

UNIVERSITE DE NANTES
FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 2013

N°055

THESE
pour le
DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE
par
Mélanie DUMOULIN

Présentée et soutenue publiquement le 15 Mars 2013

LE DEVELOPPEMENT DU GOUT ET DES PREFERENCES GUSTATIVES : DU FŒTUS A L'ENFANCE

Président : Monsieur Jean-Marie BARD, Professeur de Biochimie Générale et
Biochimie Appliquée

Membres du Jury : Monsieur Christophe OLIVIER, Maître de Conférences en Toxicologie
Madame Gwenaëlle MALGARINI, Docteur en Pharmacie

Table des matières

Glossaire.....	page 6
Liste des abréviations.....	page 7
Liste des tableaux.....	page 8
Liste des figures.....	page 9
Introduction.....	page 11
1. La naissance du goût.....	page 12
1.1.Qu'est-ce que le goût?.....	page 13
1.1.1. Les différentes saveurs.....	page 14
1.1.2. Aspect physiologique et système gustatif	page 14
1.1.2.1. Bourgeons du goût et papilles linguales	page 14
1.1.2.2. Récepteurs et bourgeons du goût.....	page 16
1.1.2.3. Les cellules réceptrices du goût.....	page 18
1.1.2.3.1. Récepteurs de la saveur sucrée.....	page 20
1.1.2.3.2. Récepteurs de la saveur umami.....	page 21
1.1.2.3.3. Récepteurs de la saveur amère.....	page 22
1.1.2.3.4. Récepteurs de la saveur salée.....	page 23
1.1.2.3.5. Récepteurs de la saveur acide.....	page 23
1.1.2.3.6. Récepteurs du «goût du gras»	page 25
1.1.2.4. Les voies gustatives.....	page 26
1.1.3. Relation gustation-olfaction.....	page 27
1.2.Le goût du nouveau-né.....	page 28
1.2.1. La vie fœtale.....	page 28
1.2.1.1. Le développement du système sensoriel.....	page 28
1.2.1.2. Le liquide amniotique et le fœtus.....	page 29
1.2.1.3. Les capacités gustatives pendant la vie fœtale.....	page 32
1.2.1.4. Les capacités olfactives pendant la vie fœtale.....	page 33
1.2.2. Le nouveau-né.....	page 34

1.2.2.1.	Maturation du système gustatif.....	page 34
1.2.2.2.	Les mimiques du nouveau-né face aux différentes saveurs.....	page 35
1.2.2.3.	L'odorat du nouveau-né.....	page 40
2.	Les préférences gustatives face aux différentes saveurs du nourrisson à l'enfant.....	page 41
2.1.	Les comportements gustatifs chez le nourrisson.....	page 42
2.1.1.	Les comportements du nourrisson face aux différentes saveurs.....	page 42
2.1.2.	L'attrance du sucre.....	page 49
2.1.2.1.	Origine génétique de l'attrance du sucre.....	page 50
2.1.2.2.	Sucre et antalgie.....	page 52
2.1.2.3.	Expérimentation de l'appréciation du sucre.....	page 53
2.1.3.	Préférences hédoniques du nourrisson.....	page 55
2.2.	Les préférences gustatives chez le nourrisson et l'enfant.....	page 57
2.2.1.	Les éléments qui influencent nos préférences gustatives.....	page 58
2.2.1.1.	La salive et le goût.....	page 58
2.2.1.2.	Le rôle de la texture des aliments dans le goût.....	page 60
2.2.1.3.	L'importance de la vision et de l'odeur pour les préférences gustatives chez l'enfant.....	page 63
2.2.1.4.	Vomissement pendant la grossesse et préférence de l'enfant pour le sel.....	page 65
2.2.2.	La néophobie chez l'enfant.....	page 67
2.2.2.1.	Qu'est-ce que la néophobie alimentaire ?	page 68
2.2.2.2.	Les causes de cette néophobie.....	page 68
2.2.2.3.	La notion de répétabilité.....	page 69
3.	Conseil officinal et gustation : de l'allaitement à la diversification alimentaire.....	page 74
3.1.	L'allaitement : les principaux conseils pour une grande diversité gustative.....	page 75
3.1.1.	Allaitement maternel : influence sur l'acceptation des aliments et la perception gustative.....	page 76

3.1.1.1. Influence de l'allaitement maternel sur l'acceptation des aliments.....	page 77
3.1.1.2. Différences interindividuelles et intra-individuelles de concentrations de différents composés dans le lait.....	page 79
3.1.1.3. Influence de la durée de l'allaitement maternelle sur l'acceptation des aliments.....	page 83
3.1.2. Allaitement artificiel : les laits infantiles et le goût.....	page 84
3.1.2.1. Choix de l'allaitement artificiel.....	page 84
3.1.2.2. Les différents laits infantiles.....	page 86
3.1.2.3. Saveurs et laits artificiels.....	page 90
3.2. Conseils pour les préférences gustatives lors de la diversification alimentaire.....	page 93
3.2.1. Les deux points essentiels : répétabilité et variété.....	page 93
3.2.1.1. Faire goûter plusieurs fois le nouvel aliment.....	page 93
3.2.1.2. Jouer sur la variété.....	page 95
3.2.2. Le rôle des parents.....	page 97
3.2.2.1. Etre démocrate.....	page 97
3.2.2.2. Avoir un contexte social chaleureux et montrer l'exemple.....	page 99
3.2.2.3. Manger dans différents lieux.....	page 101
3.2.3. Autres astuces et conseils.....	page 103
3.2.3.1. Le faire cuisiner.....	page 103
3.2.3.2. Lui mettre des fruits et légumes à disposition.....	page 104
3.2.3.3. Jouer sur la concurrence et la coopération.....	page 105
3.2.3.4. Jouer sur la présentation.....	page 106
3.2.3.5. Communiquer et lui faire exprimer ses sensations.....	page 106
Conclusion.....	page 109
Bibliographie.....	page 111

Glossaire

Diversification alimentaire : Introduction progressive d'une alimentation diversifiée.

Flaveur : somme des sensations perçues lors du flairage ou de la mise en bouche de l'aliment, à savoir les sensations rétro-olfactives, gustatives et trigéminales

Morphogénèse : Processus de développement des formes d'un organisme au cours de l'embryogenèse

Néophobie : peur de tout ce qui est nouveau ou inconnu

Plan phylogénétique : plan qui étudie des relations de parentés entre différents êtres vivants

Praxis : capacité d'effectuer un geste ou une activité décidée et précise

Répétabilité alimentaire : fait de faire manger à l'enfant plusieurs fois le même aliment

Rétro-olfaction : mécanisme physiologique permettant de percevoir à partir du système olfactif les caractéristiques aromatiques

Substance sapide : substance qui a une saveur

Synaptogénèse : formation des synapses

Umami : une des cinq saveurs de base avec le sucré, l'acide, l'amer et le salé, signifiant « goût savoureux »

Liste des abréviations

5HT	Sérotonine
AGLC	Acide gras à longue chaîne
AMPC	Adénosine monophosphate cyclique
ATP	Adénosine triphosphate
AU	Action Unitaire
CD36	Cluster of Differentiation 36
CO ₂	Dioxyde de carbone
DAG	Diacylglycérol
FACS	Facial action coding system
GMPc	Guanosine monophosphate
GMS	Glutamate monosodique
Gγgust	Gustducin G γ
H ⁺	Ion hydrogène
HA	Hypoallergénique
IG	Indice d'ingestion
IP3	Inositol triphosphate
mg/L	Milligramme/litre
mGluR	Récepteurs métatropique de glutamate 1
mGluR1	Récepteurs métatropique de glutamate 1
NaCl	Chlorure de Sodium
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OPALINE	Observatoire des Préférences Alimentaires de l'Enfant et du Nourrisson
PKD2L1	Polycystic kidney disease 2-like 1 protein
PLCβ2	Phospholipase C beta 1
PROP	Propylthiouracile ou 6-n-propylthiouarcil
RCPGs	Récepteurs couples aux protéines G
SNP	Single Nucleotide Polymorphism
SOC	Store-Operated Calcium channels
T1Rs (ou TAS1R)	Taste receptor type 1 (récepteur du goût type 1)
TAG	Transporteur d'acide Gras
TRCs	Taste receptor cells
TRPM5	Transient receptor potential cation channel subfamily M member 5

Liste des tableaux

- Tableau I : Les saveurs d'après Barthélemy
- Tableau II : Principales étapes chronologiques du développement des systèmes gustatifs et olfactifs chez le fœtus
- Tableau III : Eléments minéraux contenus dans le liquide amniotique
- Tableau IV : Les constantes biochimiques du liquide amniotique
- Tableau V : Récapitulatif des concentrations des saveurs retrouvées dans les différents biberons
- Tableau VI : Capacité d'alimentation acquise par l'enfant en fonction de l'âge :
- Tableau VII : Comportements alimentaires des nourrissons face à deux textures différentes
- Tableau VIII : Etude sur la différence de résultats lors d'une alimentation répétée entre un poisson et une viande
- Tableau IX : Critères de choix de l'allaitement artificiel et pourcentage respectif de ces choix selon l'étude de Fanello
- Tableau X : Tableau comparatif des compositions des laits infantiles avec le lait maternel et le lait de vache
- Tableau XI : Tableau comparatif des compositions des différents laits standards Nutriben[®] et lait de Nutrilon Nutrica Soja 1
- Tableau XII : Saveurs des différents laits
- Tableau XIII : Saveurs ajoutées lors de corrections du lait

Liste des figures

- Figure 1 : Disposition des papilles sur la langue, un bourgeon gustatif (D) est porté en plusieurs exemplaires par les papilles caliciformes (A) situées au niveau du V lingual, les papilles foliées (B), et par les papilles fongiformes (C). Il existe également des bourgeons gustatifs au niveau du palais, de la face linguale de l'épiglotte, du pharynx, du larynx et du tiers supérieur de l'œsophage
- Figure 2 : a) carte fausse de la représentation des goûts, b) carte de la représentation des goûts découverte par Virginie Collings
- Figure 3 : Communication entre les cellules au sein du bourgeon du goût. Les cellules de type II (à gauche) sécrètent de l'ATP en réponse à la stimulation gustative. L'ATP agit sur les fibres sensorielles afférentes ainsi que sur les cellules pré-synaptiques de types III (à droite), amenant la libération de sérotonine (5HT). Par conséquent, la stimulation gustative des papilles provoque la libération d'ATP et de sérotonine. Les cellules pré-synaptiques forment des synapses sérotoninergiques.
- Figure 4 : Encodage des qualités gustatives périphériques
- Figure 5 : Récepteurs à sept domaines transmembranaires couplés à une protéine G (RCPGs) de la famille des T1Rs (ou TAS1R)
- Figure 6 : Cascade de transduction du signal des récepteurs couplés à une protéine G
- Figure 7 : Cascade de transduction pour les différents récepteurs des saveurs salées, acides et amères
- Figure 8 : Voies probables de transduction du signal lipidique dans la cellule réceptrice gustative chez la souris :
- Figure 9 : A : photo d'une langue, B : innervation d'une langue
- Figure 10 : Similitude de réaction entre le nouveau-né et les animaux, notamment les singes
- Figure 11 : Expression faciale du nouveau-né face aux différentes saveurs
- Figure 12 : Graphiques représentant les fréquences des réactions faciales du singe (similaires au nouveau-né) face aux saveurs salé, sucré, amer, acide et umami.
- Figure 13 : Graphiques représentant les fréquences des réactions faciales du singe (similaires au nouveau-né) face à différentes odeurs :
- Figure 14 : Procédure d'ingestion : séquence de présentation des différents biberons

- Figure 15 : Indice d'ingestion en fonction des différentes saveurs pour les nourrissons de 2 à 5 mois
- Figure 16 : Indice d'ingestion en fonction des différentes saveurs pour les nourrissons de 6 mois (figure a) et de 12 mois (figure b)
- Figure 17 : Pourcentage des rejets, indifférence, ou des acceptations pour chacune des saveurs par les nourrissons (figure a) de 6 mois et (figure b) de 12 mois.
- Figure 18 : Moyennes des volumes ingérés par biberon par les nourrissons de 2 à 5 mois
- Figure 19 : Moyennes des volumes ingérés par biberon par les nourrissons de 6 mois (figure a) et de 12 mois (figure b) :
- Figure 20 : Evolution de l'appréciation de la saveur sucrée chez l'enfant de 3 à 20 mois
- Figure 21 : Réactions des nourrissons face à différents arômes
- Figure 22 : Préférences pour les solutions salées (ingestion de 0.1M ou 0.2M NaCl par le nourrisson) en fonction de la sévérité des vomissements de la mère
- Figure 23 : Schémas des quatre groupes distincts de nourrissons (a), b), c), et d)) représentant la quantité d'aliment ingéré en fonction du nombre d'exposition
- Figure 24 : Réponse proportionnelle de l'enfant en fonction des boissons ingérées par la mère (C : carotte ou E : eau) soit jus de carotte pendant la grossesse puis eau pendant l'allaitement, soit eau puis jus de carotte, soit eau pendant la grossesse et l'allaitement. :
- Figure 25 : Concentrations du l-menthol, du d-carvone et du trans-anéthol en fonction du temps écoulé après ingestion des capsules contenant ces composés
- Figure 26 : variations interindividuelles et intra-individuelles pour le d-carvone, chaque style de courbe représentant une femme différente
- Figure 27 : l'exposition répétée : un moyen de dépasser la néophobie
- Figure 28 : Résultats de l'expérience sur la quantité de purée ingérée par les enfants en fonction des différents groupes : C0 qui a mangé pendant les 9 jours précédents la même purée de carotte, C4 qui a mangé 3 purées différentes chacune pendant 3 jours d'affilé et C10 qui a mangé les mêmes purées mais avec un changement par jours
- Figure 29 : Motivations des enfants en fonction des instructions données. Chaque colonne correspond à une question donnée ultérieurement au test : barre hachurée « Quelle importance accordez-vous à votre place dans ce jeu? » (de 1 = tout à fait sans importance à 4 = extrêmement important) ; barre blanche « quelle plaisir avez-vous eu à faire ce jeu ? » (de 1 = pas drôle du tout, à 7 = beaucoup de plaisir) ; barre noire quel score penses-tu avoir apporté à ce jeu? » (de 1 = petit score à 7 = très gros score)

Introduction

Le goût et les préférences gustatives sont propres à chacun : nous développons dès notre plus jeune âge une attirance pour des saveurs particulières : saveur sucrée, salée, amère, acide... Pourtant, les nourrissons semblent tous attirés vers la saveur sucrée. Cette attirance dure quelques années puis laisse souvent place à la saveur salée. Nous pouvons donc nous demander d'où vient cette attirance commune, puis pourquoi elle diffère par la suite.

Pour cela, il faut comprendre le développement du système gustatif qui devient fonctionnel dès la 26^{ème} semaine post-conceptionnelle. Ainsi, à sa naissance, le nourrisson connaît d'ors et déjà certaines saveurs transmises par la mère lors de sa grossesse. La transmission de certaines saveurs continue à travers le lait si la mère opte pour un allaitement maternel. Nous pouvons détecter les préférences du fœtus par des modifications biophysiques et celles du nourrisson par leurs mimiques expressives. Nous verrons donc quels sont ces comportements face aux différentes saveurs et les préférences gustatives qui en découlent en fonction de l'âge de l'enfant.

Les origines des différentes préférences alimentaires sont multiples : génétiques, physiologiques, relatives au vécu ou au comportement des parents. En effet, vers l'âge de deux ans les enfants deviennent plus sélectifs sur le contenu de leur assiette. Nous verrons donc les conseils que nous pouvons donner aux parents pour que leur enfant accepte le plus large choix possible de plats et de saveurs, que ce soit lors de l'allaitement ou lors de la diversification alimentaire.

1. La naissance du goût

Dans cette première partie, nous ferons le point sur les connaissances actuelles sur l'acquisition du goût, ainsi que sur la découverte des différentes saveurs. Nous verrons que le goût apparaît dès l'état fœtal puis nous étudierons comment il se développe jusqu'à la naissance ainsi que les préférences gustatives du nouveau-né; avant cela nous présenterons l'ensemble du système gustatif et son fonctionnement.

1.1. Qu'est-ce que le goût?

Lorsque nous parlons de «goût» d'un aliment dans le langage courant, nous faisons surtout référence à sa flaveur qui est l'ensemble des caractères gustatifs, olfactifs et de la somesthésies (perception de la température des aliments et ensemble de différentes sensations : pression, douleur...).

Le « goût » dans le langage courant regroupe en fait les 4 autres sens. L'odorat est directement lié au goût par un phénomène de rétro-olfaction comme nous le verrons par la suite. Puis, le toucher est pris en compte via le contact de la langue, avec notamment la surface stimulée : plus celle-ci est faible, moins la sensation gustative est forte ; et via la texture des aliments. La vue prend en compte l'aspect de l'aliment avec notamment les couleurs : une purée bleue est moins appréciée qu'une purée jaune. L'ouïe est également à prendre en compte du fait des sons émis lors de la mastication. [2] Le goût est néanmoins essentiellement perçu par l'olfaction rétro nasale. [1] En effet, les arômes libérés dans la bouche par la mastication remontent vers la cavité nasale et stimulent les cellules nerveuses de l'odorat. Dans un langage dit physiologique le mot « goût » désigne la gustation, le sens qui nous permet de percevoir des sensations lors de la stimulation des cellules gustatives réceptrices de la langue par des composés sapides. La salive est également un facteur fondamental lors de la perception gustative, puisqu'elle constitue le solvant de nombreuses substances sapides présentes dans le bol alimentaire, et que seuls les produits solubles peuvent avoir un goût.

Pour isoler le goût, nous pouvons recourir à un artifice expérimental. Nous pouvons injecter, par exemple, un petit courant d'air dans les fosses nasales pour s'opposer à la diffusion des odeurs venues de la bouche par l'arrière-gorge. [3]

1.1.1. Les différentes saveurs

Au XVI^{ème} siècle de nombreux physiciens et médecins distinguaient neuf saveurs différentes qui différaient en qualité, en substances et dans leur rapport avec les quatre éléments comme l'indique le tableau suivant :

Qualité	Saveurs	Feu	Air	Eau	Terre	Substance
Chaudes	Acre ou ague					Subtile
	Amère					Grosse
	Salée					Moyenne
Tempérées	Grasse					Subtile
	Douce					Grosse
	Inspide					Moyenne
Froides	Aigre ou acide					Subtile
	Austère					Grosse
	Acerbe					Moyenne

Tableau I : Les saveurs d'après Barthélemy [4]

Ces saveurs étaient transmutables en fonction du froid ou du chaud. C'est au XIX^{ème} siècle que le physiologiste Adolph Fick défini quatre saveurs dites primaires ou fondamentales : le sucré, le salé, l'amer et l'acide. Le sucré correspond au saccharose, le salé au Chlorure de sodium, l'amer à la quinine et l'acide à l'acide chlorhydrique (ou au citron). [4]

En 1908 une nouvelle saveur est découverte pas le scientifique Kikunae Ikeda : l'umami d'un mot japonais qui signifie «délicieux» ou «savoureux»; c'est une sensation produite par le mélange de trois substances : le L-glutamate, l'inosine 5'-monophosphate et le guanosine 5'-monophosphate (dont les deux derniers améliorent le glutamate). Cette saveur est présente dans certains végétaux, crustacés, viandes, poissons, fromages. [5]

De plus, certaines saveurs gustatives telles que "gras", "métallique", ou les goûts de maltodextrine, dioxyde de carbone sont discutés dans la littérature. [6] De nombreuses publications ont été réalisées sur le goût du gras notamment sur les rongeurs tel que le rat ou la souris qui ont une préférence gustative pour les lipides. En effet, nous savons depuis peu qu'une dimension gustative pourrait également exister dans la détection des graisses et non juste sur la texture particulière du gras comme cela a été cru pendant longtemps. [7] [8]

1.1.2. Aspect physiologique et système gustatif [9]

Il existe « différentes étapes de l'intégration du message sensoriel » : la détection par les cellules gustatives réceptrices, qui constituent les bourgeons du goût, eux même regroupés en papilles gustatives. Puis la transduction des messages par des systèmes variés qui constituent une information gustative. Enfin, l'intégration de l'information gustative jusqu'au système nerveux central.

Il s'agit de l'intégration du message dans le comportement, car un message sensoriel n'a de valeur, pour un être vivant, que dans la mesure où il débouche sur un comportement. Nous étudierons le suivi du message sensoriel.

1.1.2.1. Bourgeons du goût et papilles linguales [10] [11] [12] [13]

Dans la cavité buccale, l'organe du goût est constitué de papilles gustatives réparties dans toute la bouche et particulièrement sur la langue ; les différentes saveurs sont perçues par quatre types de papilles (cf. Figure 1):

- **les papilles fongiformes ou fungiformes:** elles ressemblent à des champignons, elles se trouvent dans la partie antérieure des deux tiers de la langue, elles sont rapprochées de la pointe de la langue et s'écartent vers l'arrière pour apparaître à l'œil nu comme des petites granulations rouges. Elles sont assez nombreuses (150 à 200) et contiennent entre 0 et 15 bourgeons du goût.

