos et coll, 2010 ; Li et Zhang, 2011 ; Zhu et coll, 2013b, 2014a). Un faible nombre de cycles masticatoires favoriserait l'augmentation de l'IMC, cette tendance a été observé sur des sujets en évaluant leur variation de poids corporel depuis leur 20 ans (Fukuda et coll, 2013). La combinaison des stratégies telles que prendre de petites bouchées, mastiquer consciencieusement, faire des pauses entre les bouchées, augmenter le nombre de cycles masticatoires diminue la vitesse d'ingestion et potentialise les effets de la satiété et finalement diminue la quantité d'énergie absorbée (Zhu et Hollis, 2014b ; Andrade et coll,

2008 ; Smit et coll, 2011, De Graff, 2012, Frecka et Hollis, 2008). A la lumière de ces données de publications, les comportements alimentaires sont fortement liés aux apprentissages et habitudes de l'individu. Une étude future sur l'apprentissage à l'utilisation de la fourchette permettrait de découvrir si une « reprogrammation » de ces habitudes et des praxies orales aurait un impact. Inciter à diminuer la fréquence de mastication, indiquée par une vibration au sujet entraîné à l'utilisation de la fourchette, pourrait amener à une satiété plus précoce et une diminution des quantités ingérées. De plus, cette expérimentation a démontré qu'une mastication plus longue permet la formation d'un bol alimentaire comprenant de plus petites particules. Il n'est pas possible de savoir, au travers de ce travail, si des bols de carottes plus réduits pourraient libérer des nutriments en concentration plasmatique plus élevée ou si ces nutriments seraient mieux absorbés. Par contre, il a été démontré que l'assimilation des acides aminés d'origine carnée est plus faible lorsque la mastication n'est pas efficace chez les porteurs de prothèse amovible en comparaison avec une mastication chez des sujets normo dentés (Rémond et coll, 2007). Il sera intéressant de pousser plus loin les investigations quant à l'effet d'un bol mastiqué plus consciencieusement sur les concentrations plasmatiques en nutriments entre une population normo pondéré et obèse ou en surpoids. L'étude de l'impact sur la satiété, le rassasiement et à long terme sur l'évolution de l'IMC, chez une population en surpoids ou obèse et présentant une mastication habituellement rapide pourrait aussi être intéressante.

5. Conclusion

Cette expérimentation avait pour but de découvrir l'outil « Fourchette 10S Fork », de la manipuler et d'obtenir des premières données.

Une fréquence masticatoire rapide a pour conséquence la production d'un bol avec de plus gros morceaux. Sur le long terme, la digestion et l'assimilation des nutriments serait probablement défavorable, chez un sujet qui mastiquerait rapidement de façon habituelle. En conclusion, les résultats présentés démontrent que l'utilisation de cette fourchette, sans entraînement particulier, en imposant une mastication à une fréquence plus lente, permet d'obtenir des bols constitués de plus petites particules.

De futures études, en incluant des groupes présentant des pathologies pourront s'appuyer sur les modes opératoires développés lors de cette étude et les premières données afin de

rechercher l'impact et l'utilité d'un entraînement à l'utilisation de la fourchette sur l'IMC, la satiété, la réponse hormonale ou encore l'absorption des nutriments, et tout simplement sur la régulation des habitudes masticatoires (fréquence de mastication, nombres de cycles masticatoires...) et enfin les conséquences sur le bol alimentaire dégluti.

6. Bibliographie

Almiron-Roig E, Tsiountsioura H, Lewis H, Wu J Large portion sizes increase bite size and eating rate in overweight women, *Physiology and Behavior*, 2015;139: 297–302.

Andrade Ana M., Greene G W., Melanson KJ Eating slowly led to decrease in energy intake within meals in healthy women, *Journal of the American Dietetic Association*, 2008;108:1186-119,

Bellisle F, Etiévant P, Dallongeville J, Etilé F, Guichard E, Padilla M, Romon-Rousseaux M Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants ? Quelles actions, pour quels effets? Expertise scientifique collective, rapport, INRA (France) 64p, 2010.

Bellisle F, Guy-Grand B, Le Magnenc J Chewing and swallowing as indices of the stimulation to eat during meals in humans: effects revealed by the edogram method and video recording, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2000;24: 223-228.

Cassady BA, Hollis JH, Fulford AD, Considine RV, Mattes RD Mastication of almonds: effects of lipid bioaccessibility, appetite, and hormone response, *American Journal of Clinical Nutrition*, 2009;89(3):794-800.

van den Boer JHW, Mars M Modeling of eating style and its effect on intake, *Appetite*, 2015;86:25-30.

Bolhuis P, Forde C, Cheng Y, Xu H, Martin N, Cees de Graaf Slow food: sustained impact of harder food on the reduction of energy intake over the course the day, *PLOS One*, 2014;9(4):e93370.

Cees De Graaf Texture and satiation : the role of oro-sensory exposition, *Physiology and Behavior*, 2012;107: 496-501.

Evans EW, Jacques P.F, Dallal G.E, Sackeck J and Must A The role of eating frequency on relative weight in urban school-age children, *Pediatric Obesity*, 2015;10:442-447.

Goto T, Nakamich a, Watanabe M, Nagao K, Matsuyama M, Ichikawa T Influence of food volume per mouth full on chewing and bolus properties, *Physiology and behavior*, 2015;141:58-62.

Fontana J, Higgins JA, Schuckers SC, Bellisle F, Pan Z, Melanson E, Neuman MR, Sazonov E Energy intake estimation from counts of chew and swallow, *Appetite*, 2015;85:14-21.

Frecka JM, Hollis JH Effect of appetite, BMI, food form and flavor on mastication: almonds as a test food, *European Journal of Clinical Nutrition*, 2008;62:1231-1238.

Fukuda H, Saito T, Mizuta M Chewing number is related to incremental increases in body weight from 20 years of age in japanese middle-aged adult_Gerontology society original article, 2013;30:214-219.