- **les papilles filiformes ou coniques:** elles ont une structure en forme de fil recouvrant les deux tiers antérieurs de la langue, ce sont les plus nombreuses mais elles n'ont pas de bourgeons du goût.
- **les papilles caliciformes ou circumvallées :** elles sont en forme de calices, disposées en une rangée formant un V à la partie postérieure de la langue, volumineuses (1 à 3 mm de diamètre), peu nombreuses (6 à 12) et contiennent une douzaine de bourgeons du goût.
- **les papilles foliées :** elles ressemblent à des feuilles et peuvent contenir une douzaine à une centaine de bourgeons du goût, elles sont présentes dans la partie latérale postérieure de l'arête de la langue.

Toutes ces papilles linguales ont une durée de vie d'environ 10 jours et se régénèrent donc régulièrement. Leur qualité, soit leur fonction à percevoir les différentes saveurs, diminue avec l'âge.

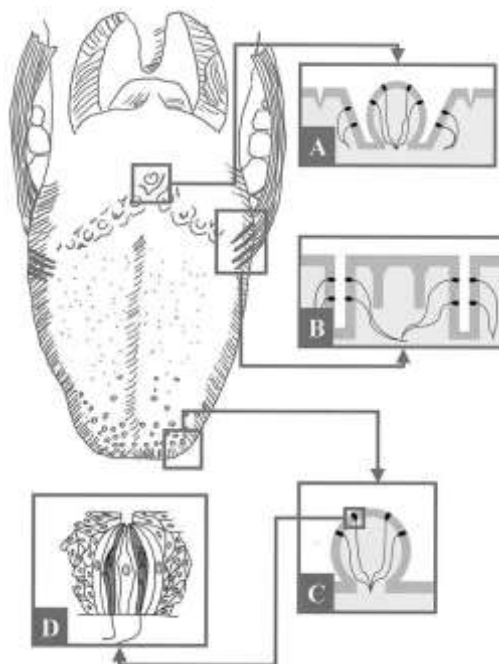
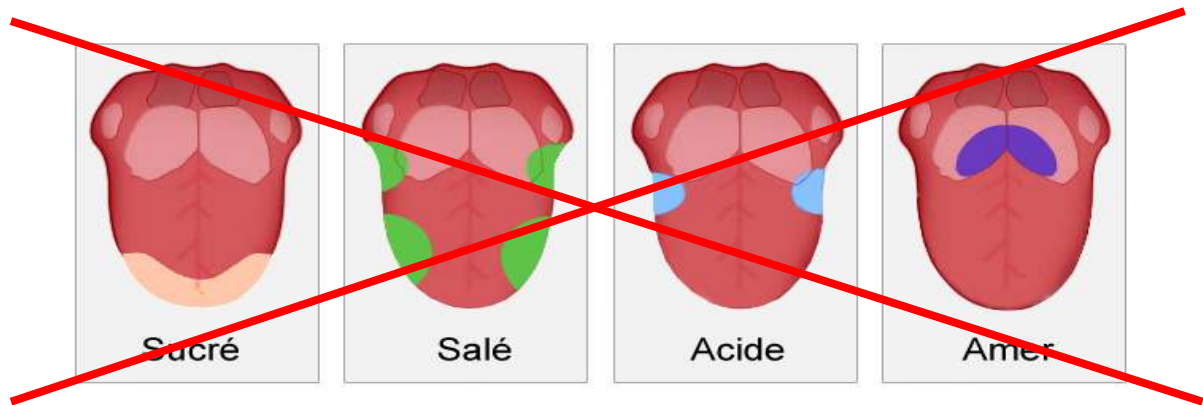


Figure 1 : Disposition des papilles sur la langue, un bourgeon gustatif (D) est porté en plusieurs exemplaires par les papilles caliciformes (A) situées au niveau du V lingual, les papilles foliées (B), et par les papilles fongiformes (C). Il existe également des bourgeons gustatifs au niveau du palais, de la face linguale de l'épiglotte, du pharynx, du larynx et du tiers supérieur de l'œsophage [14]

1.1.2.2. Récepteurs et bourgeons du goût

Une carte de la représentation des goûts selon la zone de la langue a été établie par un scientifique D.P. Hanig en 1901, or cette carte a été mise en doute par Virginie Collings en 1974 (cf. Figure 2). Même si cette information ne fait plus de doute chez les scientifiques, l'idée reste néanmoins toujours vraie pour de nombreuses personnes. En réalité, ces zones sont correctes mais nous pouvons percevoir les 5 saveurs sur chacune de ces zones.

a)



b)

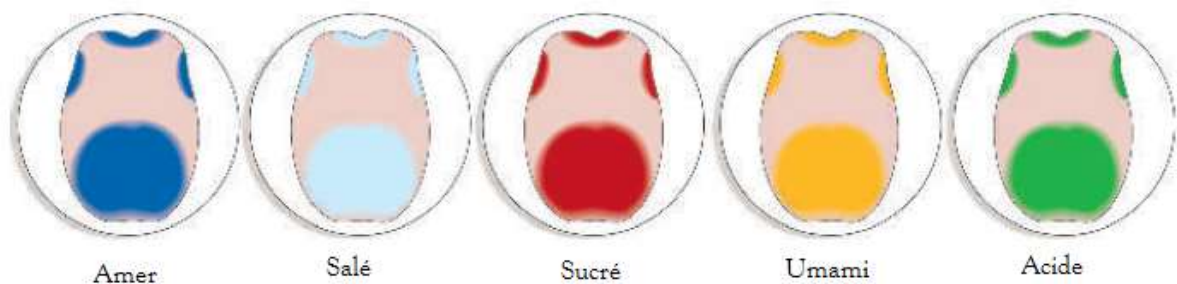


Figure 2 : a) carte fautive de la représentation des goûts, b) carte de la représentation des goûts découverte par Virginie Collings. [10]

Dans un bourgeon du goût, il existe quatre formes cellulaires : les cellules dites de type I, II, III et IV. Les cellules de types I et II possèdent des microvillosités avec des récepteurs gustatifs, ceux-ci permettent la détection des molécules sapides ; alors que les cellules de type III ou cellules pré-synaptiques sont impliquées dans les synapses avec les fibres nerveuses afférentes. Ce sont les seules cellules gustatives qui possèdent des structures synaptiques dans les zones de contact avec les terminaisons nerveuses. Les cellules de type II communiquent avec les cellules de type III avec de l'ATP (cf. Figure 3). Enfin, les cellules de type IV sont des cellules basales. Les chercheurs n'ont pas encore trouvé leur rôle exact : elles jouent probablement un rôle de remplacement des cellules du bourgeon. Les cellules de type I joueraient un rôle sécrétoire au niveau du pore gustatif ou seraient des cellules gliales ou limiteraient la diffusion d'ATP provenant des cellules de type II vers les cellules de type III. [11]

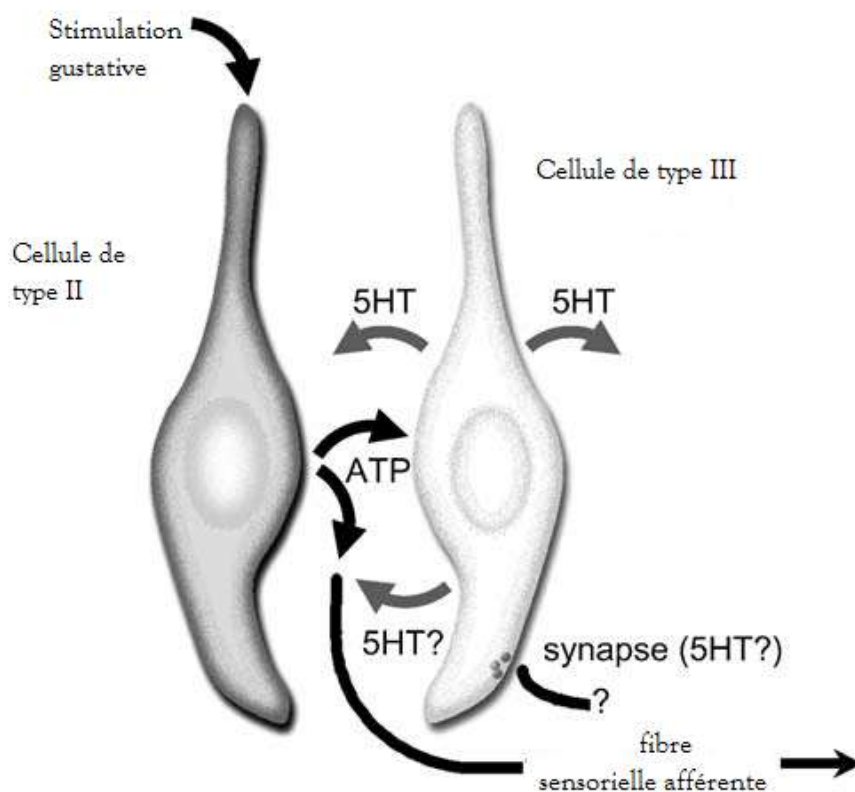


Figure 3 : Communication entre les cellules au sein du bourgeon du goût. Les cellules de type II (à gauche) sécrètent de l'ATP en réponse à la stimulation gustative. L'ATP agit sur les fibres sensorielles afférentes ainsi que sur les cellules pré-synaptiques de types III (à droite), amenant la libération de sérotonine (5HT). Par conséquent, la stimulation gustative des papilles provoque la libération d'ATP et de sérotonine. Les cellules pré-synaptiques forment des synapses sérotoninergiques. [11]

1.1.2.3. Les cellules réceptrices du goût

Le goût est détecté par des cellules appelées cellules réceptrices du goût (ou TRCs pour taste-receptors cells) réparties sur différentes papilles de la langue et de l'épithélium du palais. En résumé, chaque saveur est reconnue par des différentes cellules avec des récepteurs spécifiques, qui codent en signaux les différentes saveurs.

Il existe deux hypothèses opposées sur la façon dont sont codées les qualités gustatives (cf. Figure 4) [10] :

- **Le modèle « labelledline »** où les cellules réceptrices répondent à des modalités de goût unique : sucré, salé, amer, aigre ou umami et sont innervées par des fibres nerveuses individuellement raccordées. Dans ce cas, on trouve des cellules strictement spécialisées dans le codage d'une saveur ; chaque qualité de goût est spécifiée par l'activité du non chevauchement des cellules et des fibres. (a)
- **Le modèle « across-fibre pattern »** où les cellules réceptrices du goût individuelles peuvent détecter plusieurs saveurs (indiquées par différentes tonalités de gris et de points multicolores représentant les noyaux) et par conséquent la même fibre afférente comporte des informations pour plus d'une modalité de goût (b) ou les cellules réceptrices du goût détectent une saveur unique mais la même fibre afférente comporte des informations pour plus d'une modalité de goût (c).

Le modèle « labelledline » apparaît comme la plus valide des deux : des expériences montrent que les cellules réceptrices présentent une spécificité d'activation : chaque classe de récepteur est exprimée dans un type de cellules pré-réceptrices et donne selon un schéma de codage « une cellule, un goût ». Des expériences menées sur des fibres isolées de la corde du tympan montrent que cette spécificité cellulaire n'est pas totale au niveau des fibres afférentes car les fibres sont connectées à plusieurs types de cellules gustatives issues de différents

bourgeons. Des études récentes montrent néanmoins des zones de projections spécifiques pour chaque modalité gustative dans le cortex gustatif primaire. Il existe donc une carte gustative corticale avec des aires de représentation des cinq saveurs fondamentales. [15]

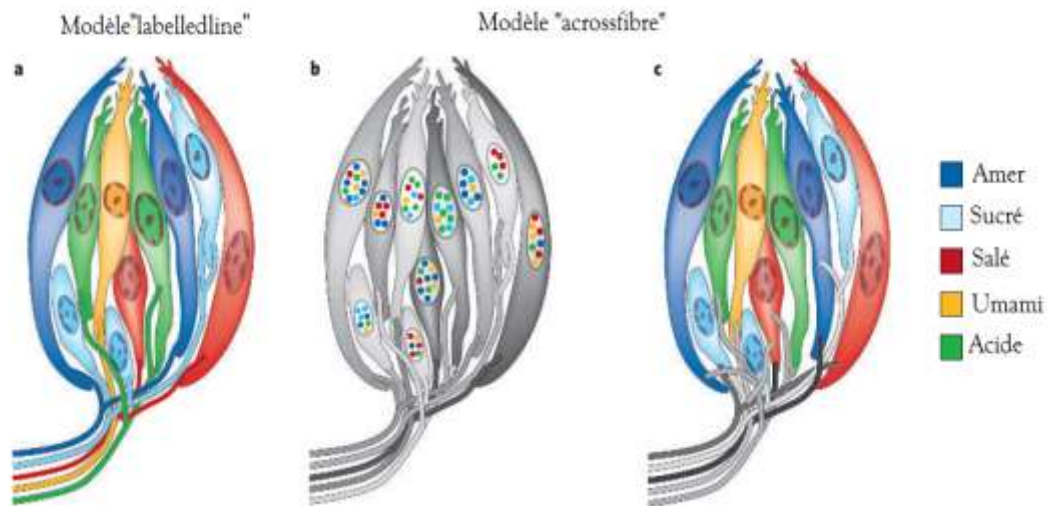


Figure 4 : Encodage des qualités gustatives périphériques [10]

Des études moléculaires et fonctionnelles récentes, chez la souris, ont démontré que les différentes cellules réceptrices du goût définissent des modalités gustatives différentes et que l'activation d'un seul type de cellules réceptrices du goût est suffisant pour coder les saveurs.

Contrairement à ce qui a été cru pendant longtemps, il est maintenant clair que les types cellulaires distincts expriment des récepteurs uniques détectant chacun les 5 saveurs de base: le sucré, le salé, l'aigre, l'amer, l'umami.

Le goût est considéré comme un sens chimique simplement parce que les cinq saveurs de base sont causées par différents produits chimiques. Les saveurs ont des caractéristiques chimiques communes et sont amorcées par des réactions chimiques de reconnaissance avec des récepteurs qui sont transmis par un milieu liquide. Les cinq saveurs se distinguent par le caractère symétrique des interactions: en effet, lors des interactions exhaustives de goût, les récepteurs peuvent être, soit électriquement équilibrés (ou symétriques) comme le goût

sucré et le goût salé, soit électriquement déséquilibrés comme le goût amer ou le goût acide. Le classement symétrique / dissymétrique du goût a été établi de façon la plus plausible par le fait que les interactions chimiques responsables de goûts différents ne conduisent pas à la formation de produits chimiques. Si c'était le cas, toute substance soluble dans l'eau aurait un goût semblable, et la notion des quatre goûts primaires empiriques n'aurait probablement jamais pu être tirée. [9]

Nous allons voir maintenant différents récepteurs spécifiques.

1.1.2.3.1. Récepteurs de la saveur sucrée

Les récepteurs de cette saveur sont des récepteurs à sept domaines transmembranaires dits métabotropiques couplés à une protéine G (RCPGs) de la famille des T1Rs (ou TAS1R). (cf. Figure 5) [6]

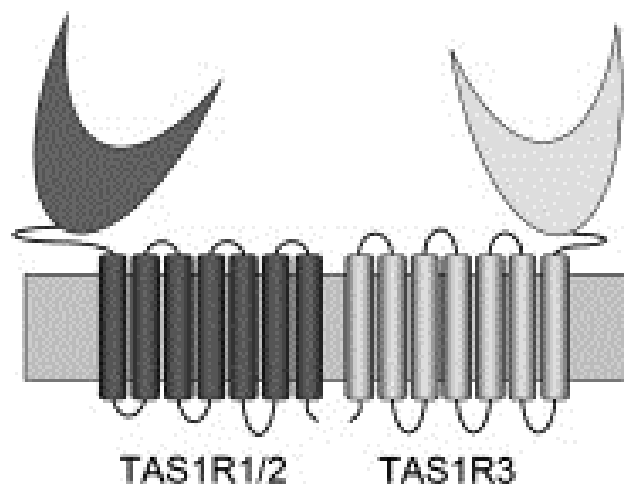


Figure 5 : Récepteurs à sept domaines transmembranaires couplés à une protéine G (RCPGs) de la famille des T1Rs (ou TAS1R) [6]

Suite à de nombreux travaux réalisés pour comprendre le goût sucré, deux récepteurs ont été identifiés dans les organes buccaux du goût en présence de divers édulcorants, naturels ou artificiels : T1R2 et T2R3. La stimulation de ces récepteurs induit la production d'un

médiateur soluble, l'alpha-gustducine, dont la fonction est de réguler l'assimilation du glucose. [14] Les protéines réceptrices du goût interagissent avec le complexe hétérotrimérique constitué de trois sous-unités : protéine G alpha-gustducine, protéine G beta (G β) et protéine G gamma (G γ) (cf. figure 6). Une fois activé, le complexe se dissocie et les sous-unités G β et G γ activent la phospholipase C qui dégrade le phosphatidyl inositol biphosphate en deux seconds messagers : le diacylglycérol et l'inositol triphosphate (IP3). Ceci entraîne une augmentation du taux de calcium intracellulaire ; cette augmentation permet l'activation du récepteur localisé au niveau du réticulum endoplasmique, qui à son tour entraîne l'ouverture d'un canal (TRPM5) situé dans la membrane plasmique. L'ouverture du canal permet ainsi une dépolarisation par entrée de cations non sélectifs. L'activation de ce canal coïncide finalement avec des niveaux élevés de calcium intracellulaire provoquant l'expulsion de l'ATP, substance de transmission des récepteurs des cellules du goût de type II. Enfin, la libération d'ATP par les cellules de type II permet la stimulation des fibres de terminaison nerveuses des bourgeons du goût. [6]

1.1.2.3.2. *Récepteurs de la saveur umami*

Ils sont proches des récepteurs de la saveur sucrée. La cascade de transduction est par ailleurs la même (cf. Figure 6), ce sont cependant les récepteurs T1R1 et T1R3 qui interviennent, avec les sous-unités TAS1R, TAS1R1 et TAS1R3. [5] Ces sous-unités sont assemblées soit en complexes homodimériques ou hétérodimériques et caractérisées par la présence de longues chaînes aminées extra cellulaires qui servent de médiateurs et de reconnaissance du ligand pour la liaison. Comme vu précédemment dans la cascade de transduction, il y a une augmentation de la concentration en ions calcium intracellulaires qui augmentent la charge positive au niveau intracellulaire provoquant une dépolarisation puis libération de neurotransmetteurs. Enfin, le signal est transmis par une fibre nerveuse. [10] Contrairement au goût sucré, il existe des récepteurs du goût supplémentaires qui représentent des formes tronquées des récepteurs métabotropiques de glutamate : les mGluR1 et mGluR4. [6]

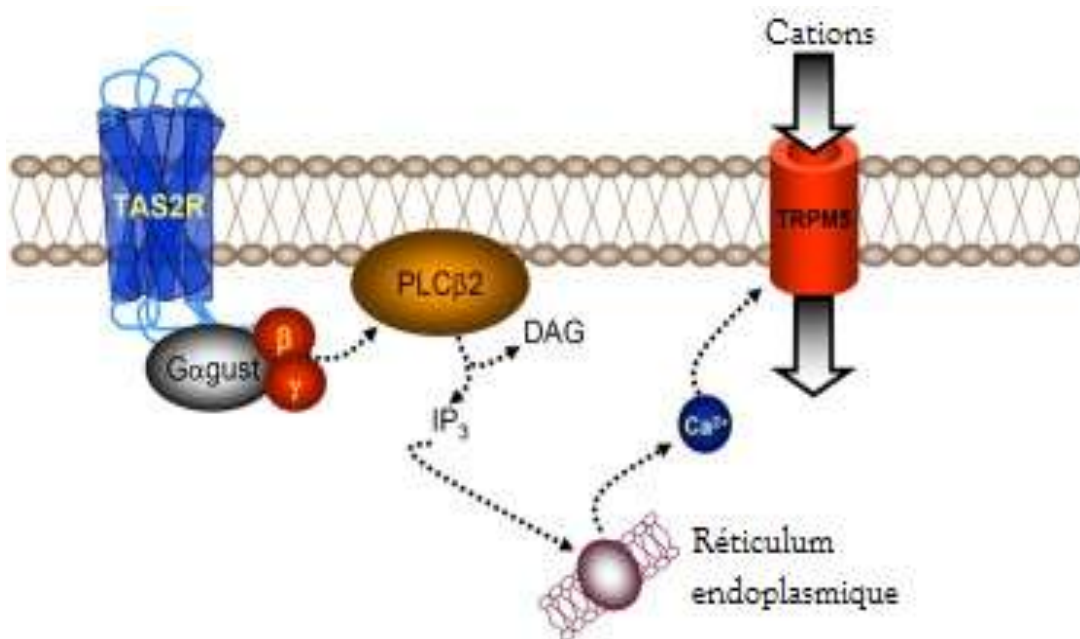


Figure 6 : Cascade de transduction du signal des récepteurs couplés à une protéine G [6]

1.1.2.3.3. Récepteurs de la saveur amère [10] [17]

Contrairement aux récepteurs du goût sucré et umami qui reconnaissent un nombre limité de sous-ensembles d'éléments nutritifs, le goût amer a la lourde tâche de prévenir l'ingestion d'un grand nombre de structures correspondants à des composés toxiques.