Hsieh SD, Muto T, Murase T, Tsuji H, Arase Y Eating until feeling full and rapid eating both increase metabolic risk factors in Japanese men and women, *Public Health Nutrition*, 2011;14(7):1266-9.

Hamada Y, Kashima H, Hayashi N The Number of chews and meal duration affect diet-induced thermogenesis and splanchnic circulation, *Obesity*, 2015;22(5):63-69.

Kokkinos A, Le Roux C W, Tentolouris A N, Vincent R P, Kyriaki D, Perrea D, Ghatei M A, Bloom S R, Katsilambros N Eating slowly increases the postprandial response of the anorexigenic gut hormones, peptide YY and glucagon-like peptide-1, *Journal of Clinical Endocrinology Metabolism*, 2010;95(1):333–337.

Lassauzay C, Peyron MA, Albuissou E, Dransfield E, Woda A Variability of the masticatory process during chewing of elastic model foods, *European Journal of Oral Sciences* 2000;108(6):484-92.

Leidy HJ, Apolzan JW, Mattes RD, Campbell WW Food form and portion size affect postprandial appetite sensations and hormonal response in healthy, non-obese, older adults. *Obesity*, 2010;18(2): 293-299.

Li J, Zhang N Improvement in chewing activity reduces energy intakes in one meal and modulate plasma gut hormone concentrations in obese and lean young men, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2011;94:709-16.

Lund J-P Mastication and its control by the brain stem. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 1991;2(1):33-64,

Ming Hui Tan V, Shu Qin Ooi D, Kapur J, Wu T, Chan YH, Henry CJ, Lee YS The role of digestive factors in determining glycemic response in multiethnic Asian population, *European Journal of Nutrition*, 2016;55(4):1573-81.

Mishellany A, Woda A, Labas R, Peyron M-A The challenge of mastication: preparing a bolus suitable for deglutition, *Dysphagia*, 2006;21(2):87-94.

Mishra A, Mishra H, Masters T M The influence of bite size on quantity of food consumed: a field study, *Journal of Consumers Research*, 2011;38(5):791-795.

Nakamichi A, Matsuyama M, Ichikawa T Relationship between mouthful volume and number of chews in young Japanese females, *Appetite*, 2014;83:327-332.

Ohkuma T, Fujii H, Iwase M, Kikuchi Y, Ogata S, Idewaki Y, Ide H, Doi Y, Hirakawa Y, Mukai N, Ninomiya T, Uchida K, Nakamura U, Sasaki S, Kiyohara Y, Kitazono T Impact of eating rate on obesity and cardiovascular risk factors according to glucose tolerance status: the Fukuoka Diabetes Registry and the Hisayama Study, *Diabetologia*, 2013;56(1):70-77.

Otsuka R, Tamakoshi K, Yatsuya H, Murata C, Sekiya A, Wada K, Zhang HM, Matsushita K, Sugiura K, Takefuji S, OuYang P, Nagasawa N, Kondo T, Sasaki S, Toyoshima H Eating fast leads to obesity: findings based on self-administered questionnaires among middle-aged Japanese men and women, *Journal of Epidemiology*, 2006;16(3):117-24.

Otsuka R, Tamakoshi K, Yatsuya H, Wada K, Matsushita K, OuYang P, Hotta Y, Takefuji S, Mitsuhashi H, Sugiura K, Sasaki S, Kral JG, Toyoshima H Eating fast leads to insulin resistance: findings in middle-aged Japanese men and women, *Preventive Medicine*, 2008;46(2):154-9.

Peyron M-A, Lassauzay C, Woda A Effects of increased hardness on jaw movement and muscle activity during chewing of visco-elastic model foods. *Experimental Brain Research*, 2002;142(1):41-5.

Peyron M-A, Mishellany A, Woda A Particle size distribution of food bolus after mastication of six natural food, *Journal of Dental Research*, 2004;83(7):578-582.

Prinz and Lucas swallow thresholds in human mastication, *Archives of Oral Biology Journal* 1995;40(5):401-403.

Rémond, D., Machebeuf, M., Yven, C., Buffiere, C., Mioche, L., Mosoni, L., & Patureau Mirand, P Postprandial whole-body protein metabolism after a meat meal is influenced by chewing efficiency in elderly subjects, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2007;85(5):1286-1292.

Rolls ET Understanding the mechanisms of food intake and obesity, *Obesity reviews* 2007;8(suppl1):67-72.

Scisco JL, Muth E R, Dong Y, Hoover A W Slowing bite -rate reduce energy intake: an application of the bite counter device, *Journal of the Dietetic Association*, 2011;111(8):1231-5.

Sisco J, Dong Y, Hoover A, Muth E A new Method for measuring meal intake in humans via automated wrist motion tracking, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2012;37(3):205-15.

Smit H S, Kemsley K, Tapp H S, Henry C J K Does prolonged chewing reduce food intake ? Fletcherism revisited, *Appetite*, 2011;57:295–298.

Salazar Vasquez B Y, Salazar Vasquez M A, Lopez Gutiérrez L, Acosta Rosales K, Cabrales P, Vadillo-Ortega F, Intaglietta M Pérez Tamayo R, Schmid Shönbein GW Control of overweight and obesity in childhood through education in mealtime habits, *Pediatric Obesity Original Research*, 2016;11(6):484-490.

Sazonov E, Schuckers S, Lopez-Meyer P, Makeyev O, Sazonova N, Melanson EL, Neuman M Non-invasive monitoring of chewing and swallowing for objective quantification of ingestive behavior, *Physiological Measurement*, 2008;29:525–541.

Sun L, Viren Ranawana D, Wei Jie Kein Tei, Rina Quek Y C, Henry C J The impact of eating methods on eating rate and glycemic response in healthy adults, *Physiology and Behavior*, 2015;139:505–510.

Sonoki K, Iwase M, Takata Y, Nakamoto T, Masaki C, Hosokawa R, Murakami S, Chiwata K, Inoue H Effects of thirty-times chewing per bite on secretion of glucagon-like

peptide-1 in healthy volunteers and type 2 diabetic patients, *Endocrine Journal*, 2013;60(3):311-9.

Tremblay A and Bellisle F Nutrients, satiety, and control of energy intake, *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 2015;40(10):971-9.

Viskaal-van Dongen M, Kok F J, De Graaf C Eating rate of commonly consumed food and energy intake, *Appetite*, 2011;56:25-31.

Wilkinson LL, Ferriday D, Bosworth ML., Godinot N, Martin N, Rogers PJ., Brunstrom JM Keeping pace with your eating: Visual feedback affects eating rate in humans, *PLOS One*, 2016;11(2):e0147603.

Woda A, Mishellany A, Peyron M-A The regulation of mastication function and food bolus formation, *Journal of Oral Rehabilitation*, 2006a;33:840-849.

Woda A, Foster K, Mishellany A, Peyron M-A Adaptation of healthy mastication to factors pertaining to the individual or to the food, *Physiology and Behavior*, 2006b;89(1):28-35.

Zhu Y, Hollis J Association between the number of teeth and metabolic syndrome in adults, *Journal of Clinical Periodontology*, 2015a;42:113-120.

Zhu Y, Hollis J Relationship between chewing behavior and body weight status in fully dentate healthy adults, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2015b;66(2):135–139.

Zhu Y, Hsu WH, Hollis JH Increased number of chews during a fixed-amount meal suppresses post prandial appetite and modulates glycemic response in older males, *Physiology and Behavior*, 2014a;133:136–140.

Zhu Y, Hollis J Chewing thoroughly reduces eating rate and post prandial food palatability but not influence meal size in older adults, *Physiology and Behavior*, 2014b;123:62-66.

Zhu Y, Hollis J Increasing the number of chews before swallowing reduces meal size in normal weight, overweight and obese adults, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2014c;114(6):926-931.

Zhu Y, Hollis J Differences in chewing behaviors between healthy fully dentate young and older adults assessed by electromyographic recordings, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2015;66(4):452–457.

Zhu Y, Hsu WH, Hollis J The impact of food viscosity on eating rate, subjective appetite, glycemic response and gastric emptying rate, *PLOS One*, 2013a;8(6):e67482.

Zhu Y, Hsu WH, Hollis J Increasing the number of masticatory cycles is associated with reduced appetite and altered postprandial concentrations of gut hormones, insulin, and glucose, *British Journal of Nutrition*, 2013c;110(2):384-390.

7. Annexes

Annexe 1 : analyse de la granulométrie du bol alimentaire par tamisage

Les bols ont été tamisés manuellement par voie sèche. Le bol recueilli était versé sur la toile de nylon et rincé pendant 30 secondes sous eau légèrement tiède pour éliminer la salive et séparer les particules au maximum les unes des autres. La toile était ensuite grossièrement séchée sur du papier absorbant pour enlever tout excès d'eau. Le bol était placé à l'étuve à 37°C, 15 à 18 min environ, pour sécher sans dessécher. A la sortie de l'étuve, le bol était déposé sur le haut de la colonne de tamis, et tamisé manuellement à l'aide de différents pinceaux. Les particules retenues dans chaque tamis ont été pesées.

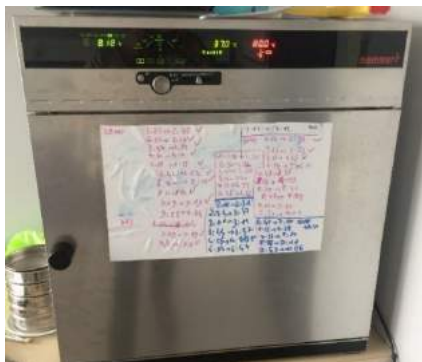
Rinçage et élimination de la salive
contenue dans le bol alimentaire



Séchage grossier du bol sur papier
absorbant



Étuve de séchage et séchage du bol alimentaire



Dépose du bol sur le premier tamis après séchage et colonne de tamis



Recueil des particules de chaque tamis et la balance de précision



Annexe 2 : Fourchette électronique 10 S Fork



1/ Se connecter sur Slow control : www.slowcontrol.com/fr/download

Sur le site internet slow control un compte doit être créé.

A screenshot of the Slow Control website. The header includes the 'slow control' logo and navigation links: 'EN / FR', 'PRODUITS', 'SOCIETE', 'CONTACT', 'BLOG', 'SHOP'. Below the header, there are two main sections. The left section is titled 'App 10s Fork (Mobile)' and features a smartphone displaying the app interface, a blue hand icon with a smile, and a large blue downward arrow. Below this, a text box says: 'Téléchargez notre app 10s Fork Android et iOS – un outil intuitif et ludique pour vous encourager à manger plus lentement.' The right section is titled 'App Slow Connect (Ordinateur)' and features a computer monitor displaying the software interface, a blue fork and knife icon, and a large blue downward arrow. Below this, a text box says: 'Téléchargez notre app Slow Connect pour ordinateur Windows et Mac pour debugger votre fourchette et aller encore plus loin dans le suivi de vos repas.'

Un logiciel via le site Slow control est installé avec un raccourci sur le bureau pour avoir accès aux réglages de la fourchette, et via ce logiciel l'accès au compte est possible.