Cela suggère que les récepteurs de goût amer sont probablement codés par une grande famille de gènes, et que la sensation amère évolue pour permettre la reconnaissance d'un large éventail de produits chimiques.

Le goût amer est détecté par une famille d'environ trente récepteurs couplés à des protéines G très différents : les T2Rs. Les gènes T2Rs sont sélectivement exprimés en sous-ensemble de cellules réceptrice du goût, distincts de ceux contenant les récepteurs pour les saveurs sucrées et umamis.

Des études récentes suggèrent que la liaison de goût T1R ou T2R active la protéine G hétérotrimériques conduisant à la sortie des sous-unités $G\beta\gamma$ et à la stimulation des

phospholipases C β 2, (PLC- β 2). L'activation de PLC- β 2 hydrolyse le phosphatidylinositol-4,5-biphosphate en deux messagers intracellulaires : l'inositol-1,4,5-triphosphate (IP3) et le diacylglycérol. L'IP3 entraîne une libération de calcium du réticulum endoplasmique. La substance amère active aussi une phosphodiesterase qui entraîne la transformation de l'ATP et du GTP en AMPc et GMPc provoquant l'ouverture d'un canal calcium au niveau intracellulaire (cf. Figure 7). De plus, la substance amère inhibe un canal potassium et donc empêche la sortie intracellulaire.

Ainsi, ces trois mécanismes provoquent une augmentation du calcium et du potassium intracellulaire, donc une augmentation de la charge positive, d'où une dépolarisation. Les cellules libèrent alors des neurotransmetteurs et le signal électrique est transmis par les fibres nerveuses.

1.1.2.3.4. Récepteurs de la saveur salée

Ce récepteur est également important dans un certain nombre d'autres processus, y compris la surveillance des niveaux de CO₂ dans le sang et la composition interne du fluide céphalo-rachidien et cérébral. [10]

Les molécules salées, c'est-à-dire les ions sodium, sont détectées par des canaux sodiques sensibles à l'amiloride dits AnaC ou « epithelial-type Na⁺ Channel ». Elles passent par ce canal sodium pour aller vers le milieu intracellulaire, ce qui provoque une dépolarisation par augmentation des charges positives au niveau intracellulaire et donc une libération de neurotransmetteurs et transmission du signal électrique (cf. Figure 7).

D'autres récepteurs canaux non spécifiques et non sensibles à l'amiloride pourraient être impliqués dans la détection de la saveur salée.

1.1.2.3.5. Récepteurs de la saveur acide [10] [16]

Plusieurs récepteurs sont candidats pour la saveur acide dont les canaux à protons, les canaux sodiques, les canaux potassiques et les récepteurs à potentiel transitoire ou « Transient Receptor Potential » (TRP) de la famille des PKD2L1.

La saveur acide, c'est-à-dire les ions hydrogènes, bloquent les canaux potassiques et diminuent ainsi la sortie d'ions potassium de milieu intracellulaire. De plus, les ions H^+ activent le système de transport d'hydrogène au niveau intracellulaire, il y a donc augmentation d'ions H^+ . Elle active aussi le canal sodium et augmente la charge en sodium au niveau intracellulaire (cf. Figure 7).

Ces trois mécanismes permettent une augmentation de la charge positive au niveau intracellulaire et donc une dépolarisation qui provoque un potentiel d'action permettant l'entrée d'ions calcium au niveau intracellulaire. Il y a ainsi augmentation des charges positives au niveau de la cellule, dépolarisation et donc libération de neurotransmetteurs.

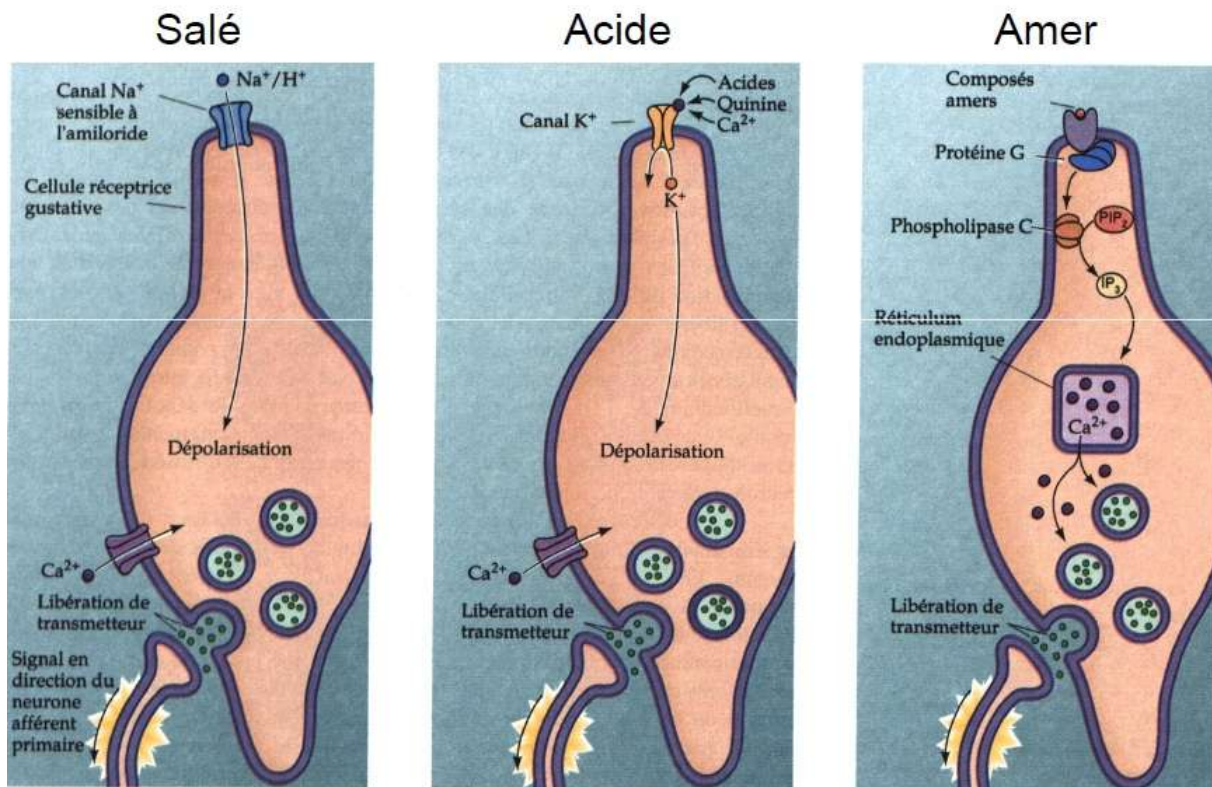


Figure 7 : Cascade de transduction pour les différents récepteurs des saveurs salées, acides et amères [1]

1.1.2.3.6. Récepteurs du «goût du gras» [7] [8]

Récemment, une protéine impliquée dans le « goût du gras » a été découverte, alors que jusqu'à maintenant, « on pensait que leur détection orale reposait entièrement sur la texture de goût » (Jean-Pierre Montmayeur, chercheur au centre européen des sciences du goût). Cette protéine est appelée CD36 ou encore TAG : transporteur d'acide gras (ou FAT : fatty acid transporter). Elle est localisée à la surface des papilles gustatives de la langue et agirait comme un récepteur aux lipides. Ces chercheurs ont montré que les souris ayant une préférence pour les graisses possèdent cette protéine. Pour une souris génétiquement modifiée, dont la protéine CD36 a été retirée, cette attirance disparaît.

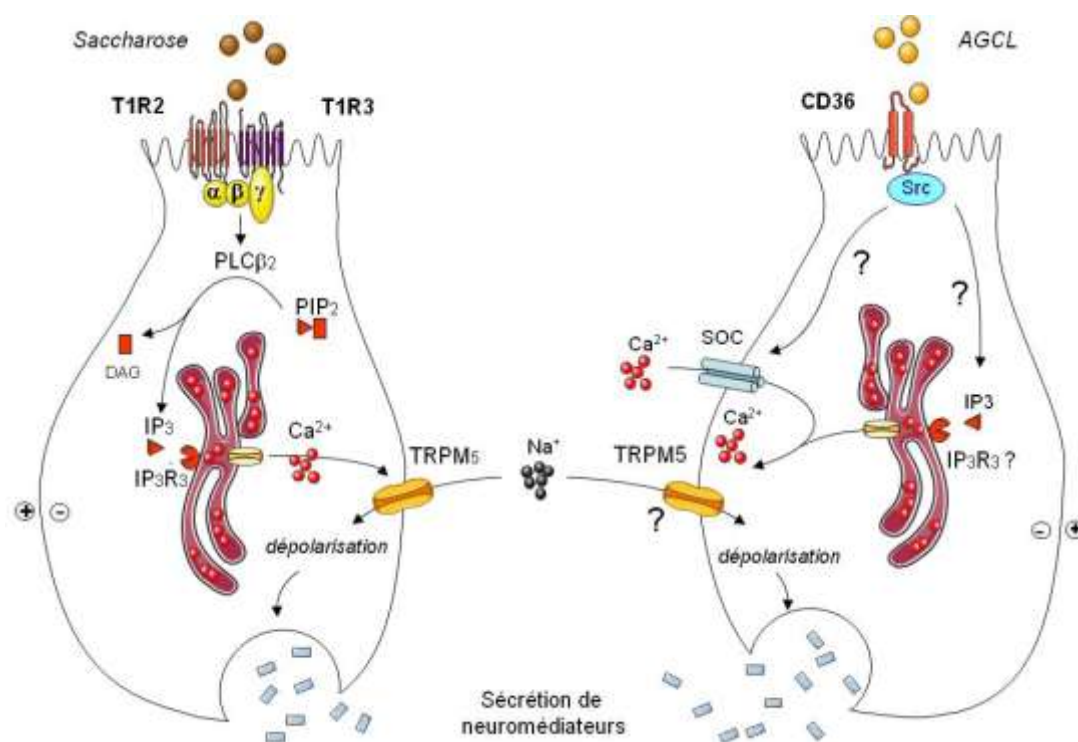


Figure 8 : Voies probables de transduction du signal lipidique dans la cellule réceptrice gustative chez la souris. [19]

L'interaction entre un acide gras à longue chaîne (AGLC) et le CD36 induit l'activation de protéines kinases de la famille des Src ce qui provoque l'ouverture des canaux calciques SOC (Store-Operated Calcium channels). Comme pour le saccharose, les AGLC semblent être également capables d'augmenter la concentration en inositol-tri-phosphate (IP3)

entraînant ainsi la libération des d'ions Ca^{2+} stockés dans le réticulum endoplasmique. L'augmentation massive de la concentration de calcium qui en résulte, déclenche l'exocytose de neuromédiateurs à l'origine du signal gustatif probablement via une dépolarisation cellulaire dépendante des canaux TRMP5. (cf. Figure 8)

1.1.2.4. Les voies gustatives [19]

L'information gustative est acheminée vers le tronc cérébral par plusieurs nerfs crâniens (cf. Figure 9):

- le nerf facial par les branches de la corde du tympan (nerf crânien VII) : il innerve les 2/3 antérieurs de la langue.
- le nerf glosso-pharyngien (nerf crânien IX) : il innerve le 1/3 postérieur de la langue.
- le nerf pneumogastrique (nerf crânien X) : il innerve la gorge et l'épiglotte.

L'influx gustatif qui provient des cellules gustatives des bourgeons du goût est transmis via ces nerfs au bulbe rachidien, puis au thalamus. L'information est ensuite transmise vers l'aire gustative primaire du cortex cérébral, située dans le lobe pariétal. Indépendamment de l'innervation des bourgeons du goût, la langue possède une innervation propre aux sensations tactiles qui empruntent les fibres du nerf trijumeau (V).

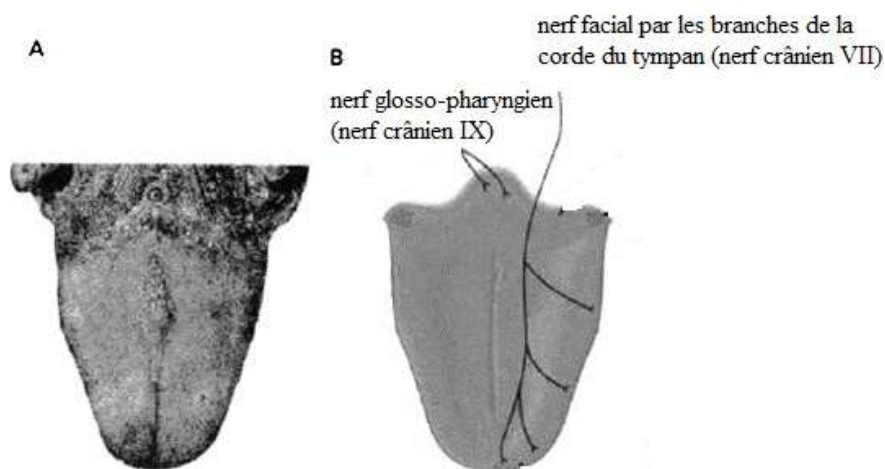


Figure 9 : A : photo d'une langue, B : innervation d'une langue [20]

1.1.3. Relation gustation-olfaction

Il semble difficile de dissocier le goût de l'odorat, sens peu développé chez l'homme. En effet, le nez bouché, on ne peut différencier la carotte râpée de l'oignon râpé. En général, le goût est très utile pour déceler les constituants inorganiques ioniques de l'eau potable, tandis que l'odorat s'avère fort utile pour déceler les constituants organiques covalents. La complémentarité de ces deux sens se vérifie à nouveau dans les limites de détection ; en général, l'odorat réagit à des concentrations beaucoup plus faibles que ne le fait le goût.

Il existe une voie dite « voie rétro-nasale » ou « voie rétro-olfactive » ou encore « voie indirecte » qui permet, à partir du système olfactif, de caractériser les saveurs contenues dans la bouche. Les arômes suivent ainsi la trajectoire en passant en arrière du palais pour atteindre l'épithélium olfactif dans les fosses nasales. [1]

Le système olfactif est divisé en 4 structures sensibles aux stimulations chimiques : le système olfactif principal, le système trigéminal, le système voméronasal et le système terminal.

- ➔ **Le système olfactif principal** tapisse le sommet de chaque cavité nasale, le septum, et une partie des cornets supérieurs. Sa région superficielle, l'épithélium, contient des îlots de neurorécepteurs dont les dendrites se terminent par une touffe de cils baignant dans une couche de mucus. Ces cils contiennent les sites récepteurs, lieu de l'interaction entre molécules odorantes et neurones sensoriels.
- ➔ **Le système trigéminal** ne comporte pas de neurones propres. Les sensations naissent de l'interaction entre les molécules odorantes et les terminaisons nerveuses du nerf trijumeau.
- ➔ **Le système voméronasal** se loge dans 2 petites cavités situées de part et d'autre de la cloison nasale, légèrement en retrait de l'ouverture des narines. Il a la forme d'un tube fermé vers l'arrière et ouvert vers l'avant. Le canal interne de l'organe est un cul-de-sac rempli de mucus. Il est spécialisé dans la détection des phéromones. Son activation entraîne une modification des comportements grâce à une mémoire instinctive de manière non consciente.
- ➔ **Le système terminal** est le moins connu des systèmes olfactifs. [36]

1.2. Le goût: du fœtus au nouveau-né

1.2.1. La vie fœtale

Malgré le peu d'études réalisées sur cette période de la vie, nous verrons dans cette partie que le goût commence dès le stade fœtal, dans le ventre de la mère, dû au développement des systèmes sensoriels.

1.2.1.1. Le développement du système sensoriel

La fonction sphinctérienne de l'oropharynx débute pendant la vie fœtale. La morphogenèse permet le développement des structures faciales, qui vont s'animer, et s'éveiller à la sensorialité: les premières praxis orales (c'est-à-dire la capacité d'effectuer un geste ou une activité décidée et précise) débutent au 60^{ème} jour. La succion est possible à partir de la dixième semaine, puis la déglutition à la treizième semaine. [20]

La synaptogénèse (soit la formation des synapses) des cellules gustatives apparaît progressivement entre les 8^{ème} et 13^{ème} semaines, et des premiers contacts synaptiques entre les cellules gustatives et les fibres nerveuses ont été observées dès la 8^{ème} semaine de gestation. [23]

Les papilles gustatives se développent dès la 10^{ème} semaine alors que les pores gustatifs, qui permettent l'accès aux papilles et donc à leur fonctionnalité, n'apparaissent qu'entre la 10^{ème} et la 16^{ème} semaine (cf. tableau II).

Le système olfactif principal se développe entre la 6^{ème} et la 7^{ème} semaine post-conceptionnelle, alors que les récepteurs ciliés d'apparence fonctionnelle n'apparaissent qu'à la 11^{ème} semaine post-conceptionnelle. Les axones des neurorécepteurs qui forment les nerfs olfactifs traversent les perforations de la lame criblée de l'ethmoïde dès 7 à 8 semaines pour faire synapse avec les neurones du premier centre de traitement de l'information olfactive, le bulbe olfactif, dont la différenciation débute vers 6 à 8 semaines.

Le système trigéminal comporte des fibres terminales qui sont apparentes dès la 4^{ème} semaine post-conceptionnelle et qui poursuivent leur développement jusque vers la 14^{ème} semaine.

Pour le système voméronasal, les ouvertures des cavités voméronasales sont clairement visibles dès la 5^{ème} semaine post-conceptionnelle. Les fibres du nerf voméronasal qui s'en détachent assurent un lien avec le bulbe olfactif accessoire situé sur la face dorsolatérale du bulbe olfactif principal. Ce bulbe olfactif accessoire atteint un stade de développement maximal vers 18 et 20 semaines avant de régresser progressivement.

Le système terminal est caractérisé par la présence de fibres dans le septum nasal clairement attestée dès la 6^{ème} semaine post-conceptionnelle. [22]

Tableau I Principales étapes chronologiques du développement des systèmes sensoriels chez le fœtus et/ou le nouveau-né prématuré.				
Systèmes sensoriels	Présence des structures anatomiques périphériques		Premières réponses physiologiques et/ou comportementales observées	Premières réponses corticales observées
	Premiers éléments	Forme complète*		
Gustation				
<i>Papilles gustatives</i>	10 sem	18-20 sem	26-30 sem	-
Olfaction				
<i>Syst. Olfactif principal</i>	7 sem	11 sem	28 sem (plus tôt ?)	32 sem (non exploré avant)
<i>Syst. Trigéminal</i>	4 sem	14 sem	27-28 sem	(NIRS cortex orbito-frontal)

NIRS : Near Infra-Red Spectroscopy. PE : Potentiels Evoqués ; sem : semaines de gestation

* : indique que les principaux éléments sont anatomiquement présents même si leur maturation anatomique et/ou fonctionnelle n'est pas achevée.

Tableau II : Principales étapes chronologiques du développement des systèmes gustatifs et olfactifs chez le fœtus. [22]

1.2.1.2. Le liquide amniotique et le fœtus

Le liquide amniotique est un fluide biologique fondamental pour le développement du fœtus. Les sensibilités gustatives et olfactives sont parallèles dans leur installation et leur

stimulus commun représentés par le liquide amniotique dont la composition change au cours de la grossesse. [24]

Le liquide amniotique est composé de 96,4% d'eau, il présente une densité de 1,006 et un pH situé entre 7,10 et 7,20. C'est un liquide clair et transparent, son odeur est fade.

Les anions et les cations varient peu au cours de la grossesse, les ions sodium sont responsables de 99% de l'osmolarité. Les oligoéléments ne varient pas. (cf. tableau III)

	Valeurs à terme (moyennes)	Évolution au cours de la grossesse
Cations		
<u>Sodium</u>	120 mEq/l	135-140 mEq/l en début de grossesse
Potassium	4,4 mEq/l	Peu de variations
Calcium	3,20 mEq/l	Peu de variations
Magnésium	1 à 2 mEq/l	Peu de variations
Anions		
<u>Chlore</u>	100 mEq/l	Peu de variations
Bicarbonates	18 mEq/l	Peu de variations
Phosphore	13 mEq/l	Peu de variations
Oligoéléments		
Cuivre	0,30 mg/l	Pas de variation
Fer	0,31 mg/l	Pas de variation
Zinc	0,28 mg/l	Pas de variation
Plomb	0,08 mg/l	Pas de variation
Bismuth	0,04 mg/l	Pas de variation

Tableau III : Eléments minéraux contenus dans le liquide amniotique [25]

Les acides aminés les plus abondants dans le liquide amniotique sont : alanine, glutamine, lysine, proline, thréonine, glycine, valine. Ils représentent à eux seuls 70 % des aminoacides.