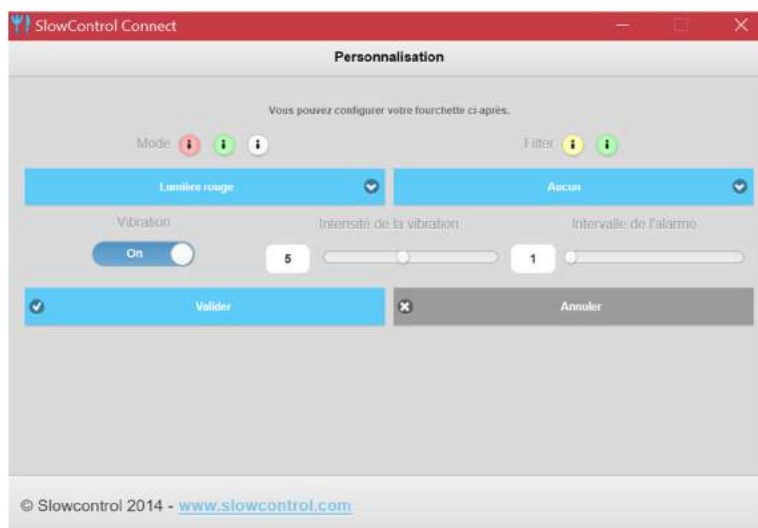
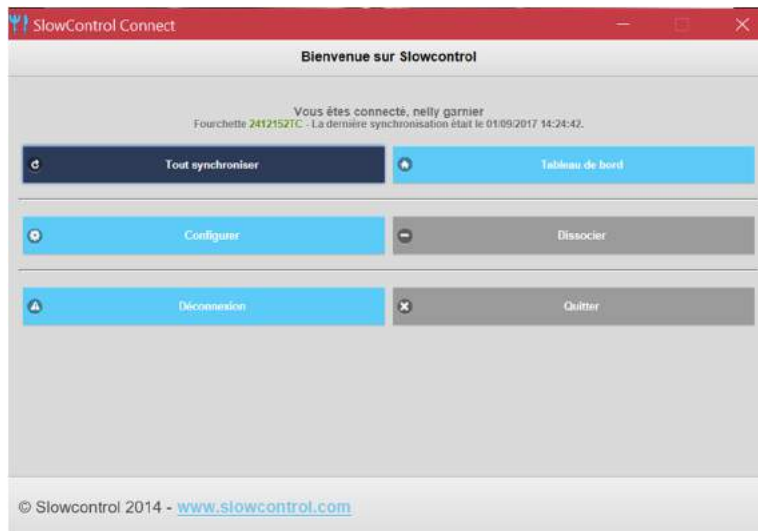
2/ Créer un compte (celui créé pour le stage) :

nellygarnier63@orange.fr

Mot de passe : étude10SFork

3/ Brancher la fourchette et lancer le logiciel depuis le raccourci, si besoin le logiciel de la fourchette se met à jour. Le temps entre chaque bouchée, c'est-à-dire le temps qu'il faudra passer à mastiquer avant de reprendre une autre bouchée, est réglable.

La clef se branche par un câble USB fourni sur un poste informatique avec le logiciel téléchargé. Les réglages de l'intensité de l'alarme (1 à 10) et du temps entre chaque bouchée (1 à 30 sec) se font à partir de l'interface du logiciel Slow control.



Après chaque repas la fourchette est branchée et se connecte au logiciel, un mail est envoyé avec un lien pour visualiser les paramètres du repas enregistré. Le compte garde tous les repas en mémoire.

Pour chaque repas un graphique est obtenu (à condition que le repas dure plus de 3min) qui retrace le nombre de coups de fourchette dans la bonne cadence ou en excès. Ce graphique manque de clarté pour être exploité et pouvoir déterminer l'événement « mise en bouche » sur l'axe du temps.

4/ Pour le repas (l'expérimentation), la fourchette est allumée en appuyant 3 secondes sur le bouton rond à la base de la fourchette, si elle est chargée le bouton s'allume en vert.

La fourchette va enregistrer chaque contact. Chaque fois que la fourchette est portée à la bouche, une boucle électrique se forme entre la main, la fourchette et la bouche. Les données sont collectées à partir de ce signal. Pour éviter les interférences électriques, le sujet doit se

servir du couteau en plastique pour placer un échantillon sur la fourchette sans le toucher avec les doigts

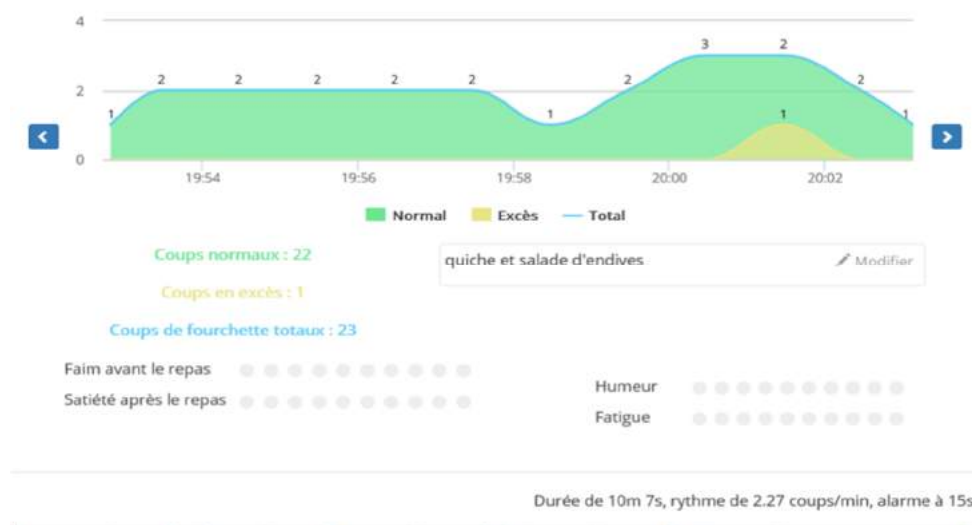
Si la fourchette est portée à la bouche plus tôt que l'intervalle de temps choisi lors du réglage, la fourchette vibre à l'intensité réglée.

5/ Pour avoir accès aux données, se connecter au compte et brancher la fourchette (la partie clef USB). Les repas enregistrés s'affichent.

Les variables obtenues, lorsque la fourchette est utilisée à domicile, sont :

- > le nombre de bouchées / minute (nb de fois où la fourchette est portée à la bouche)
- > le temps moyen du repas
- > le nb moyen de bouchées par repas
- > le pourcentage de bouchées hors seuil (prises dans un délai trop court), et de bouchées prises dans le bon seuil (prise dans un délai égal ou plus long que celui choisi pour le réglage)
- > la durée moyenne du repas

Il est possible d'évaluer, sur le site internet par une échelle visuelle analogue, sa satiété, la palatabilité, ou encore de donner les calories du repas, son humeur.



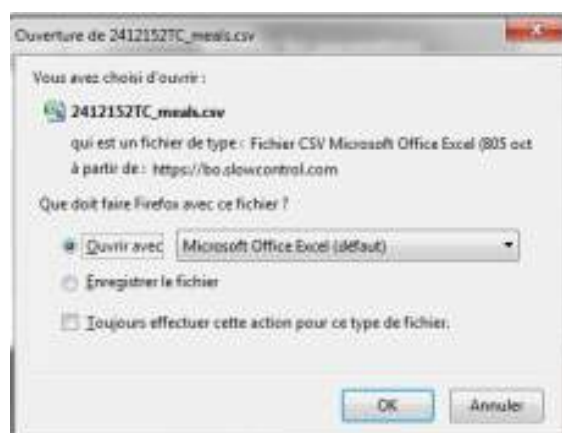
6/ Récupération des données en format Excel™

Se connecter au compte

Sélectionner partage en haut à gauche : le tableau avec les données s'affiche.

ID Fourchette	ID Mangeur	Partagé avec	Modifier les paramètres	Partager à nouveau	Date	Actions
FOURCHETTE 2412152TC		Partager avec :		Partager		Exporter
2412152TC					07/10/2016 12/10/2016	
Résultats 1 à 1 sur 1 au total						Précédent 1 Suivant

Cliquer sur exporter en haut à droite du tableau



Ouvrir les données avec Excel et enregistrer sous.

Annexe 3 : Electromyographie des muscles masticateurs (EMG)

I Démarrage

Allumer l'ordinateur portable (étiquette EMG) sous le bureau + écran connecté sur le bureau

Session EMG-PORT\masticateur pas de mot de passe, cliquer sur la flèche

II Mettre en place les électrodes sur le volontaire

Prendre les électrodes chargées dans la valise (voyant vert)

Nettoyer la peau du sujet avec un coton/ papier imbibé d'alcool

Prendre l'adhésif double face (dans la valise, stock dans carton sur évier), enlever du support et appliquer sur l'électrode en plaçant les « trous » en face des détecteurs métalliques

Palper le masséter lors d'une contraction volontaire du sujet, enlever la 2ème pellicule et appliquer sur le muscle verticalement le long du muscle.

De façon systématique il a été décidé que l'électrode 1 sera appliquée sur le masséter Droit et la 2 sur le masséter Gauche

III Vérification des électrodes et de la qualité du signal

Lancer l'utilitaire nommé « Trigno Control Utility » dont le raccourci est sur l'écran du bureau.

Cette console relève le signal de toutes les électrodes du système, en temps réel, et renseigne sur l'état de chacune (on/off, niveau de charge de leur batterie, qualité du réseau...).





- A : état acquisition des données
- B : niveau de charge de la batterie
- C : numéro de l'électrode
- D : alimentation de l'électrode
- E : qualité du signal
- F : couplage de l'électrode avec la station
- G : commande de déconnexion

Sur l'exemple, seule l'électrode n° 1 est détectée comme étant active.

A ce stade, vérifier que toutes les électrodes nécessaires pour l'enregistrement sont bien activées (1 électrode par muscle).

Si une électrode n'est pas détectée, vérifier qu'elle n'est plus sur la station base (à ce stade elle est normalement fixée sur le volontaire), et qu'elle est bien allumée. Si elle n'est pas allumée, appuyer sur le bouton de l'électrode, la diode passera au vert.



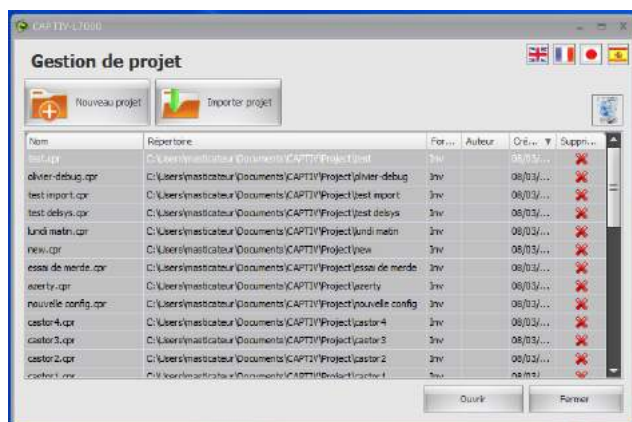
Cette console « trigno control utility » est également utile lorsque l'on veut configurer une nouvelle électrode par exemple (voir le mode opératoire dans la documentation de Delsys).

Ne pas fermer cette fenêtre pendant l'enregistrement.

IV- Faire un enregistrement EMG au cours de la mastication

Lancer l'application « CAPTIV » par double clic sur l'icône, une fenêtre de dialogue s'ouvre répondre « oui »

La fenêtre de gestion de projet s'ouvre.



PROJET : le « projet » est la base de l'enregistrement de CAPTIV.

Un seul projet à la fois peut être chargé sur l'interface de CAPTIV.

Il faut créer le projet par cette fenêtre : « Nouveau projet » : donner un nom au projet et un nom à l'opérateur.

Les projets créés peuvent ensuite être ouverts pour analyse des enregistrements par exemple.

Le fichier principal d'un projet porte l'extension « PCR ».

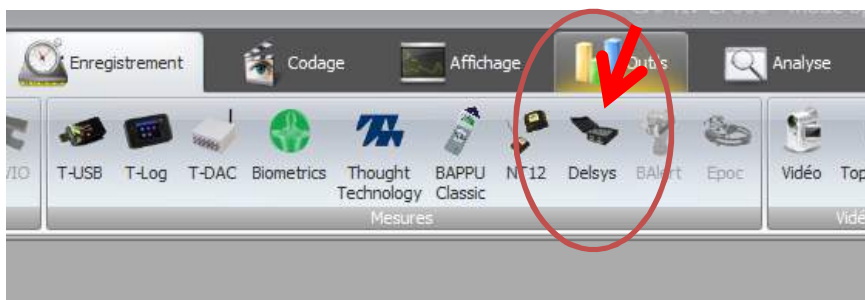
Il est possible d'avoir plusieurs enregistrements dans un même projet.