Au cours de la première moitié de la grossesse, la composition en acides aminés du liquide amniotique est comparable à celle de l'urine et du sang fœtal. En revanche, au cours de la seconde moitié, la composition est devenue indépendante des profils urinaires et sériques.

Plusieurs familles d'enzymes ont été mises en évidence dans le liquide amniotique mais on en retiendra trois :

→ La diamine oxydase (présente à un taux très supérieur de celui observé dans le sang maternel)

→ Les cholinestérases avec la butyrylcholinestérase

→ Les enzymes digestives

On retrouve au niveau hormonal, les hormones surrénales, thyroïdiennes, foeto-placentaires et pancréatiques.

Le taux global des lipides augmente mais tout en restant très inférieur au taux sérique maternel et fœtal.

Plusieurs protéines du liquide amniotique sont déjà présentes à un âge gravitationnel très précoce de la femme enceinte, alors que d'autres ne sont détectables qu'en fin de grossesse. La concentration des protéines est très faible par rapport au secteur maternel. La concentration d'une protéine donnée dans le liquide amniotique varie non seulement en fonction des mécanismes de synthèse et de dégradation provenant du fœtus, du placenta et de la mère, mais aussi selon les échanges entre la mère et le fœtus à travers la barrière placentaire. La concentration des protéines du liquide amniotique varie considérablement durant la grossesse. Les mères qui donnent naissance à des enfants de poids élevé par rapport à leur âge gestationnel ont de manière générale une concentration protéique plus faible que celles qui donnent naissance à des enfants de poids normal. [26]

	Valeurs à terme (moyennes)	Évolution au cours de la grossesse
Acide urique	80 mg/l	Augmentation régulière pendant la grossesse
Bilirubine	0,3 mg/l	1,3 mg/l à 15 semaines
Créatinine	22 mg/l	Augmentation régulière à partir de 10 semaines (5 mg/l)
Glucose	0,10 g/l	
Urée	0,30 g/l	0,12 g/l vers 10 semaines

Tableau IV : Les constantes biochimiques du liquide amniotique [25]

Certains paramètres biochimiques augmentent régulièrement au cours de la grossesse, comme l'acide urique, l'urée et la créatinine (cf. tableau IV). La bilirubine présente dans le liquide amniotique reflète exactement le taux de bilirubine fœtale et diminue tout au long de la grossesse. Le glucose diminue de 0,65 g/l à 0,10 g/l à terme.

1.2.1.3. Les capacités gustatives pendant la vie fœtale

Déjà pendant la grossesse, le fœtus a la capacité de goûter le liquide amniotique. Ce dernier contient de nombreux éléments variant selon l'alimentation de la maman. Cette expérience intra-utérine joue probablement un rôle dans le développement des préférences alimentaires d'un petit enfant.

Les récents progrès de l'imagerie médicale ont permis de constater qu'au cours du dernier trimestre de la grossesse, alors que les bourgeons du goût sont fonctionnels, le fœtus déglutit plus rapidement si le liquide amniotique est rendu sucré par une administration de glucose à la mère. [27]

Une étude sur les fœtus bovins faite aux Etats-Unis montre que le fœtus augmente son nombre de suctions lorsqu'une certaine concentration de saccharose est injectée par voie sublinguale. [28]

En effet, les résultats de cette étude sont les suivants:

Pendant la période de grossesse (à environ 18 semaines post-conceptionnelle) le fœtus a avalé en moyenne $0,9 \pm 0,1$ gorgée par minute. La succion n'a pas changé en réponse à l'eau distillée ($0,9 \pm 0,2$ gorgée par minute) mais a augmenté significativement après l'injection par voie sublinguale de 2,5% de saccharose ($1,3 \pm 0,1$ gorgée par minute), puis 10% de saccharose ($1,8 \pm 0,1$ avale par minute), et 40% de saccharose ($1,3 \pm 0,1$ gorgée par minute, $P = 0.001$). Il n'y avait pas de changements significatifs pour les autres paramètres fœtaux ou maternels.

Selon Benoist Schaal, chercheur en psychobiologie sensorielle et directeur du Centre européen des sciences du goût de Dijon, l'une des hypothèses veut que l'évolution de l'espèce nous amène à rechercher le sucre, source d'énergie pour l'organisme, et donc à avoir un goût naturel pour la saveur associée. Mais rien ne prouve avec certitude cette théorie, car la mère transmet à son fœtus une partie du glucose qu'elle a absorbée dans son repas.

En effet, la saveur sucrée est la seule qui s'accompagne de valeurs nutritives. Elle a une densité calorique. Parmi les cinq saveurs (sucré, amer, salé, acide et umami), seul le sucré calme la faim. Or, la première fonction de l'alimentation est bien de nourrir et le fœtus chercherait ainsi des saveurs qui vont calmer sa faim.

1.2.1.4. Les capacités olfactives pendant la vie fœtale

Rappelons que le développement du système olfactif est parallèle à l'installation du système gustatif ; leur stimulus commun est basé sur la présence des substances présentes dans le liquide amniotique.

Après des expériences sur le rat, il semble que l'activité nerveuse est plus importante dans les structures olfactives secondaires que primaires lors de la vie fœtale ; ce phénomène s'inverse à la naissance. [24]

Une expérience montre que lorsqu'on présente à droite du visage de l'enfant, une compresse imbibée du liquide amniotique dans lequel il baignait avant de naître et à gauche, une autre compresse inodore, l'enfant explore l'une et l'autre stimulation, pointe son nez vers le liquide amniotique, n'en décolle plus et avance sa bouche comme pour téter. Cette expérience révèle ainsi qu'il est capable de détecter une odeur qu'il n'a pu recevoir que dans le ventre de sa maman. De plus cette odeur est pour lui fortement attractive. [36]

Les fœtus sont par ailleurs capables de détecter les arômes alimentaires présents dans le liquide amniotique à partir de la 32^{ème} semaine de grossesse. Telles que l'ont montré des études [29] utilisant des odeurs caractéristiques comme l'ail ou l'anis, le liquide amniotique se parfume des arômes des aliments consommés par la mère. Les apprentissages débutent de ce fait dès le dernier trimestre de gestation : le fœtus, en ingérant le liquide amniotique, se familiarise progressivement avec les arômes des aliments consommés par la mère. Ces arômes susciteront à la naissance des réactions positives d'attirance et d'acceptation. Les capacités d'apprentissage précoces du fœtus facilitent donc ses expériences postnatales. Cette attirance du nouveau-né envers des odeurs perçues avant la naissance a été confirmée par une étude où l'on a contrôlé l'odeur du liquide amniotique en demandant à des mères de consommer l'arôme d'anis (sous forme de biscuits, de sirop ou de pastilles). Une étude avec l'anis a été réalisée ; elle a observé les réactions de 24 nouveaux-nés face à cette odeur. Les enfants dont les mères ont consommé de l'anis pendant leur grossesse ont manifesté une nette attirance pour ce produit et des mouvements de suctions intenses vers cette odeur, alors que ceux dont les mères n'en ont pas mangé se sont montrés indifférents.

Benoist Schaal a recherché la présence de molécules odorantes et aromatiques dans le liquide amniotique. Le résultat ne fait aucun doute depuis que des obstétriciens ont remarqué que celui des femmes indiennes est légèrement parfumé au curry. Le fœtus avale

régulièrement ce liquide dans lequel il baigne, il était donc très probable qu'il sente ces arômes. [24] L'alimentation de la mère peut parfumer le liquide amniotique et le nouveau-né peut garder en mémoire une trace de cette empreinte prénatale.

1.2.2. Le nouveau-né

Le nouveau-né, soit l'enfant de 0 à 1 mois, parvient à montrer ses préférences gustatives par le biais de mimiques spécifiques. En effet, de nombreux travaux se sont penchés sur la question, notamment le projet OPALINE (Observatoire des Préférences Alimentaires de l'Enfant et du Nourrisson) à Dijon qui vise à suivre 300 enfants depuis le 3^{ème} trimestre de grossesse de la mère jusqu'à l'âge de 2 ans.

Les préférences gustatives et olfactives des nouveaux-nés sont très semblables à celles du fœtus.

1.2.2.1. La maturation du système gustatif [23]

Le nouveau-né possède de nombreuses papilles gustatives. La densité de ses papilles, et donc des bourgeons du goût, serait même plus élevée que celle de l'adulte. Le nouveau-né à terme aurait 2500 bourgeons du goût dispersés dans la cavité buccale y compris sur le voile du palais, l'épiglotte, le pharynx et le larynx.

Dans la première année, les 9 à 12 papilles caliciformes contiennent environ 250 bourgeons du goût, les papilles foliées environ 1500 bourgeons du goût et chaque papille fongiforme entre 0 et 12 bourgeons du goût. Ensuite, l'enfant de 8 à 9 ans a autant de bourgeons du goût par papille fongiforme que l'adulte mais la densité de ses papilles est plus élevée.

La maturation du système gustatif se poursuit donc au moins jusqu'au milieu de l'enfance, d'où le phénomène d'évolution et de changement important du goût du nourrisson et de l'enfant contrairement à l'âge adulte.

1.2.2.2. Les mimiques du nouveau-né face aux différentes saveurs [29] [30] [31] [32]

Pour connaître les préférences des saveurs du nouveau-né, il existe deux méthodes:

→ La première consiste à déposer quelques gouttes d'eau additionnée d'un composé sapide et à observer le comportement de l'enfant. Pour cela il est possible, soit analyser ses mimiques faciales, soit enregistrer des paramètres physiologiques tels que son rythme cardiaque (une accélération ou un ralentissement peuvent être interprétés en termes de préférence ou de rejet) ou son rythme de succion (à l'aide d'une tétine enregistreuse). Nous parlons dans ce cas de méthode pré-ingestive.

→ La seconde méthode consiste à proposer au nourrisson des boissons de différentes saveurs et à comparer sa consommation de boisson témoin (de l'eau en général) et de boisson additionnée du composé sapide. Nous parlons alors de méthode ingestive.

La deuxième méthode a été la méthode de choix pour la plupart des expériences, notamment celle choisie pour l'étude OPALINE.

Cependant, OPALINE a également demandé à l'expérimentatrice d'évaluer l'appréciation du nourrisson, pour une approche plus complète. Elle devait prendre en compte le comportement global du nourrisson (à la fois son ingestion et ses mimiques faciales) pour évaluer son appréciation de la boisson sur une échelle en cinq points allant de « rejet très marqué » à « acceptation très marquée ».

Le réflexe gusto-facial que l'on observe chez le nouveau-né ainsi que dans de nombreuses espèces de primates est une réponse comportementale innée qui témoigne de la dichotomie structurelle dans la perception des substances nocives et la perception des substances énergétiques. (cf. Figure 12)

Les mimiques du nouveau-né face aux différentes saveurs sont entièrement réflexes et universelles, on les retrouve d'ailleurs chez l'animal. Elles peuvent être déclenchées à volonté et persister tout au long de notre vie.

La figure suivante (cf. : figure 10) montre les similitudes entre les mimiques réflexes des nouveaux-nés humains et celles des singes, qu'il soit orang-outan, chimpanzé, ouistiti, macaque ou tamarin. En haut, nous pouvons apercevoir des réactions universelles émises par la quasi-totalité des espèces de primates avec les différentes protrusions réflexes de la langue face à une saveur sucrée et une saveur amère. Lorsque une saveur sucrée est donnée à chacun des individus (humains ou singes), ils sortent et lèvent ou courbent leur langue ; alors que lorsque une saveur amère est proposée ils sortent également leur langue mais ont tendance à l'abaisser. Leurs expressions du visage sont aussi similaires : en effet, nous remarquons des réflexes de dégoût face à une saveur amère avec une grimace, des yeux crispés, une bouche ouverte et un nez plissé. Face à une saveur sucrée, où des réflexes de plaisir avec un sourire sont remarquables. [33]



Figure 10 : Similitude de réactions entre le nouveau-né et les animaux, notamment les singes [33]

Pour connaître les différentes mimiques il existe un système nommé « Baby facs » (baby Facial Action Coding System) adapté d'une méthode développée chez l'adulte. C'est une méthode « anatomique » qui permet de décortiquer les mouvements des muscles faciaux en termes de fréquence d'apparition et d'intensité. Chaque mouvement de muscle est appelé unité d'action (AU pour « Action Unitaire ») et est numéroté. (cf. figure 12)

➤ **Le goût sucré** [31] [34]

La saveur sucrée est la plus attractive, elle induit une manifestation de plaisir. En effet, en réponse à une stimulation sucrée le nouveau-né a une expression de détente du visage, souriant avec un léchage des lèvres et une succion des lèvres. Le nourrisson présente également un allongement des suctions et une accélération du rythme cardiaque, proportionnelle à la concentration en sucre. (cf. figure 11, image a)

➤ **Le goût amer** [29] [30]

Les saveurs acides et amères provoquent en revanche des réactions mimiques universelles typiques de celle du déplaisir ou du dégoût. (cf. figure 11, image b) En effet, le nourrisson présente une ouverture de la bouche, une élévation de la lèvre supérieure, un plissement du nez, une dépression du coin de la lèvre, une descente du front, des clignements des yeux, des mouvements de la tête et une forte salivation. De fortes différences interindividuelles sont cependant observées. Certains nourrissons réagissent par exemple à de très faibles concentrations d'amertume, alors que d'autres ont besoin d'une concentration élevée pour percevoir la sensation. Les nourrissons les plus sensibles à l'amertume risquent de devenir des enfants difficiles à nourrir en raison de leur forte réactivité gustative.

➤ **Le goût salé** [29] [30]

Les réactions du nouveau-né à la suite d'une stimulation salée vont de l'indifférence au rejet. Cependant, la plupart du temps la réaction faciale suivante suite à la présentation de quelques gouttes d'eau salée est observée: ouverture de la bouche, pincement de la lèvre, et succion qui suggère un rejet, l'ajout de sel à l'eau ne modifie pas l'ingestion. (cf. figure 11,

image D) La perception du nouveau-né de la saveur salée à la naissance n'est encore bien fondée. Des chercheurs ont en effet montré que la préférence pour de l'eau salée par rapport à de l'eau émergerait vers 4 mois. La maturation des récepteurs au sel pourrait expliquer ce phénomène.

➤ **Le goût acide** [29] [30]

Lorsque du citron est ajouté pour avoir un goût acide à l'eau au nouveau-né, il présente un pincement et une élévation des lèvres, un froncement et des clignements des yeux, une augmentation de la salivation et des rougeurs au visage, ces réactions suggèrent le déplaisir, cependant moins intense que celles observées avec l'amer. (cf. figure 11, image c)

➤ **Le goût umami** [29] [30]

Lorsque d'un ajout dans l'eau de glutamate, la réaction ressemble à celle observée lors d'ajout de saccharose mais en moins intense : soit une expression de détente du visage, souriant avec un léchage des lèvres et une succion des lèvres. (cf. figure 11, image e)

➤ **Le goût du gras** [29]

En ce qui concerne le goût du gras ; il semble, d'après l'observation des comportements de succion, que les produits sont d'autant mieux acceptés qu'ils sont riches en matières grasses : en effet les nourrissons ingèrent une quantité plus importante de lait si celui-ci est plus gras.



Figure 11 : Expression faciale du nouveau-né face aux différentes saveurs [38]

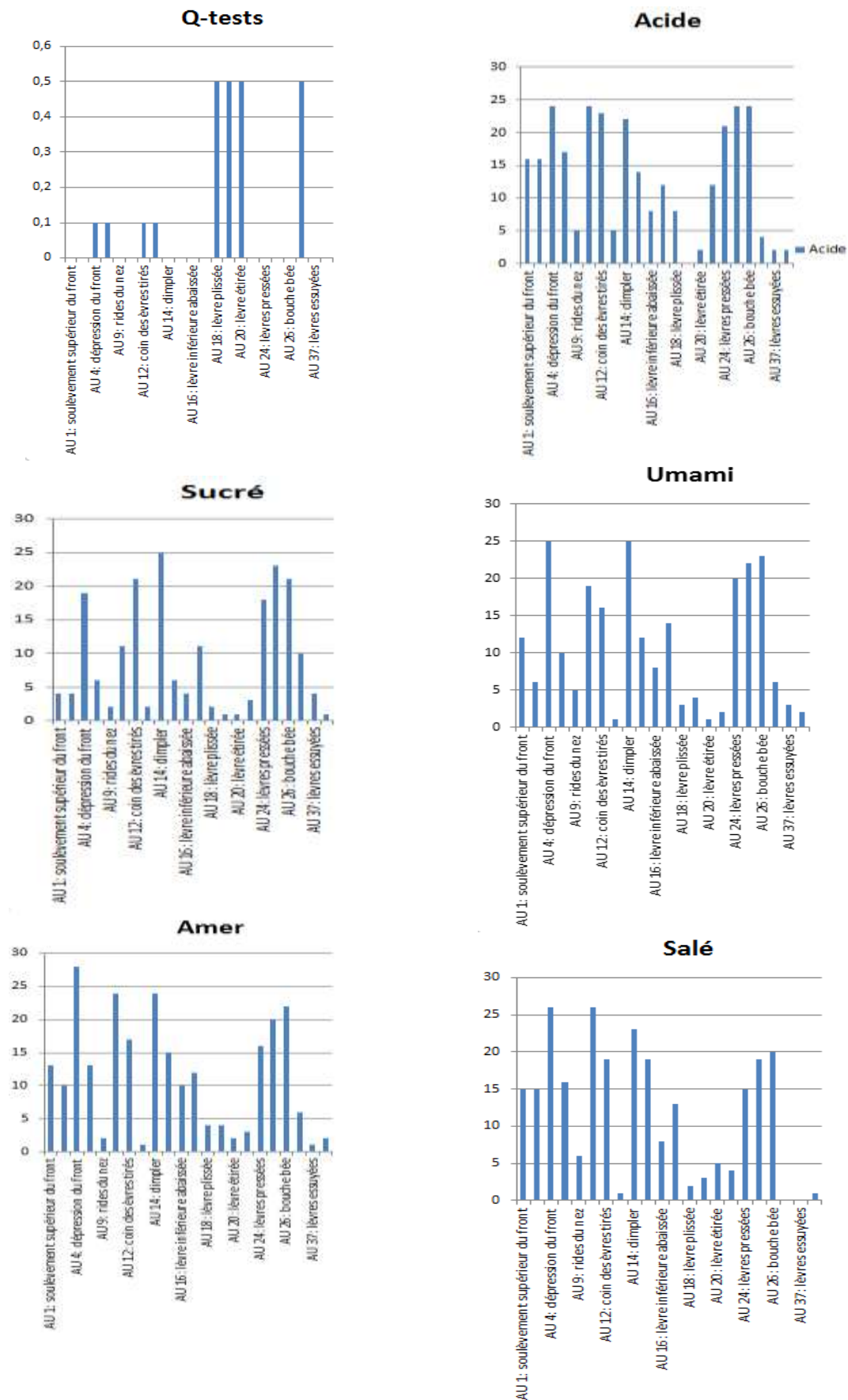


Figure 12 : Graphiques représentant les fréquences des réactions faciales du singe (similaires au nouveau-né) face aux saveurs salé, sucrés, amer, acide et umami. [35]

1.2.2.3. L'odorat du nouveau-né

Les préférences olfactives sont semblables à celles du fœtus. Les odeurs les plus appréciées restent celles avec lesquelles le nourrisson a pu se familiariser dans sa vie intra-utérine avec le liquide amniotique ou avec le lait maternel, qui lui aussi se parfume des arômes des aliments consommés par la mère. [37]

Des études montrent que les nouveaux-nés présentent des comportements et des expressions faciales positives : avec des modulations des rythmes respiratoires, un sourire, des mouvements de léchage et des gestes de succion lors de réponse à des odeurs agréables comme la vanille ou de la banane, ce qui suggère que la vanille possède une valeur hédonique positive universelle. (cf. figure 13) [35]

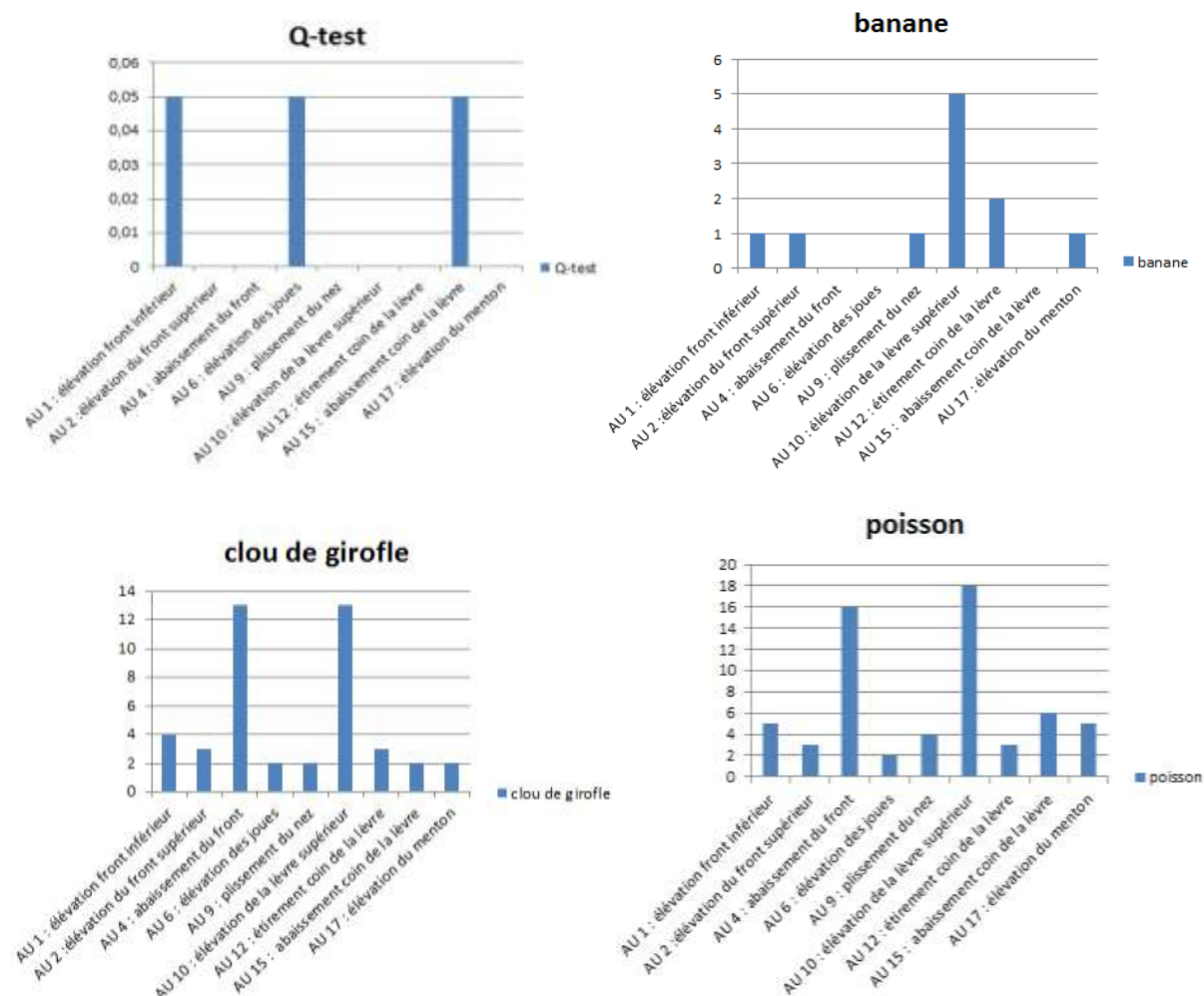


Figure 13 : Graphiques représentant les fréquences des réactions faciales du singe (similaires au nouveau-né) face à différentes odeurs. [35]

La faculté des nourrissons à apprécier les odeurs transmises par le lait maternel aurait une valeur adaptative dans la mesure où elle favoriserait l'émergence de préférences pour les aliments qui deviendront ceux de l'enfant.

La perception des odeurs de poisson, d'œuf pourri ou du beurre entraîne une diminution de la fréquence respiratoire, une dépression du coin des lèvres et des détournements de la tête, qui sont des signes d'expressions faciales négatives indiquant le rejet.

Le nouveau-né a donc un système olfactif bien développé et est capable de différencier les odeurs agréables des odeurs désagréables par des expressions faciales et des comportements respiratoires spécifiques.

2. Les préférences gustatives face aux différentes saveurs du nourrisson à l'enfant

Nous verrons dans ce deuxième temps les comportements du nourrisson (âgé de 1 mois à 12 mois) et de l'enfant (âgé de 1 à 12 ans) face aux différentes saveurs en nous appuyant sur différentes expériences.

Les nourrissons sont principalement exposés à la saveur sucrée au cours de la première année, ils apprécient ce qui est gras et sucré, comme le lait maternel. Puis, l'exposition à la saveur acide augmente à partir de la diversification alimentaire sans toutefois être aussi importante que l'exposition à la saveur sucrée. Au contraire, l'exposition à la saveur salée est faible durant la première année même après la diversification alimentaire. Enfin, les expositions aux saveurs umami et amères sont très faibles.

2.1. Les comportements gustatifs chez le nourrisson

Malgré l'importance présumée de la première année de la vie dans la mise en place des préférences alimentaires, les connaissances sur ce sujet restent limitées.

2.1.1. Les comportements du nourrisson face aux différentes saveurs

Nous allons nous baser sur les expériences du programme de recherche d'OPALINE et sur ses résultats. Ce programme de recherche observe pendant 6 ans l'alimentation de femmes enceintes puis de leur enfant jusqu'à leurs 6 ans (au départ, les enfants devaient être suivis pendant leurs deux premières années mais après réflexion « tout n'est pas joué à deux ans ») en tenant compte des expositions sensorielles de l'enfant et de sa réactivité gustative et olfactive. Un groupe de plus de 300 couples mère-enfant participe à l'étude. Le programme rassemble une vingtaine de chercheurs de disciplines variées (évaluation sensorielle, biologie, médecine, psychologie, sociologie, éthologie et statistique) issus de différentes équipes de recherches, dont le Centre des sciences du goût et de l'alimentation. [50]

Nous verrons leur schéma d'étude et les mesures prises pour leur recherche puis nous interpréterons leur résultat.

➔ Les mesures

Pour faire cette étude, les chercheurs d'OPALINE ont développé un système qu'ils ont nommé « jeux des saveurs » qui permet d'apprécier la réactivité gustative de l'enfant à 3, 6, 12 et 20 mois. Cette technique est basée sur la comparaison du niveau d'appréciation de boissons des différentes saveurs face à l'eau. A chaque séance les enfants vont recevoir une série de quatre biberons différents. Le volume de chacun sera pesé avant et après consommation ainsi que leur indice d'appréciation. Grâce à ces deux facteurs

l'expérimentateur pourra alors évaluer le niveau d'appréciation pour chacune des saveurs présentées. [38]

Ces biberons contiennent des substances sapides présentes naturellement dans le liquide amniotique, le lait ou dans la nourriture du nourrisson, avec les concentrations telles qu'elles sont indiquées dans le tableau suivant (cf. tableau V) qui sont au-dessus du seuil de détection pour l'adulte ; afin d'éviter l'absence de réaction des enfants. [40]

Saveur	Molécule	Concentration (g/L)	Concentration (M)	Commentaires
Salé	NaCl	5.0	0.085	La concentration choisie est quatre fois moins importante que celle utilisée par Beauchamp et al. (1986) et Stein et al. (2005) (0.34M). La teneur en chlorure de sodium du sérum physiologique est de 9g/L. La teneur en sodium du lait maternel est en moyenne de 0.14g/L (Augé, 2008).
Sucré	Lactose	71.9	0.20	La teneur en lactose est d'environ 68 g/L dans le lait maternel (Jensen, 1995) et au min de 35 g/L dans les préparations pour nourrissons d'après les directives de l'Union Européenne (Alles, Scholtens, & Bindels, 2004). La concentration est identique à celle utilisée par Desor et al. (1973). Un grand nombre d'auteurs ont utilisé une solution de saccharose à 0.20M (Beauchamp & Moran, 1982 ; Vasquez et al., 1982, Beauchamp et al., 1986).
Amer	Urée	10.8	0.18	La teneur en urée dans le lait maternel est de 0.20g/L (Augé, 2008). Kajiura et ses collaborateurs ont utilisé une concentration identique (1992). La concentration d'urée utilisée la plus élevée était de 0.48M (Desor et al., 1975 ; Vasquez et al., 1982).
Acide	Acide citrique	1.2	0.006	L'acide citrique est largement répandu dans les aliments courants, notamment les fruits. La concentration la plus forte précédemment utilisée était de 0.048M (Desor et al., 1975). Vasquez et ses collaborateurs ont utilisé une concentration de 0.006M d'acide citrique dilué dans de l'eau sucrée (1982).
umami	MSG	1.7	0.009	La teneur en acide glutamique du lait maternel est de 0.17g/L (Agostoni, Carratu, Boniglia, Riva et al., 2000). Beauchamp et ses collaborateurs ont utilisé une concentration de 0.01M (Beauchamp et al., 1998).

Tableau V : Récapitulatif des concentrations des saveurs retrouvées dans les différents biberons. [40]

→ Les personnes concernées

Nous allons nous baser sur deux études faites, la première concerne des nourrissons âgés de 2 à 5 mois, ils ont été recrutés par voie d’affichage dans des lieux fréquentés par des parents. Au total 24 nourrissons, dont 7 âgés de 2 mois, 6 âgés de 3 mois, 6 âgés de 4 mois et 5 âgés de 5 mois. [39]

La deuxième étude concerne des nourrissons âgés de 6 mois et de 12 mois avec 44 enfants âgés de 6 mois (dont 27 filles et 17 garçons) et 60 enfants âgés de 12 mois (dont 33 filles et 27 garçons).

→ La procédure

Une étude faite en 2006 sur la mise en place d’une procédure dans l’étude des préférences gustatives des nourrissons et des jeunes enfants prouve que la méthode « ingestive » semble plus adaptée pour étudier les préférences gustatives de bébés de 2 à 6 mois et que cette méthode permet de différencier les bébés en fonction de leurs préférences pour une saveur. C’est pour cela que cette méthode a été choisie pour cette expérience.

Pour chaque saveur, quatre biberons ont été présentés au nourrisson selon une séquence préétablie (Cf. figure 14) : chaque séquence est constituée de la présentation de quatre biberons durant 45 secondes avec une pause de 15 secondes entre chaque biberon. Les biberons 1 et 4 contiennent de l’eau Evian® et les biberons 2 et 3 contiennent des solutions sapides à température ambiante. Chaque biberon contient un volume déterminé en fonction de l’âge. L’expérience se fait en double aveugle.

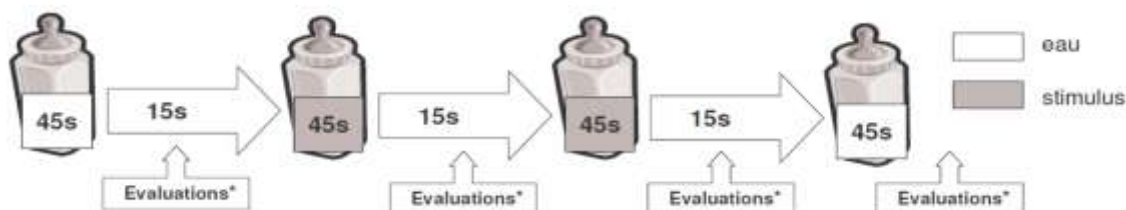


Figure 14 : Procédure d’ingestion : séquence de présentation des différents biberons
[40]

A la fin de chaque séance, le parent et l'expérimentateur ont noté comment le nourrisson a apprécié chaque boisson à l'aide d'une échelle sur 5 points allant de « rejet très marqué », « rejet peu marqué », « neutre », « acceptation peu marquée » à « acceptation très marquée ».

➔ Le goût de l'eau [41]

Cette expérience est basée sur la différence entre la présentation de biberons d'eau et de biberons d'eau + des substances correspondant à différentes saveurs. Il est donc important de préciser si, au départ, l'eau elle-même a un goût.

Il existe 3 grands types de goût d'eau définis selon une étude d'OPALINE:

- Les eaux de faible minéralité, perçues métalliques, souvent amères dont le prototype commercial le plus connu est Volvic®.
- Les eaux de minéralité moyenne, perçues comme neutre et fraîche, dont le navire amiral est Evian®.
- Les eaux de forte minéralité, perçues salées et souvent astringentes, avec Vittel® comme prototype, plutôt que Contrexéville®, afin de rester dans la gamme de minéralité des eaux de robinet.

Il existe plusieurs techniques pour évaluer des caractéristiques. Tout d'abord, les tests de différence qui permettent d'établir si deux produits sont perçus différents lors d'une dégustation comparative à l'aveugle. Appliqués à l'eau, ces tests ont montré qu'il existe des eaux aux goûts franchement différents (Contrexéville® et Volvic®, par exemple) et d'autres beaucoup moins faciles à distinguer (Contrexéville® versus Hépar® ; ou encore, Contrexéville® versus Vittel®). Ensuite, la technique du profil sensoriel permet de décrire les sensations qui diffèrent entre les produits : par exemple, Contrexéville® paraît-elle plus salée que Volvic®, ou Volvic® paraît-elle plus amère.

➔ Résultats

Tout d'abord il existe une variabilité interindividuelle. En effet, les indices d'ingestion (IG) sont différents en fonction de la saveur : les saveurs ne sont pas toutes préférées ou rejetées de la même manière. Par exemple, on remarque par le graphique ci-dessous que l'acide est plus rejeté que le salé, qu'un petit pourcentage de nourrissons accepte l'amer ou le salé alors qu'il est rejeté en général. Les réponses envers l'amer diffèrent nettement plus entre les individus que les réponses envers l'umami qui sont plus semblables. Ainsi nous pouvons conclure que les nourrissons n'ont pas tous les mêmes préférences. [39]

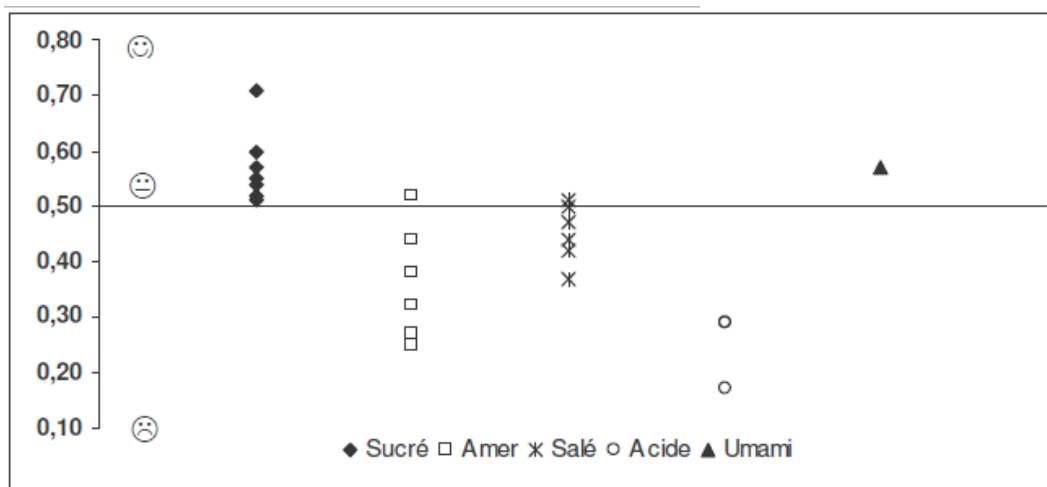


Figure 15 : Indice d'ingestion en fonction des différentes saveurs pour les nourrissons de 2 à 5 mois [39]

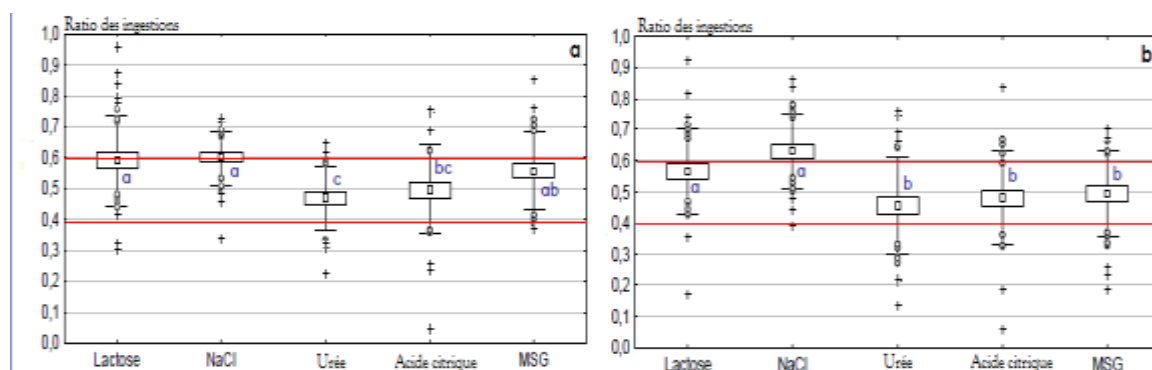


Figure 16 : Indice d'ingestion en fonction des différentes saveurs pour les nourrissons de 6 mois (figure a) et de 12 mois (figure b) [40]

En comparant les IG des différentes tranches d'âge, il apparaît que la saveur salée est de plus en plus acceptée avec l'âge alors que la préférence de la saveur sucrée diminue légèrement (cf. figure 15 et figure 16). L'acceptation de la saveur amère s'améliore légèrement. Il n'y a pas de changement d'acceptation de la saveur acide. La saveur umami semble être moins attractive vers l'âge de 12 mois.

Les réactions des nourrissons restent quand même approximativement semblables à tous les individus. Les comportements et mimiques sont différents en fonction de la saveur ingérée. Il existe un système de codage adapté pour les bébés basé sur la base anatomique du visage (Baby FACS) qui est utilisé pour obtenir des descriptions détaillées et objectives des réponses faciales des bébés filmés à chaque solution.

Des réactions d'appréciation du sucré et de l'umami caractérisées notamment par la détente du visage, léchage des lèvres et une augmentation de la succion...

Des réactions de rejets pour l'amer, le salé et l'acide caractérisées par un pincement de lèvre, une ouverture de la bouche, une dépression du front...

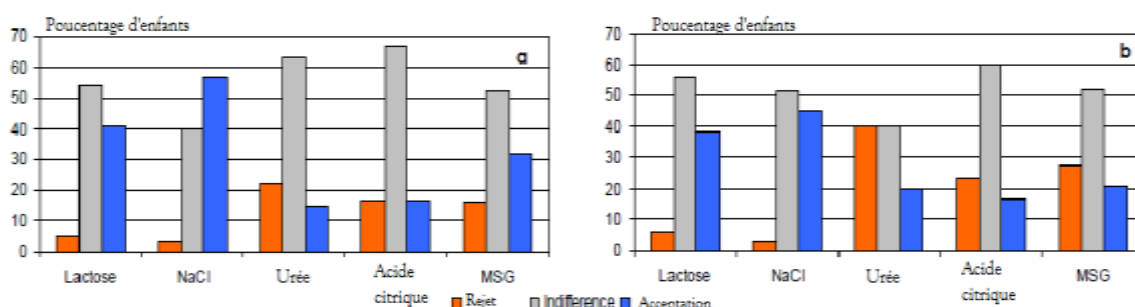


Figure 17 : Pourcentage des rejets, indifférence, ou des acceptations pour chacune des saveurs par les nourrissons (figure a) de 6mois et (figure b) de 12 mois. [40]

Lactose : saveur sucrée

NaCl : Chlorure de Sodium : saveur salée

Urée : saveur amère

Acide citrique : saveur acide

MSG : glutamate monosodique : saveur umami

La saveur sucrée reste autant acceptée à 6 mois qu'à 12 mois. Une augmentation des acceptations pour la saveur salée est visible. Le nombre de rejet de l'urée pour l'amer augmente avec l'âge également. Les réactions face aux solutions acides et umami restent à peu près similaires à l'âge de 6 mois ou 12 mois avec une légère augmentation des rejets. (cf. figure 17)

Les volumes ingérés diffèrent également pour les quatre biberons selon la saveur. Une quantité beaucoup plus importante est ingérée pour le biberon sucré, alors qu'elle est moindre pour la solution acide. La quantité d'eau ingérée lors de la 2^{ème} présentation de la solution amère augmente alors qu'elle diminue lors de la 2^{ème} présentation des solutions salées ou acides pour les nourrissons entre 2 et 5 mois.