Pour ajouter un enregistrement à un projet déjà existant, il faut double cliquer sur le projet choisi (voir § compléter un projet).

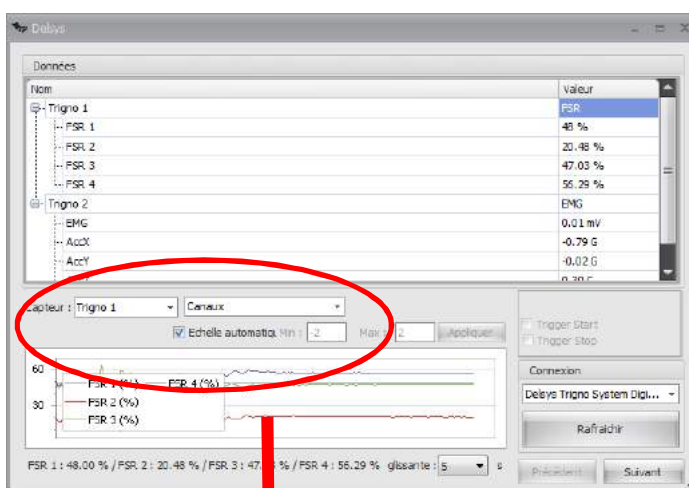
V Créer un nouvel enregistrement

Après l'ouverture du logiciel CAPTIV, sélectionner dans le menu déroulant le projet voulu.

Donner un nom et une description dans les cases prévues. Le projet s'ouvre avec plusieurs menus. Cliquer sur menu « enregistrement » barre en haut, puis choix du périphérique : l'icône représentant la valise station base Delsys



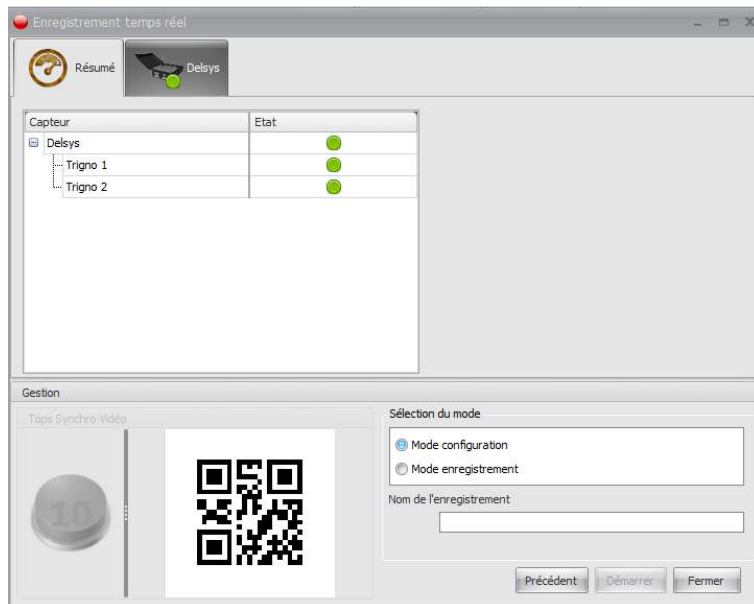
La fenêtre suivante s'affiche :



Dans cette fenêtre, il y a possibilité de décocher les canaux d'enregistrement des accélérations, pour l'électrode sélectionnée.

Clic sur « suivant »

La fenêtre « enregistrement en temps réel » s'ouvre, par défaut en « mode configuration ». Il faut vérifier que l'état de chaque électrode est correct () ●

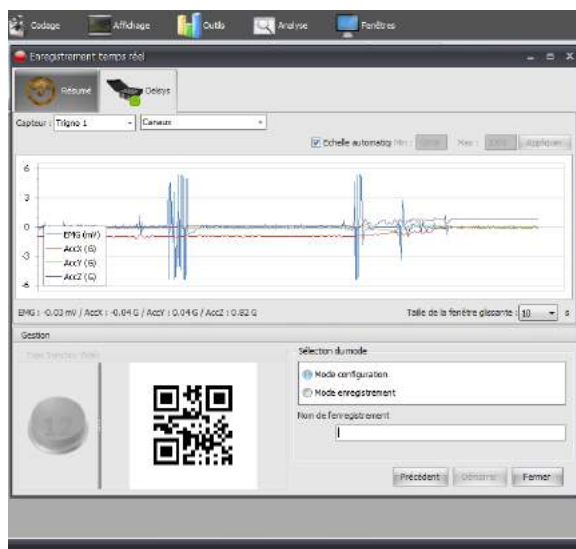


Si l'état des électrodes n'est pas bon (●), aller dans l'application « Trigno Control Utility » si les électrodes sont actives si la fenêtre est « jaune », cliquer sur « Start Analog » la fenêtre passe en « vert » Une boîte de dialogue s'affiche (réduire pour la voir), cliquer OK

Puis retourner sur la fenêtre d'enregistrement de CAPTIV le voyant est « vert »

Rentrer le nom que l'on veut donner à l'enregistrement « nom de l'enregistrement » ici par exemple test 1 carotte normal, et ensuite seulement cliquer sur le « mode enregistrement ».

Demander au volontaire de rester le plus détendu et immobile possible à partir de ce moment-là. Cliquer sur « démarrer ». En cliquant sur le symbole de la valise les contractions sont visibles en temps réel



Laisser quelques secondes au système pour démarrer l'enregistrement, puis demander au volontaire de commencer à mastiquer. Lorsqu'il a terminé de mastiquer, il reprend sa position de repos mandibulaire et ne bouge plus jusqu'à ce que l'on stoppe l'enregistrement.

La fenêtre de préparation de l'enregistrement (nommée « enregistrement en temps réel ») réapparaît et il faut à nouveau entre un nom d'enregistrement puis passer en « mode enregistrement » et « démarrer » si l'on a un autre enregistrement à faire.