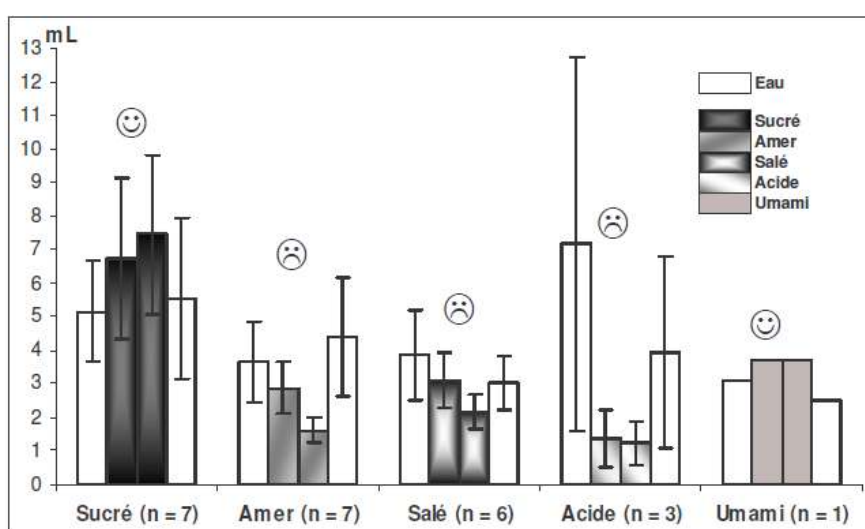


Figure 18 : Moyennes des volumes ingérés par biberon par les nourrissons de 2 à 5 mois [39]

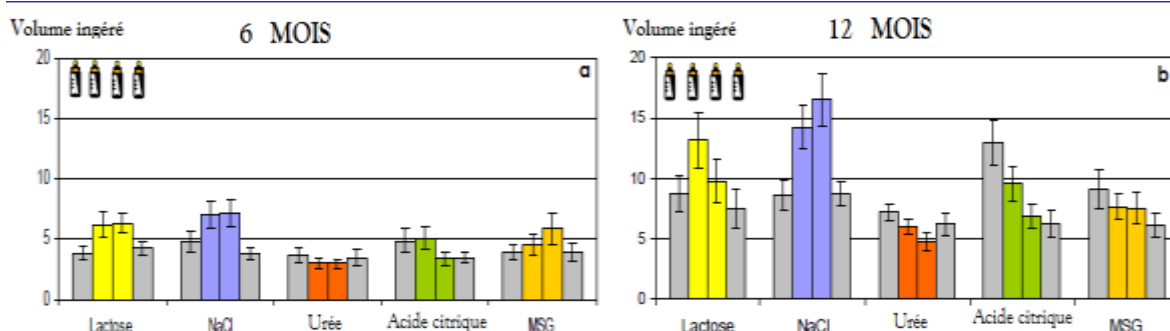


Figure 19 : Moyennes des volumes ingérés par biberon par les nourrissons de 6 mois (figure a) et de 12 mois (figure b) [40]

En comparant les trois schémas représentatifs des volumes ingérés à trois tranches d'âge différentes (Cf. Figure 18 et Figure 19), l'augmentation progressive de l'ingestion des solutions salées est nettement visible, elle égale le volume de la saveur sucrée à 6 mois puis le dépasse à 12 mois. Ceci confirme le résultat précédent.

Une diminution du volume ingéré de la solution sucrée est remarquable. Il n'a pas de changement notable pour le volume ingéré de la solution umami, amère et acide.

➔ Conclusion

Les préférences gustatives du nourrisson varient durant leur première année de vie. L'acceptation de la saveur salée augmente à partir de 5 mois et égale voire dépasse celle du sucré à 12 mois. En revanche, les réactions à l'umami sont relativement neutres et stables. Les saveurs acide et amère à faible concentration sont moins appréciées sans être clairement rejetées au cours de la première année. La solution sucrée reste celle préférée des nourrissons, même si légèrement diminuée à 12 mois. Nous allons voir maintenant l'origine de cette attirance et son évolution.

2.1.2. L'attirance du sucre

La préférence importante que les enfants ont par rapport au goût sucré des aliments et des boissons est universelle et évidente dans le monde entier. Il est possible que le goût pour le sucré au cours du développement peut avoir assuré l'acceptation de goût sucré des aliments tels que les fruits qui sont riches en énergie, les minéraux et vitamines. D'ailleurs, des recherches ont suggéré que le goût pour les sucreries peut aussi avoir des propriétés dans la réduction de la douleur. [44]

La préférence pour le goût sucré observée à la naissance s'estompe relativement dans la petite enfance, mais reste forte dans l'enfance et l'adolescence, puis elle diminue à l'âge adulte. Dès la petite enfance, des expériences répétées avec des aliments sucrés renforcent leur attractivité. Le contexte affectif de la consommation des aliments sucrés peut moduler

l'effet des expositions: les pratiques parentales visant soit à contrôler la consommation d'aliments sucrés, soit à les offrir en récompense d'un « bon » comportement renforcent ces préférences. Par ailleurs, l'appréciation du goût sucré pourrait varier en fonction du patrimoine génétique, mais le degré d'appréciation du goût sucré n'a pas encore été relié avec des protéines connues. L'omniprésence d'aliments sucrés dans nos sociétés pourrait entraîner une évolution dans l'attrait qu'ils suscitent, et dans le patrimoine génétique humain. [43]

2.1.2.1. Origine génétique de l'attirance du sucre

Nous avons vu que dès le stade fœtal, l'enfant a déjà une attirance pour la saveur sucrée. Le nourrisson apprécie toujours, comme le nouveau-né, plus les solutions sucrées ; mais cette appréciation s'atténue lors de la 1^{ère} année de vie.

À la différence des autres saveurs (amère, acide, salée), la saveur du sucre est appréciée par le nouveau-né. Notre perception et notre préférence pour les sucres sont l'héritage de notre passé de primate frugivore, cette attirance est retrouvée dans toutes les cultures et dans différentes espèces animales (rongeurs, primates ...). [31]

Chez les espèces de primates non humains des signaux ont été enregistrés sur les fibres du nerf des signaux correspondant aux substances bénéfiques : celles des sucres, et d'autre part, les signaux provoqués par des substances susceptibles d'être défavorables, par effet toxique (des tannins et des alcaloïdes). Ces deux ensembles se distinguent clairement de tous les autres stimuli gustatifs. [45]

Les observations des nourrissons face aux réponses positives des stimuli gustatifs permettent de confirmer le comportement inné et universel pour l'acceptation des saveurs sucrées.

Rappelons que l'humain possède des récepteurs codés par des gènes de la famille TAS1R. Les molécules sucrées sont détectées par une association de deux récepteurs à 7 domaines transmembranaires couplés à une protéine G qui agissent en dimères : TAS1R2 et TAS1R3.

Dans l'état actuel des connaissances, il est intéressant de noter que l'ensemble des molécules sucrées (naturelles ou de synthèse) est détecté par ce récepteur dimérique. Cependant, la relation entre les différentes variantes de ces gènes et le comportement n'est pas claire. Chez l'humain, l'important polymorphisme du gène TAS1R2 rend difficile la mise en évidence de cette relation. Des variations génétiques dues au SNP (single-nucleotide polymorphism) d'un des deux récepteurs (T1R2 ou T1R3) pourraient conduire à des perceptions variables d'un individu à l'autre. Ces variations génétiques ont été étudiées chez les rongeurs. Chez l'homme, il a été identifié plus de variations génétiques pour le récepteur T1R2 que pour les récepteurs T1R1 ou T1R3, mais leurs conséquences fonctionnelles (sur des variations de détection ou de préférence) ne sont pas encore bien établies. Si le nouveau-né préfère toujours les solutions sucrées à l'eau, l'expérience modifie l'acceptation des saveurs sucrées dès l'âge de 6 mois et les individus adultes présentent un large spectre de réponses individuelles. [46]

Toutefois une étude récente de relations familiales a montré que les préférences pour les saveurs sucrées pouvaient être partiellement héritées et que des variantes alléliques au niveau du chromosome 16p11.2 jouent un rôle dans la consommation d'aliments sucrés, mais cette zone n'est pas associée à des protéines de fonctions connues. De récentes recherches montrent que la plupart des récepteurs gustatifs, présents par définition sur la langue, sont également présents à la surface des cellules épithéliales intestinales et peuvent ainsi permettre la régulation de l'absorption intestinale des nutriments. La présence accrue du goût sucré dans notre alimentation pourrait également favoriser une évolution génétique. [44]

2.1.2.2. Sucre et antalgie [47] [48]

Cette appréciation est appliquée en pédiatrie, car des solutions sucrées réduisent les pleurs des nourrissons lors d'interventions bénignes. L'appréciation de la saveur sucrée est donc utilisée en pratique pour réduire l'intensité des indicateurs de la douleur, tant physiologiques (fréquence cardiaque) que comportementaux (latence et durée des pleurs, mimiques faciales) lors de certaines interventions.

Par exemple, lors d'une prise de sang, l'administration de saccharose diminue légèrement l'intensité de la douleur, la diminution est optimale si l'administration est effectuée deux minutes avant la piqûre pour une durée de cinq minutes. Si cette ingestion est accompagnée de la succion d'une tétine, alors son effet analgésique est renforcé. Cet effet peut être dû au fait que le goût sucré provoque une réponse immédiate et de courte durée d'action qui calme le nouveau-né pleurant. La seconde passe par la production d'endorphines lors de la stimulation des récepteurs opioïdes sur la langue. En raison de la présence des récepteurs opioïde sur la langue, l'effet n'est possible que par l'administration orale et non pas par instillation gastrique directement dans l'estomac. Une stimulation orale avec de l'aspartame est également efficace.

La tolérance n'est pas notable : l'application de sucre répétée trois jours de suite produit toujours l'effet analgésique : l'organisme ne s'adapte pas à cet effet.

Cet effet est de courte durée d'action, c'est pour cela qu'il doit être utilisé pour gérer la douleur procédurale pour les nouveaux-nés : piqure au talon, canulation et ponction veineuse, insertion d'un tube nasal ou oral, injection intramusculaire, sondage urinaire, suture, ponction lombaire, immuno-stimulations ou encore changements de pansements.

Il semble y avoir un effet optimal pendant le premier mois de vie, mais le saccharose peut aussi avoir des actions analgésiques jusqu'à 18 mois.

Les études ont conclu que le saccharose était une manière sûre et efficace pour réduire la douleur chez les nouveaux-nés. Toutefois, les auteurs affirment que des recherches supplémentaires sont nécessaires sur le sujet en ce qui concerne la dose la plus efficace.

2.1.2.3. Expérimentation de l'appréciation du sucre [44]

Le cas du goût sucré a été le plus étudié des saveurs, du fait de cette attirance aussi précoce. Cependant, cette attirance n'est pas vraie pour tous les nourrissons, pendant les deux premières années. La réponse à une stimulation sucrée peut aussi montrer une indifférence. En moyenne, les solutions plus concentrées sont quand même préférées aux autres.

Pendant des millénaires, l'homme a évolué dans un environnement où les sources de sucre étaient rares. Depuis à peine plus d'un siècle, son appétit naturel pour les aliments sucrés a été de mieux en mieux satisfait grâce à la culture de la canne et de la betterave à sucre. L'attraction pour le sucre a conduit à l'élaboration d'édulcorants au puissant goût sucré, mais moins énergétiques que les sucres naturels. L'impact de la présence de ces ingrédients dans de nombreux aliments ou boissons sur un renforcement éventuel de l'appréciation du goût sucré n'est pas documenté à ce jour.

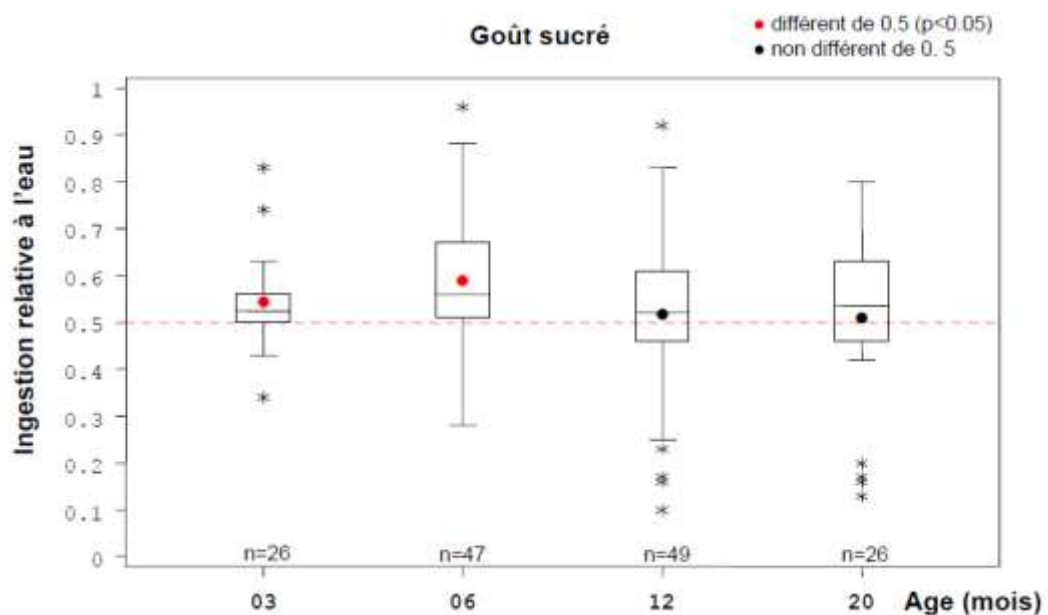


Figure 20 : Evolution de l'appréciation de la saveur sucrée chez l'enfant de 3 à 20 mois [51]

Comme nous l'avons vu précédemment il existe une préférence innée pour l'eau sucrée (par rapport à l'eau non sucrée). Cette affirmation est vraie jusqu'à l'âge de 6 mois, âge à partir duquel cette préférence diminue pour égaler voire dépasser celle du salé.

Cette préférence est toujours vraie chez le nourrisson qui a reçu de l'eau sucrée pendant les six premiers mois, alors qu'elle diminue chez celui qui n'en a pas reçu. Cet effet est encore perceptible à 24 mois (cf. figure 20). Il n'est pas étendu à d'autres boissons : tous les enfants de 24 mois, qu'ils aient été exposés ou non à de l'eau sucrée, préfèrent un jus de fruits sucré au même jus non sucré. A l'inverse, une exposition de 3 mois à des « petits pots » moins sucrés que les versions habituelles n'a pas modifié l'attrait pour le sucré d'enfants de 7 mois. Enfin, les enfants de 4 à 7 ans dont les mères sucent régulièrement les plats préfèrent les jus de pomme et les céréales plus sucrées. L'appréciation du goût sucré est ancrée dans l'enfance ; or, elle varie d'un enfant à l'autre, tout comme elle varie d'un adulte à l'autre. Les variations de préférences peuvent traduire une différence de détection de l'intensité des aliments sucrés ou une réactivité variée. Les progrès récents de la biologie moléculaire permettent de comprendre le mécanisme de détection du sucre.

Pour savoir si ce phénomène d'exposition répétée au sucre influence nos préférences à tous les âges, une étude [49] a été faite par exposition répétée à des orangeades avec un ajout de saccharose et différentes concentrations d'acide citrique pour des enfants de 6 à 11 ans et des jeunes adultes.

Pendant 8 jours, 59 enfants et 46 jeunes adultes ont reçu, chaque jour, soit une orangeade avec un goût sucré, avec un goût acide ou sans orangeade pour le témoin. Les préférences ont été mesurées avant et après l'intervention, grâce à une série d'orangeades et de yaourts, qui contenaient différentes concentrations de saccharose et d'acide.

Les premiers résultats montrent que les orangeades sucrées et acides qui ont été consommées lors de l'expérience ont été préférées au témoin. Après 8 jours d'exposition à l'orangeade sucrée, les préférences des enfants pour cette orangeade ont significativement augmenté. Une tendance similaire a été observée pour le yaourt sucré. Après 8 jours d'exposition à l'orangeade acide, il n'y a pas d'effet significatif sur la préférence pour cette orangeade des enfants. Les préférences gustatives des adultes n'ont pas changé après l'intervention. Le groupe témoin d'enfants et d'adultes n'a pas montré de changement dans les préférences pour le sucré et l'acide.

En conclusion, cette étude montre que, après une exposition de 8 jours répétée à l'orangeade avec une forte concentration de saccharose durant l'enfance, les préférences des enfants pour cette orangeade augmentent de façon significative. Une tendance similaire a été observée pour le yaourt avec une forte concentration de saccharose. Les préférences gustatives des adultes n'ont pas changé après une exposition répétée de 8 jours d'orangeade sucrée ou acide. Cependant, après une exposition répétée d'une orangeade très sucrée, les adultes ont diminué leur consommation pour cette orangeade. Ainsi pour les enfants de 8 à 11 ans, une exposition répétée à l'orangeade sucrée aurait tendance à entraîner une augmentation de la consommation de l'orangeade au goût sucré, alors qu'elle a tendance à faire diminuer la consommation de cette orangeade chez les jeunes adultes.

2.1.3. Préférences hédoniques du nourrisson

Comme vu précédemment, l'odorat est certainement actif dès la 28ème semaine post-conceptionnelle, dans la mesure où le nouveau-né reconnaît les odeurs et arômes présents dans le liquide amniotique. C'est surtout lors de l'allaitement que le nourrisson rencontre différents arômes avec lesquels il se familiarise via le lait de la maman. En effet, les nourrissons allaités au sein sont exposés à une plus grande diversité d'arômes que les nourrissons nourris au biberon. Ces différentes expériences olfactives contribuent à des apprentissages alimentaires différents, les expériences olfactives étant une autre dimension sensorielle façonnant les apprentissages alimentaires. [31]

Une étude a été faite [50] sur la réactivité de l'enfant face aux odeurs des aliments, à différents âges : 8, 13 et 22 mois. Elle consiste à présenter quatre odeurs plutôt agréables pour un adulte (vanille, fruits...) et quatre odeurs plutôt désagréables (poisson, ail...). Ces odeurs sont présentées sous forme de triplets de stimulations avec une odeur agréable, une odeur désagréable et une odeur neutre qui sert de « contrôle ».

Pour faire l'analyse et la quantification des comportements des enfants, les odeurs étaient présentées dans des biberons sans tétine que les enfants pouvaient manipuler. Pour évaluer l'appréciation de chaque odeur, la durée de mise en bouche de l'anneau de chaque

biberon a été mesurée. La réactivité globale de l'enfant a été évaluée, c'est-à-dire la variation de ses réactions d'une odeur à l'autre (Cf. Figure 21).

Trois groupes ont été constitués pour l'examen en fonction de l'indice de réactivité olfactive : les hypo-réactifs, les normo-réactifs et les hyper-réactifs, les scores moyens des quatre dimensions du caractère difficile à nourrir (néophobie, sélectivité, appétit et intérêt) ont été mesurés.

Il apparaît ainsi que les dimensions néophobes, sélectivité et intérêt pour la nourriture varient en fonction de la réactivité olfactive de l'enfant. Les enfants ayant une réactivité olfactive située sur les extrêmes (hypo-réactifs ou hyper-réactifs) sont les plus néophobes, les plus sélectifs et présentent le moins d'intérêt pour l'alimentation. Il est intéressant de remarquer que le tempérament général de l'enfant n'est pas lié à son caractère difficile à nourrir. Cela souligne la spécificité du comportement alimentaire par rapport à d'autres comportements. De plus, ces résultats tendent à confirmer l'hypothèse sensorielle des rejets alimentaires.



Figure 21 : Réactions des nourrissons (de gauche à droite : l'attirance, l'indifférence et le dégoût) face à différents arômes [51]

Sur l'image de gauche, un biberon contenant une odeur agréable est présenté au nourrisson, celui-ci porte la tétine du biberon dans sa bouche : l'attirance olfactive est élevée. Sur l'image du milieu, un biberon contenant une odeur neutre est présenté au nourrisson : il le porte dans sa bouche mais pas à l'emplacement de la tétine, hypothétiquement plus par réflexe que par attirance olfactive. Enfin, sur l'image de droite, un biberon contenant une odeur désagréable est présenté au nourrisson, celui-ci montre un faciès de dégoût et repousse le biberon.

2.2. Les préférences gustatives chez le nourrisson et l'enfant

Nous avons vu jusqu'à présent que l'être humain est capable de détecter plusieurs saveurs grâce à un développement précoce du système gustatif. C'est ce goût qui induit les préférences gustatives du nourrisson, de l'enfant et de l'adulte. Ces préférences évoluent surtout lors des deux premières années notamment grâce au fait que l'enfant connaît des évolutions majeures au niveau de son alimentation, passant d'une alimentation ombilicale sans exposition buccale directe aux nutriments, à une alimentation lactée induisant une exposition au lait, aliment relativement peu varié d'un point de vue sensoriel, à la diversification alimentaire ; c'est-à-dire l'introduction progressive d'une alimentation diversifiée. Celle-ci permet à l'enfant de découvrir des aliments dans toutes leurs dimensions sensorielles (goût, odeur, texture) et accéder à une alimentation directement semblable à celle de l'adulte, aux environs de trois ans. Alors que ces préférences sont exclusivement portées sur les aliments les plus enrichissants au départ, elles évoluent vers la notion de plaisir, par l'intermédiaire des stimulations sensorielles : les saveurs bien sûr mais aussi les arômes, la texture et la température des aliments ressentis lors de la consommation d'un aliment. D'autres éléments sont importants à prendre en compte dans la notion de préférences gustatives interindividuelles : la variabilité génétique avec le gène PROP par exemple, comme vu précédemment ou la composition de la salive. [50].

A partir de l'âge de 3 ans, il apparaît un phénomène de « néophobie », c'est-à-dire la peur de tout ce qui est nouveau ou inconnu soit ici, la peur de goûter aux aliments nouveaux lors de la diversification alimentaire du nourrisson, autrement dit l'introduction d'une alimentation diversifiée.

Nous verrons donc différents éléments qui influencent nos préférences gustatives telles que la composition de la salive, la texture des aliments, la présentation des plats, les arômes des aliments ou encore des phénomènes plus précis comme la préférence du sel chez l'enfant d'une femme enceinte émetisante. Puis nous développerons le phénomène de néophobie.

2.2.1. Les éléments qui influencent nos préférences gustatives

2.2.1.1. La salive et le goût

Le film salivaire tapisse les surfaces orales (dents, langues, joues...) ; il est constitué de protéines salivaires spécifiques. Il permet essentiellement de lubrifier les surfaces afin de les protéger. Cependant, il semble que la composition et la structure (intégrité, épaisseur ou densité) de ce film salivaire peut moduler les perceptions gustatives et jouer ainsi un rôle dans la perception de l'aliment en bouche [53]. En effet, dans le processus initial de la perception du goût, la salive agit comme un solvant pour les substances sapides : l'eau dissout les substances salivaires, celles-ci diffusent aux sites récepteurs du goût. Au cours de ce processus, certains composants salivaires, interagissent chimiquement avec les substances gustatives. Par exemple, des solutions tampons salivaires comme les ions bicarbonates diminuent la concentration d'ions hydrogènes libres (goût amer). Ainsi certaines protéines salivaires peuvent se lier avec des substances amères. Il existe un autre effet de la salive sur le goût : certains constituants de la salive peuvent stimuler des récepteurs du goût en permanence : ce qui entraîne une altération de la sensibilité gustative. Par exemple, le seuil de détection du salé est légèrement au-dessus des concentrations de sodium salivaires avec lesquelles le récepteur du goût est continuellement stimulé. [55]

Il existe une variabilité interindividuelle pour la sensibilité du goût amer. Nous avons vu précédemment que les gènes tenaient un rôle important dans cette variabilité, mais la composition de la salive semble également participer à ces variations. Pour étudier l'implication de la composition de la salive dans le rôle de la sensibilité gustative pour l'amer, une étude a été faite sur deux groupes de sujets : soit hypo-sensibles (ou non-goûteurs), soit hyper-sensibles (ou super-goûteurs). Ils ont été sélectionnés sur la base de leurs seuils de détection pour la caféine, et leurs compositions en protéines dans leur salive ont été comparées. La première observation est que les profils électrophorétiques salivaires sont significativement différents entre les sujets hypo-sensibles et hyper-sensibles. La salive des sujets hyper-sensibles contenait des niveaux élevés de fragments d'amylase, d'immunoglobuline, et d'albumine sérique et / ou de fragments de sérum albumine. La salive des sujets hyper-sensibles contenait également des niveaux inférieurs de cystatine et d'un

inhibiteur de la protéase. Les résultats suggèrent que la protéolyse exercée au sein de la cavité buccale est un facteur important associé à des récepteurs de la sensibilité au goût amer de la caféine. [54]

L'étude OPALINE a étudié la composition de la salive des nourrissons de trois et six mois suivis régulièrement afin de décrire son changement en peptides. Les données sur l'éruption des dents et de l'alimentation à l'âge de 6 mois ont également été enregistrées. La composition peptidique est significativement différente entre les deux âges. Cette composition est affectée par l'éruption des dents et l'introduction d'aliments solides, avec un effet plus prononcé pour l'introduction d'aliments solides. Les différences sont au niveau de la composition des fragments de protéines riches en proline, de statine et d'histamine. Après avoir comparé les compositions salivaires des nourrissons et des adultes, nous remarquons qu'elles sont quantitativement comparables et que l'âge et l'alimentation sont des modulateurs de peptides salivaires chez le nourrisson. Vingt-six peptides issus de six protéines sont plus présents à l'âge de 6 mois par rapport à l'âge de trois mois. En règle générale, cela peut correspondre à deux événements, seuls ou en combinaison : soit que les protéines elles-mêmes sont surexprimées dans la salive des nourrissons âgés de 6 mois, soit que les clivages sont renforcés avec l'âge en raison de la surexpression ou la maturation des enzymes protéolytiques. [56]

Une autre étude a été faite sur le lien entre la composition salivaire et la perception et la préférence au goût du gras. Pour cela la salive de plusieurs sujets a été recueillie dans la matinée (pour l'obtention d'une salive non-stimulée) et dans l'après-midi (pour l'obtention d'une salive stimulée) à trois reprises à quatre mois d'intervalle. Avec ces échantillons ; l'écoulement salivaire, la concentration protéique, la lipolyse, la protéolyse, l'amilolyse, l'activité du lysozyme, l'état antioxydant et les concentrations d'acide urique ont été mesurés, en parallèle de la mesure des préférences et de la perception du goût du gras. Cette étude montre que, pour la plupart des caractéristiques mesurées, la variabilité intra-individuelle de la composition salivaire était plus petite que la variabilité interindividuelle, avec une remarquable stabilité au fil du temps (8 mois) en termes de flux, de lipolyse, de protéolyse et du statut antioxydant total. Des relations, entre certaines de ces caractéristiques (lipolyse, débit), la perception et la préférence du goût du gras ont été montrées, montrant que la

composition de la salive peut jouer un rôle important dans la perception la préférence du goût du gras. [57]

2.2.1.2. Le rôle de la texture des aliments dans le goût

Au début de la diversification alimentaire, la texture joue un rôle important dans l'acceptation des aliments en raison des capacités limitées de mastication des nourrissons.

L'acceptation des différentes textures dépend surtout du développement oro-moteur (cf. Tableau VI). Ainsi, les enfants de 6 à 12 mois acceptent moins les textures plus difficiles à la mastication, alors que les enfants de 13 à 22 mois semblent plus à l'aise et acceptent davantage ces mêmes textures. En effet, pendant la période de 6 à 18 mois, les enfants passent progressivement d'un régime constitué principalement d'aliments liquides ou en purée à une alimentation contenant des aliments morcelés ou suffisamment solides pour qu'ils puissent les manger avec les doigts (biscuits, morceaux de fruits). À 6 mois, seulement 5 % des enfants consomment des aliments en morceaux, alors qu'à 18 mois ils le font presque tous. À 6 mois, tous les enfants consomment de la purée, alors qu'à 18 mois seulement 55 % d'entre eux en prennent encore. L'acquisition progressive de l'indépendance motrice influence nettement les préférences texturales des enfants. Ainsi, à partir de 12 mois environ, ils commencent à favoriser les aliments qu'ils peuvent manipuler tout seul. Une progression croissante de la granulométrie (purée, puis morceaux, puis dés) et de la complexité des textures facilitent l'acceptation de l'ensemble de celles-ci. Par exemple, des enfants exposés à une plus grande variété texturale consomment ensuite davantage de carottes émincées. En définitive, l'expérience avec des textures et des aliments différents facilite l'acceptation de textures plus complexes. [58]

Âge de l'enfant	Types et consistance des aliments	Capacités acquises et appétit
0-2 mois maternel	Lait/formule	Tête: bon rythme/soutenu Appétit: se réveille/ pleure pour être nourri
3-6 mois	Purées	Mord bien/réflexe de succion Nourri à la cuillère (saveurs, textures) Appétit: recherche nourriture, pleure pour manger
7-10 mois	Grumeaux/ mixé	Latéralisation des aliments en fonction des dents Mâchouille/mouvements de la bouche Commence à boire à la tasse
11-15 mois	Morceaux hachés fin	Langue essuie les aliments sur les lèvres Latéralisation de la langue Aime une variété de morceaux Mange avec les doigts Demande les aliments par leur nom
16-24 mois et plus	Nourriture de table	Mouvement de mastication évolué Mange seul Boit à la tasse Aime tous types d'aliments Excellent appétit

Tableau VI : Capacité d'alimentation acquise par l'enfant en fonction de l'âge. [59]

Une étude a été portée sur les préférences de texture alimentaire de nourrissons de douze mois et sur les facteurs qui jouent un rôle important dans l'élaboration de ces préférences. Pour cela ils ont exposé des nourrissons à des carottes cuites préparées en deux textures différentes; en purée et hachée. L'apport moyen pour la purée et les carottes hachées était de $70,9 \pm 49,1$ grammes et $24,6 \pm 28$ grammes respectivement (cf. tableau VII). La préférence pour les carottes en purée est significativement supérieure à celle des carottes hachées : la durée d'alimentation est plus rapide, la quantité ingérée plus grande et le nombre de cuillères ingérées plus important pour la texture purée. Cependant, une grande variabilité de la consommation de carottes hachées a été trouvée chez les nourrissons. Une analyse a montré que la familiarité avec des textures différentes, surtout avec les aliments hachés, est le

meilleur prédicteur de la consommation et de la préférence des carottes hachées. Aussi, les nourrissons ayant connue une grande variété alimentaire, ayant plus de dents et une plus grande volonté d'essayer de nouveaux aliments étaient plus susceptibles de consommer davantage de carottes hachées. [60]

Variabilité	Carottes en purée	Carottes hachées
Temps d'alimentation (en minutes)	6.5	8.2
Préférence (point de vue de la mère)	6.7	5.4
(notation de 1=n'aime pas du tout à 9=aime)		
Quantité ingérée (en grammes)	70.9	24.6
Nombre de cuillères ingérées	15.9	10.9
Nombre de cuillères refusées	4.4	4.1

Tableau VII : Comportements alimentaires des nourrissons face à deux textures différentes [60]

Les fonctions orales motrices étant limitées pour l'enfant, la texture est donc l'une des propriétés des aliments qui demande le plus d'adaptation pour l'acceptation des aliments. Même chez les enfants plus âgés, il est émis l'hypothèse que les enfants préfèrent les textures qu'ils sont en mesure de manger avec facilité. Une proportion importante des nourrissons a des difficultés avec des aliments contenant des morceaux. Ces difficultés ne doivent cependant pas être interprétées par les parents comme une raison pour retarder l'introduction des aliments solides. Une introduction tardive est, en effet, associée à d'autres problèmes d'acceptation de textures. Chez les enfants sains, l'expérimentation avec de nouvelles textures

et variées au début du développement est associée à des refus alimentaires moindre et une meilleure acceptation des aliments lors de la diversification. L'introduction d'aliments grumeleux, avant l'âge de 6 mois, a été associée à des refus alimentaires, alors que ce phénomène n'est plus vrai à l'âge de 7 mois, et une consommation plus élevée d'un certain nombre de fruits et légumes. [61]

2.2.1.3. L'importance de la vision et de l'odeur pour les préférences gustatives chez l'enfant

Nous avons vu jusqu'ici que le goût était beaucoup lié au sens de l'odorat par le phénomène de rétro-olfaction. L'étude suivante sur les préférences gustatives des enfants de 2 à 3 ans, nous montre l'importance de ce sens mais aussi d'un autre sens qui semble avoir un impact sur les préférences gustatives des enfants : la vue.

L'odorat entre dans 90 % des cas dans la perception du goût. En effet, il intervient à deux niveaux : les arômes sont des molécules olfactives volatiles d'abord perçues par le nez puis lors de la mastication de l'aliment. Par exemple, le fumet d'un plat atteint en premier directement le fond des narines par l'épithélium olfactif, c'est-à-dire le tissu où se trouvent les récepteurs de l'odorat ; ce qui peut suffire à éveiller notre appétit. Puis par l'augmentation de température lorsqu'il est dans la bouche, de nouvelles molécules volatiles sont libérées et parviennent à leur tour aux récepteurs de l'odorat, mais cette fois par rétro-olfaction. [62]

L'étude suivante comporte deux phases expérimentales qui visent les effets d'alliesthésie (jugement que chaque individu porte sur un aliment, à partir des qualités gustatives mais aussi de son apparence et de l'ensemble de ses caractéristiques). L'expérience se déroule avec un groupe d'enfants dans la salle habituelle de la prise de repas des enfants par un temps clair et ensoleillé pour une meilleure sensibilité gustative. L'expérimentateur présente plusieurs séries de boîtes aux enfants. Lors de la première série, les boîtes sont opaques et perforées, l'une contient un aliment préféré, l'autre un aliment rejeté et la dernière rien. L'enfant doit choisir la boîte qu'il préfère après l'avoir regardée et sentie. Lors de la deuxième série, les boîtes sont transparentes et non perforées contenant des aliments coupés en morceaux comme il a l'habitude de les manger: l'enfant peut voir mais pas sentir. Enfin, lors de la troisième étape, les boîtes sont opaques et non perforées contenant des aliments

broyés. Les résultats de la première expérience sont très significatifs : les boîtes sélectionnées sont celles préférées par le goût : en effet, les enfants, et notamment les filles accordent une grande importance aux saveurs des aliments. La vision, quant à elle semble être plus importante chez les garçons mais moins significative que l'odorat. [63]

Nous avons vu que l'odorat et le goût sont étroitement liés, mais ce phénomène ne semble pas être dû à nos sens directement mais plutôt être un phénomène centralisé. En effet, lorsque nous imaginons une odeur, cela peut susciter les mêmes effets que les odeurs perçues lors de la perception du goût. Par exemple, si nous prenons comme exhausteur de goût le saccharose (le saccharose étant inodore), et que nous l'associons à une substance odorante de fraise ou de jambon, on remarque que la détection de saccharose est significativement meilleure lorsque les sujets sentent la fraise plutôt que le jambon. Nous retrouvons, en parallèle, un résultat identique lorsque les sujets imaginent seulement l'odeur. Ainsi, nous pouvons donc conclure que l'effet des odeurs sur la perception du goût est tout compte fait influencée directement par notre cerveau et non par l'odorat en lui-même. [64]

La température joue également un rôle important dans l'influence des préférences gustatives. En effet, lorsqu'un aliment est chauffé, il libère plus de composants volatils, et les odeurs sont plus intenses. Or la libération d'arômes provoque une augmentation de l'appétit avec une augmentation de la sécrétion de salive.

Le visuel des assiettes et des aliments est très important pour les enfants : c'est leur première approche lors de la présentation d'un nouveau plat ou d'un plat connu. L'enfant va donc dès cet instant se faire un a priori sur sa préférence pour ce plat ou son rejet. Les couleurs, les formes et les tailles jouent un rôle essentiel ; les enfants sont attirés par les plats colorés et par les formes familières : les entreprises alimentaires l'ont d'ailleurs bien compris et fabriquent de plus en plus de mets prenant la forme d'étoile ou de bateau par exemple.

Une étude a examiné les préférences des enfants pour deux produits visuellement différents : un yaourt et un smoothie [65], utilisant une disposition conjointe. Pour cela, les examinateurs ont présenté aux enfants plusieurs photos de smoothies et de yaourts variant de trois facteurs selon l'apparence alimentaire, chaque facteur est doté de deux niveaux : '0' et '1' :

(1) «Couleur» (lumière rouge '0' / rouge foncé '1')

(2) «fruit visible» (sans '0' / '1')

(3) «La taille des portions» (petite '0' / grand '1').

Trois facteurs d'apparence ont compté pour les enfants : la couleur, les morceaux de fruits visibles, la taille des portions. Les enfants semblent préférer les smoothies rouges vifs sans morceaux et avec des quantités plutôt faibles. Le yaourt a connu les mêmes résultats avec une préférence pour le yaourt le plus coloré, sans morceaux, en quantité raisonnable. Ainsi, les enfants sont plus attirés par les aliments colorés, avec des couleurs attractives, et par des aliments plus faciles à manger, sûrement dû au fait de la peur d'une mastication plus complexe.

Les résultats montrent qu'il existe également des variabilités interindividuelles dépendant de plusieurs critères dont le sexe et l'origine ethnique. En effet, il semble que les filles soient encore plus attirées par les couleurs vives (ici via le smoothie rouge vif) que les garçons ; ceux-ci préfèrent davantage le smoothie rouge foncé que les filles. Du côté ethnique, les enfants nés en Europe (dans l'étude au Danemark) préfèrent les couleurs plus vives et les yaourts ou smoothies avec morceaux par rapport aux autres enfants.

2.2.1.4. Vomissement pendant la grossesse et préférence de l'enfant pour le sel

Nous avons vu qu'après sa préférence innée pour le sucré, le nourrisson est attiré ensuite par le salé, cette préférence peut être modulée par l'expérience et par le comportement de la mère lors de la grossesse. En effet, l'attirance pour le sel est plus élevée chez le nourrisson si sa mère a eu des vomissements en début de grossesse ou des diarrhées intenses ; cette attirance se maintient jusqu'à l'âge adulte et s'accompagne d'une plus forte consommation d'aliments salés. [66]

En effet, des expériences montrent que les nourrissons de 16 semaines manifestent moins de mimiques négatives et consomment plus d'eau salée si leur mère a connu de forts épisodes de vomissements pendant la grossesse, cette attirance est proportionnelle à la sévérité des vomissements (cf. figure 22). [67] Le fait que la mère ait eu des épisodes de vomissements ou de diarrhées entraîne une perte de sodium et donc une hyponatrémie. De la même façon d'ailleurs les traitements à base de diurétiques type Furosémide chez le nouveau-né entraînent une augmentation de la préférence pour la saveur salée. Des adolescents nourris,

quand ils étaient nourrissons, avec un lait pauvre en sodium aiment plus le sel que les autres. Les expériences périnatales ont donc des effets à long terme sur l'appétit pour le sel.

Les études ne montrent pas si cet effet est lié à une altération des récepteurs ou à un changement de l'organisation du système nerveux central pendant la période de maturation, phénomènes dont l'implication est suggérée par des études chez l'animal. Le phénomène de « l'adaptation prédictive » semble être raisonnable pour expliquer de tels phénomènes : un appétit spécifique pour le sel permettrait à l'enfant puis à l'adulte de se prémunir d'un manque en sodium. [68] Ainsi, l'attrance pour le sel dépend du contexte de présentation (lait ou eau). Les enfants légèrement plus âgés (31–60 mois) ingèrent moins de solution salée que d'eau alors que les enfants de deux ans préfèrent des aliments salés à des aliments non salés. Ainsi, le contexte alimentaire intervient également dans l'attrance pour le sel des enfants en bas âge. La préférence pour des aliments salés établie dans la deuxième année se maintient dans la suite de l'enfance et de l'adolescence et se stabilise à l'âge adulte. [66]

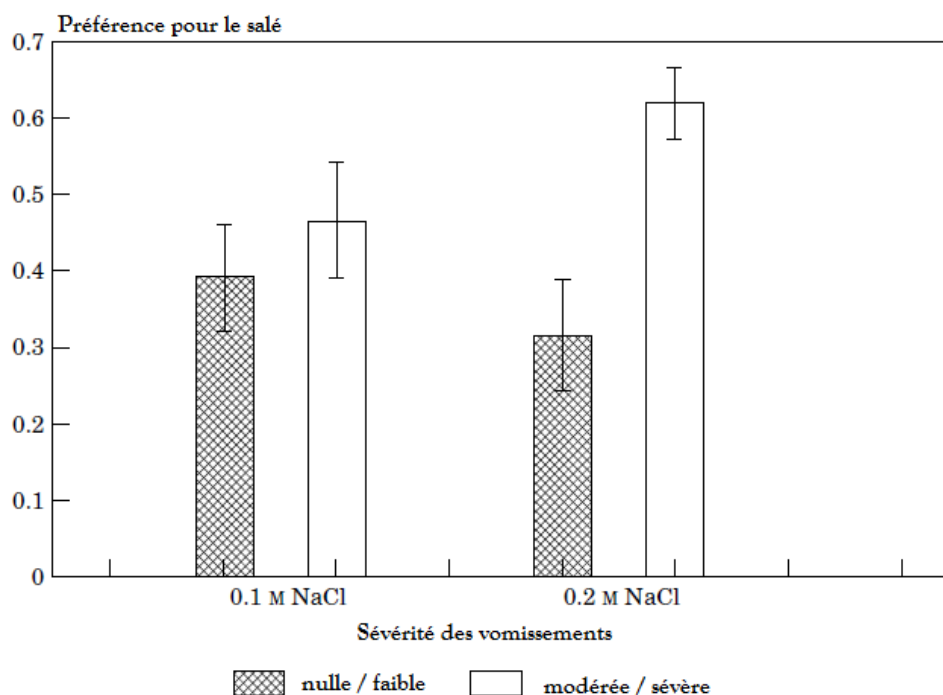


Figure 22 : Préférences pour les solutions salées (ingestion de 0.1M ou 0.2M NaCl par le nourrisson) en fonction de la sévérité des vomissements de la mère – la différence étant significative [67]

2.2.2. La néophobie chez l'enfant

« Sur le plan phylogénétique, la néophobie alimentaire a longtemps présenté un caractère adaptatif : elle protégeait de l'empoisonnement nos ancêtres découvrant leurs aliments dans un environnement potentiellement hostile. De nos jours, elle garderait cette valeur chez l'enfant mis en présence de produits dangereux, tels que certaines substances végétales ou des produits ménagers toxiques. Cependant, elle induit une diminution de la variété du répertoire de consommation, avec un dégoût particulièrement notable pour la classe des fruits et légumes et celle des viandes. » [69]

2.2.2.1. Qu'est-ce que la néophobie alimentaire ?

La néophobie alimentaire est un phénomène courant et universel : tout omnivore manifeste une méfiance pour ingérer un aliment nouveau et inconnu. La néophobie est particulièrement flagrante chez l'enfant. La période de cette néophobie débute entre deux et trois ans, entre 2 et 10 ans, les trois quarts des enfants refusent de goûter instinctivement les aliments qu'ils ne connaissent pas. La néophobie est donc normale à cet âge. Rare avant 1 an et demi ou 2 ans, elle se manifeste de façon très intense entre 4 et 7 ans : les enfants n'acceptent de goûter un aliment inconnu que s'ils y sont fortement incités. Les données sur son évolution ne sont pas toutes correspondantes. Les recherches réalisées à partir de questionnaires mettent en avant, chez des enfants de deux à douze ans, soit une stabilité des scores de néophobie au cours du temps soit une diminution. Alors que, les études d'observation indiquent toutes une diminution des comportements néophobes avec l'âge sur les enfants de 2 à 5 ans, de 4 à 7 ans et de 5 à 11 ans. Certains chercheurs parlent de la néophobie alimentaire infantile comme d'une période normale du développement comme elle concerne la plupart des enfants. [69]

Certains facteurs influencent le niveau de néophobie, en effet, le sexe, l'éducation et de la zone de vie (urbaine ou rurale) d'un enfant peuvent influencer la néophobie. [70] D'abord, les filles semblent moins néophobiques que les garçons vis-à-vis des aliments : les garçons ont plus tendance à rejeter les opinions des autres et des idées [74]. En ce qui concerne l'éducation ; les enfants avec un niveau supérieur d'éducation sont moins réticents aux

nouvelles saveurs que les autres grâce à l'exposition à différentes cultures via les voyages. En effet, les parents avec un statut économique plus élevé sont eux-mêmes moins néophobes que les parents de niveau social moins élevé, ce qui a une influence sur les enfants. L'influence de l'urbanisation sur la néophobie alimentaire est également importante : une étude a été menée en Finlande [71] qui montre que le niveau de néophobie alimentaire diminue avec l'augmentation du niveau urbain.