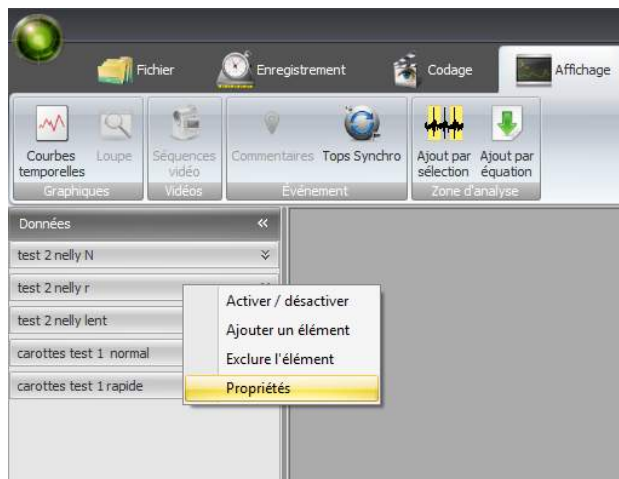
VI Mise en forme de l'enregistrement

Après l'enregistrement, dans la colonne de gauche « données » : choisir mesures

Les noms donnés aux enregistrements apparaissent une double flèche vers le bas permet de dérouler les enregistrements par électrode.

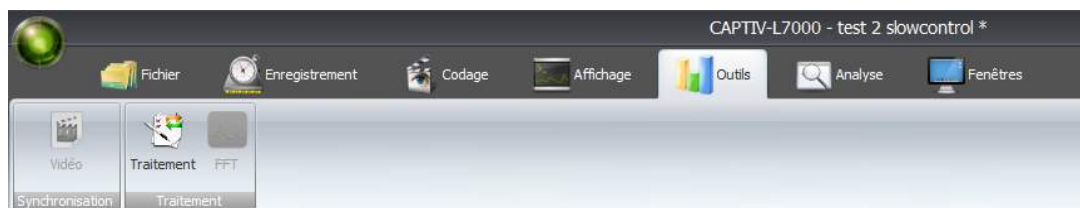
Exclure les données inutiles (clic droit exclure l'élément)

Renommer les électrodes : clic droit « propriétés » nom : mass D ou mass G par exemple



Cliquer sur le nom de l'enregistrement, les courbes s'affichent

Dans le bandeau en haut : choisir « outils » puis « traitement »

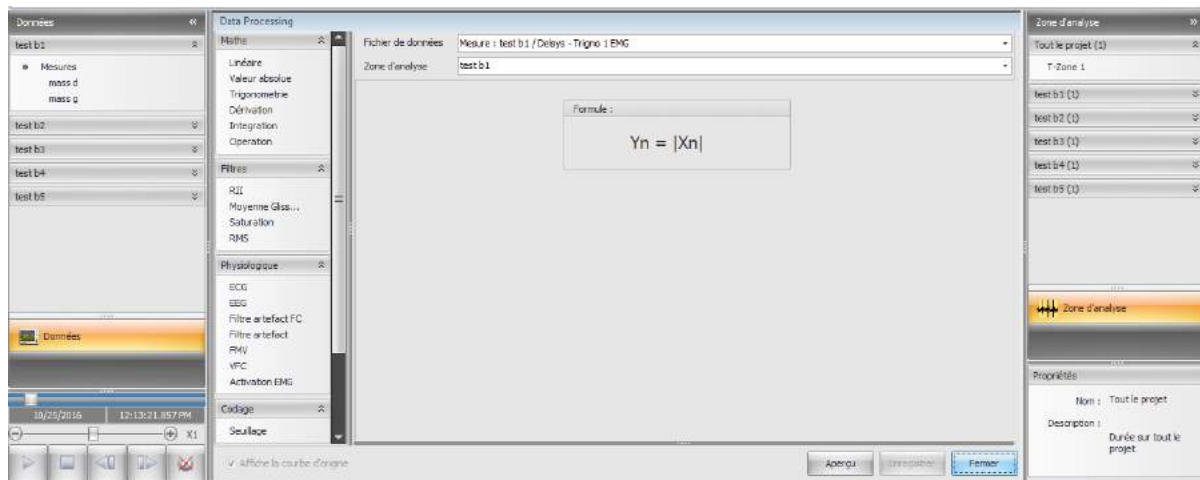


Une fenêtre s'affiche : 2 lignes ;

1/ choisir la 2ème ligne menu déroulant « zone d'analyse » à la place de tout le projet sélectionner l'enregistrement : test 1 carotte normal.

Puis choisir dans la colonne de gauche de la fenêtre « valeur absolue »

2/ Puis menu déroulant de la 1ère ligne « fichier de données » sélectionner le fichier de données, et la zone d'analyse



Cliquer sur « aperçu »

Ensuite choisir dans le menu déroulant en haut à gauche la courbe mass d (ABS)

Sélectionner « RMS », taille de la fenêtre glissante : 50ms, aperçu, enregistrer la courbe devient mass d (ABS) (RMS)

Une copie est enregistrée à chaque modification, le logiciel conserve la courbe temporelle d'origine.

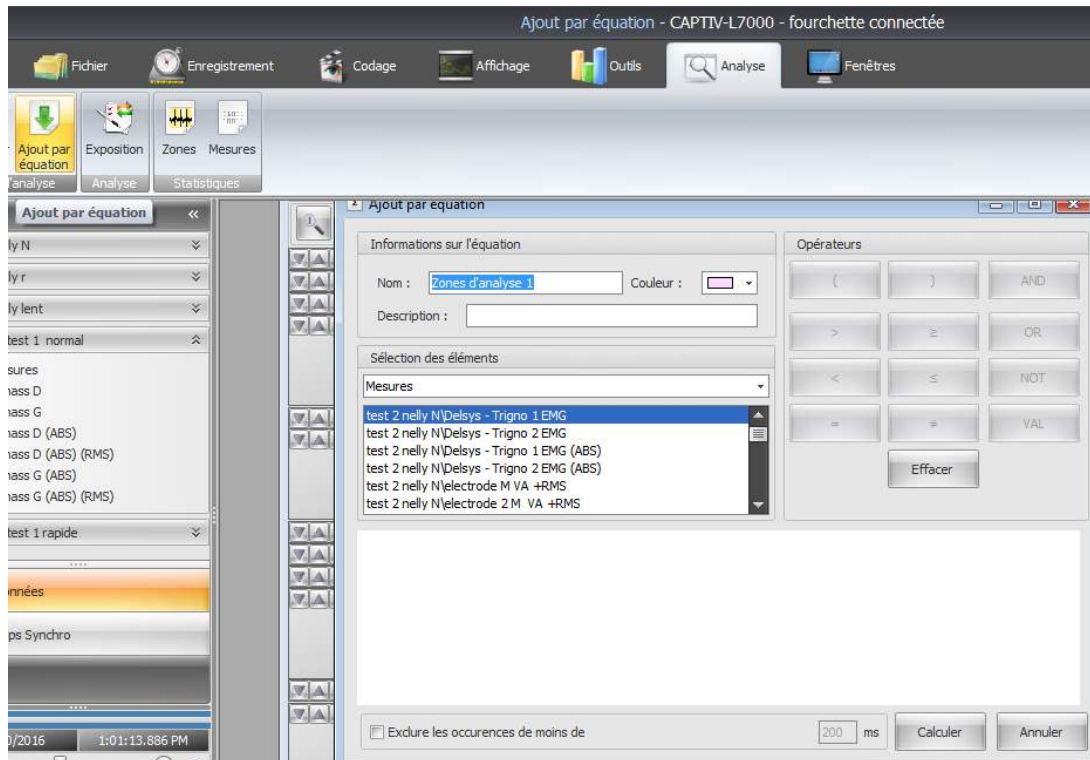
Cliquer sur affichage barre du haut pour avoir les courbes temporelles : réduire les courbes non utilisées avec le signe « - »

Il est possible de zoomer et se promener sur le temps de l'enregistrement avec les curseurs gris en bas de l'affichage

VII Analyse de l'EMG

Cliquez sur « analyse »

3 items : dans zone d'analyse, cliquer sur « ajout par équation »



Sélectionner l'enregistrement (ABS)(RMS) par double clic

Colonne « opérateur » : choisir > et rentrer la valeur 30□v

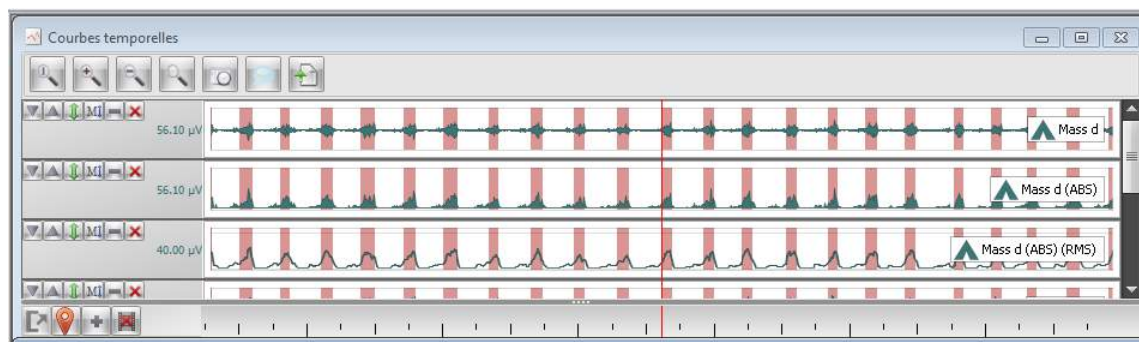
En bas cocher « exclure les occurrences de moins de » rentrer la valeur 50ms

Calculer

Une fenêtre s'ouvre automatiquement nommée zone d'analyse, renommer les zones d'analyses ou busrt et enregistrer.

Il est possible de renommer plus tard ou changer la couleur en allant dans la colonne à droite « zone d'analyse » « propriétés » et renommer dans la case nom, pour la couleur choisir dans le menu déroulant.

En retournant sur affichage nos courbes temporelles apparaissent, avec les burst surlignés en couleur (affiner la valeur « opérateur » en fonction du résultat) ou naviguer sur les différentes fenêtres ouvertes bandeau du bas à gauche.



Les zones d'analyse inutiles peuvent être supprimées en allant dans la colonne à droite « zone d'analyse » clic droit et supprimer

VIII Exporter les données

Choisir « analyses » bandeau du haut

Statistique « mesures »

Une fenêtre s'affiche avec 2 données à renseigner : à droite on choisit les burst
à gauche sélectionner l'enregistrement (ABS) (RMS)

Les données s'affichent.

Statistiques de zones						Zones d'analyse: mass d		
Número	Date de début	Date de fin	Durée	% Durée	Intervalle	Statistiques globales		
m-Zone 102	10/24/2016 3:47:56.585 PM	10/24/2016 3:47:56.751 PM	0:00:00.166	0.45	0:00:00.480	Statistiques	Zone	Intervalle
> m-Zone 103	10/24/2016 3:47:57.231 PM	10/24/2016 3:47:57.382 PM	0:00:00.152	0.41	0:00:00.468	Effectif	212	211
m-Zone 104	10/24/2016 3:47:57.850 PM	10/24/2016 3:47:58.010 PM	0:00:00.160	0.43	0:00:00.396	Durée mini...	0:00:00...	0:00:00....
m-Zone 105	10/24/2016 3:47:58.406 PM	10/24/2016 3:47:58.578 PM	0:00:00.172	0.46	0:00:00.482	Durée maxi...	0:00:00...	0:00:10....
m-Zone 106	10/24/2016 3:47:59.059 PM	10/24/2016 3:47:59.221 PM	0:00:00.161	0.44	0:00:00.473	Total	0:00:37...	0:02:45....
						Moyenne	0:00:00...	0:00:00....

Buttons: Exporter des données, Fermer

Exporter en enregistrant sous les données et choisir dossier cible.

Les données obtenues l'intégrale, le Tmin, le Tmax, la moyenne, l'écart type.

En mettant en relation l'analyse de l'EMG les « zones » de déglutition et de mouvement parasite (valeurs très hautes ou très basses) seront supprimées.