2.2.2.2. Les causes de cette néophobie

Beaucoup d'hypothèses peuvent expliquer cette néophobie :

- l'opposition aux parents : avec la phase du “non”, l'enfant entre dans une phase d'opposition afin d'affirmer son identité. Sa néophobie alimentaire ne serait autre qu'une des manifestations de cette opposition.
- la recherche de sécurité par le développement praxique : c'est parce qu'ils doivent porter à leur bouche et introduire dans leur corps seul l'aliment inconnu, sans l'aide de l'adulte, qu'ils se montrent craintifs, afin de se protéger d'une éventuelle intoxication. Cet effet touche tous les omnivores afin de les prémunir contre l'ingestion de produits potentiellement toxiques lors de la découverte de nouveaux aliments. En effet, la réticence envers les légumes peuvent venir du fait que les feuilles et les autres parties de végétaux non fruitiers contiennent souvent des composés toxiques secondaires et les jeunes animaux sont moins capables de détoxifier ces substances chimiques que les adultes, une aversion initiale de légumes peut fonctionner pour protéger les jeunes enfants contre le risque d'intoxication. [72]
- les légumes sont les aliments dont la densité énergétique est la plus faible. Ils possèdent, de ce fait, un pouvoir rassasiant peu durable ; or nous avons vu que le nourrisson avait plus une attirance pour les aliments avec un fort pouvoir énergétique.
- la rigidité perceptive : à cette période de la vie, il existe autant d'aliments nouveaux que de façons de présenter un même produit. De plus, les enfants ont tendance à manger les aliments un par un, plutôt que de les mélanger, d'où une préférence pour les aliments pouvant se consommer facilement et ceux facilement identifiables séparément.

- au niveau sensoriel : certains légumes présentent des qualités sapides peu appréciées des enfants, notamment leur note acide ou amère, toujours difficilement acceptées à cet âge.
- l'aspect visuel : les légumes souffrent de la comparaison avec les produits transformés par l'industrie (packaging, publicité, marque, ...) qui sont de plus en plus nombreux sur le marché.
- On a également montré que les enfants hypergoussus se montrent plus sélectifs et difficiles à table à deux ans que les enfants hypogoussus.

2.2.2.3. La notion de répétabilité

Des recherches sur la répétabilité, ou familiarisation, ont été faites pour savoir si elle pouvait pallier à cette néophobie alimentaire. La majorité des études qui ont cherché à répondre à cette question se sont basées sur le concept d'exposition répétée. L'exposition dans le domaine alimentaire étant définie comme la consommation à plusieurs reprises d'un aliment au départ inconnu. La néophobie peut être amoindrie ou dépassée par apprentissage. Les enfants sont de natures conservatrices pour l'alimentation. En effet, ils ont besoin de reconnaître ce qu'ils mangent. Ainsi, le procédé de familiarisation permet de surmonter le rejet initial. Dans un premier temps, il faut développer le contact entre l'enfant et l'aliment avant que celui-ci ne soit présenté dans l'assiette. L'enfant acceptera plus volontiers de goûter un repas qu'il aura lui-même confectionné : en ayant cueilli ou cuisiné les aliments par exemple. Par l'éducation sensorielle, les sujets peuvent s'acclimater avec les produits initialement inconnus. Elle consiste essentiellement à parler avec l'enfant de ce qu'il mange autrement qu'en termes hédoniques ("j'aime") ou normatifs ("c'est bon pour la santé") ; le laisser s'exprimer sur ses sensations que ce soit avant de mettre en bouche : ses sensations tactiles (lors d'une pression, lors d'une caresse, sur la température), ses sensations olfactives, ses sensations visuelles (état, forme, aspect, couleur) ou lors de la mastication, sur le plaisir que lui procure les aliments en bouche : les saveurs qu'il goûte, les arômes qu'il sent, les sensations tactiles ou thermiques, les sensations auditives... La familiarisation à plus long terme, entraîne une augmentation du goût pour le produit à moins qu'il ne procure un véritable dégoût ou que ses caractéristiques sensorielles soient très éloignées de l'univers familier. [86]

Les enfants sont souvent réticents à ingérer des aliments nouveaux. Au début du sevrage, lors de la première proposition, ils n'ingèrent généralement qu'une petite quantité d'un nouveau légume, la quantité consommée augmentant lors des repas suivants. [58] L'exposition répétée, c'est-à-dire la consommation d'un aliment à plusieurs reprises permet le développement de préférences : en effet, le plaisir ressenti pour un aliment augmente au fur et à mesure des consommations. Ainsi, des enfants de 5-7 mois, consomment à chaque nouvelle exposition une plus grande quantité de purée au départ rejetée, jusqu'à atteindre le niveau de consommation d'une purée appréciée au bout de huit expositions [29]. En effet, plusieurs études ont montré ce phénomène. Une étude par exemple, a été faite sur les pratiques du sevrage en France et en Allemagne ; plus de 80 % des mères ont déclaré qu'entre 5 et 8 mois leur enfant manifestait une aversion ou un refus face à au moins un légume. Parmi les mères rencontrant cette situation, la plupart avouent abandonner après avoir reproposé l'aliment 2-3 fois ; l'aliment refusé était souvent un légume. Si, pendant seize jours, le légume initialement refusé est présenté en alternance avec un légume apprécié, on observe une nette augmentation de la consommation du premier qui, après 7-8 expositions, est autant accepté que le second. Cette étude a été faite à Dijon, elle consistait à inviter les mères à identifier une purée de légumes que leur enfant n'appréciait pas dans les semaines qui suivent le début du sevrage. Les mères ont ensuite été invitées à donner ces légumes un jour sur deux pendant 16 jours, et de donner un légume apprécié comme la purée de carottes, les autres jours. La quantité ingérée et l'acceptation ont été mesurées à chaque repas.

Les résultats donnent quatre groupes distincts (cf. figure 23) :

Le groupe a) représente 67% des résultats obtenus : l'aliment accepté est toujours plus ou moins ingéré en grande quantité (soit entre 150 et 250 grammes environ), alors que l'aliment rejeté connaît une progression linéaire partant quasiment de zéro pour arriver au bout de la huitième exposition à une quantité similaire à l'aliment préféré (soit presque 200 grammes).

Le groupe b) représente 17% des attitudes des enfants : on remarque que ce groupe a une consommation très régulière concernant la quantité ingérée de l'aliment préféré ; l'aliment rejeté connaît une augmentation de consommation plus importante, dès la 4^{ème} exposition les nourrissons ingèrent 150 grammes pour arriver à un plateau à la 7^{ème} exposition au même niveau que l'aliment préféré.

Le groupe c) correspond à 14% des résultats obtenus, l'attitude envers l'aliment préféré est très semblable au groupe b) alors que la consommation de l'aliment rejeté est, au contraire à l'inverse : la quantité acceptée ne commence qu'à partir de la 7^{ème} exposition et n'atteint pas celle de l'aliment préféré.

Quant au groupe d) il ne représente que 2% des résultats : l'aliment n'a jamais été accepté même au bout de huit expositions.

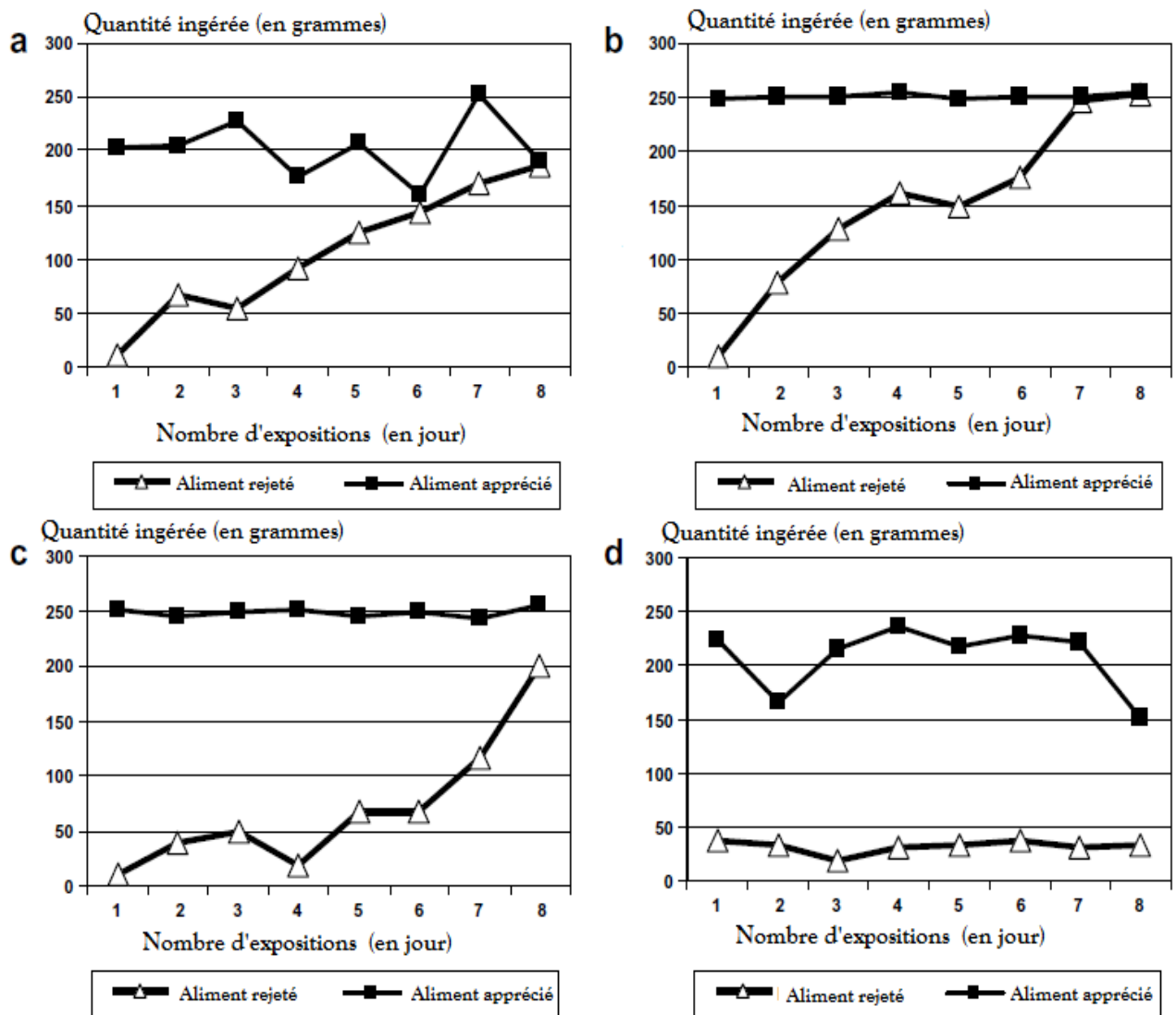


Figure 23 : Schémas des quatre groupes distincts de nourrissons (a), b), c), et d)) représentant la quantité d'aliment ingéré en fonction du nombre d'expositions [73]

. En moyenne, nous avons donc bien un phénomène d'augmentation de l'acceptation des éléments initialement rejetés grâce à la méthode de répétabilité. De plus, les effets d'une exposition répétée semblent être de longue durée : quand les enfants ont été revus neuf mois plus tard, 63% des nourrissons mangeaient et semblaient aimer l'aliment détesté au début de l'expérience, 15% des mères n'ont pas réessayé d'en donner à leur enfant, 12.5% des enfants mangeaient mais n'appréciaient pas particulièrement et seulement 10% refusaient de le manger. [73]

Cependant, malgré l'efficacité des pratiques d'une exposition répétée en terme d'augmentation de l'acceptation des aliments de sevrage, des enquêtes menées dans différents pays à travers le monde soulignent que le plus souvent, les aliments ne sont présentés qu'un nombre de fois limité (dans la majorité des cas moins de 5 fois) avant que les parents décident que le nourrisson n'aime pas sur cette nourriture. Par conséquent, il est probable que les aliments les plus fréquemment donnés sont ceux qui sont le plus aimé initialement. L'effet de l'exposition pourrait donc agir principalement par le renforcement de l'acceptation des aliments initialement appréciés.

De plus, en proposant une récompense à l'enfant s'il accepte de goûter quelques morceaux de légumes, une plus faible augmentation est notée que lors d'une simple exposition à ce légume sans promesse de récompense. Ces résultats montrent que l'exposition seule est suffisante chez les jeunes enfants pour promouvoir l'acceptation des aliments, à condition qu'ils goûtent à la nourriture.

L'exposition répétée peut également mener à une surexposition et à de l'ennui, mais les quantités idéales ou les fréquences d'exposition optimales pour promouvoir l'acceptation des aliments ne sont pas tout à fait connues. Il se peut aussi qu'il existe des variations individuelles dans l'acceptation de répétitions: certains nourrissons pourraient apprécier plus que d'autres à donner la même nourriture à plusieurs reprises. [61]

La plupart de ces études concernent les légumes où nous avons montré qu'il fallait au moins huit expositions avant d'avoir un effet semblable. En dehors d'une diversité interindividuelle, il existe également une diversité intra-individuelle en fonction des aliments. Des recherches ont été faites sur la différence entre la viande et le poisson par exemple [69] : une étude à propos de l'effet de la consommation répétée sur l'appréciation de produits nouveaux à base de viande ou de poisson chez les enfants âgés entre 8 et 11 ans (cf. tableau VIII). Les enfants ont été amenés à manger un morceau de bœuf quatre fois, avec une fréquence bihebdomadaire. Alors qu'un autre groupe d'enfants a été en contact à six expositions d'une mousse de poisson, une fois par semaine. Les résultats indiquent un effet positif de l'exposition au bœuf, alors que l'évaluation d'un aliment contrôle reste constante. Alors qu'aucune évolution n'est observée lors de l'ingestion de mousse de poisson, la différence entre les études est interprétée par différentes caractéristiques des effets d'exposition. Le taux de consommation de bœuf sur l'ensemble des quatre séances de familiarisation atteint 92 %. Tous les enfants ont consommé, au moins lors de trois séances sur les quatre proposées, la totalité de la portion. Au moins la moitié des parts individuelles de la mousse de poisson a été consommée à chacun des huit repas. Ces taux importants de consommation permettent de décrire le bœuf et la mousse de poisson lors du second test comme des produits avec lesquels les enfants se sont familiarisés.

Cette première étude française sur les effets de la consommation répétée sur les préférences alimentaires infantiles apporte des conclusions différents selon les produits. Les résultats obtenus pour un des aliments vont dans le sens de l'hypothèse d'effets positifs de l'exposition sur la préférence. Les scores obtenus sur la mousse de poisson témoignent en revanche d'effets nuls de la consommation répétée : l'appréciation pour la mousse de poisson reste stable après six consommations.

Ces résultats semblent être dus à plusieurs facteurs : la familiarisation initiale (avec les parents qui consomment plus de viande que de poisson dans la plupart des familles), les attributs sensoriels du bœuf (couleur foncée, sensations piquantes, texture fibreuse) sont peu connus des enfants, contrairement à ceux de la mousse de poisson (mousse, poisson, citron). Cela explique une plus grande sensibilité au bœuf à la consommation répétée. L'inefficacité de la procédure de familiarisation pour la mousse de poisson peut s'expliquer par le fait que,

bien que les aliments soient connus, leur association est inhabituelle, ce qui crée une complexité trop importante d'où une dépréciation de ceux-ci.

	Aliments-contrôles		Aliments-tests	
Étude viande	<i>Jambon fumé</i>		<i>Boeuf</i>	
	<i>Prétest</i>	<i>Post-test</i>	<i>Prétest</i>	<i>Post-test</i>
	4,43	4,37	3,09	4,69
Étude poisson	<i>Pâté de foie</i>		<i>Mousse de poisson</i>	
	<i>Prétest</i>	<i>Post-test</i>	<i>Prétest</i>	<i>Post-test</i>
	4,62	4,47	2,35	2,47

Tableau VIII : Etude sur la différence de résultat lors d'une alimentation répétée entre un poisson et une viande [69]

La méthode de « l'exposition répétée » est apparue dans la littérature comme prometteuse pour susciter une diminution des réponses néophobiques chez l'enfant. Les résultats de cette étude montrent que le succès d'une telle pratique est possible mais non systématique. Il est possible que les produits trop fortement rejetés ou consommés dans un contexte social peu chaleureux échappent peut-être aux effets bénéfiques de la familiarisation, et ceci d'autant plus que les individus se montrent plus néophobes.

3. Conseil officinal et gustation : de l'allaitement à la diversification alimentaire

Nous allons maintenant voir quels sont les conseils à donner aux parents pour que leur enfant ait le meilleur développement du goût et une large gamme de préférences gustatives, diminuant ainsi au maximum la néophobie de l'enfant. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, c'est pendant les deux premières années que le goût se développe le plus,

c'est donc à cette période que le comportement des parents est le plus important. En fonction du choix d'allaitement de la mère : maternel, lait de vache, lait de soja ou autres laits spécifiques, l'enfant acceptera différemment les saveurs. Selon les recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) l'allaitement maternel exclusif est conseillé pour les six premiers mois de la vie. En effet, celui-ci confère un grand nombre d'avantages : diminution des infections digestives, apport d'anticorps, rapprochement mère-enfant, adaptation aux besoins nutritifs, métaboliques et immunologiques, croissance de l'enfant plus rapide, diminution du stress de la mère...Etc., il permet également l'augmentation de l'acceptation de différents aliments via la transmission des saveurs du lait maternel à l'enfant lors de l'allaitement. La diversification commence à partir de six mois, il est déconseillé de la commencer à cinq mois (pour des causes allergiques essentiellement). Nous verrons la différence entre les comportements d'enfants nourris au sein et ceux d'enfants nourris au biberon ; ainsi que le comportement le plus adapté lors de la diversification alimentaire pour qu'elle soit la meilleure possible en termes de diversités gustatives.

3.1. L'allaitement : les principaux conseils pour une grande diversité gustative

Durant la première moitié de la première année de la vie, un seul aliment suffit à une nutrition optimale : le lait, maternel de préférence. La plupart des préparations pour nourrissons ont des saveurs similaires, à l'exception des préparations à base de protéines de lait partiellement ou totalement hydrolysées, dont la saveur est particulièrement amère. La saveur d'une alimentation à base de préparation pour nourrissons est généralement monotone alors que les qualités sensorielles du lait maternel peuvent varier. Le lait est en effet composé de nombreux arômes, qui viennent directement des aliments consommés par la mère. En effet, les arômes du lait peuvent différer d'un jour à l'autre et tout au long de la période de lactation. Ces expositions à une variété d'arômes au cours de l'allaitement permettent à l'enfant un large apprentissage de ces nouveaux arômes, ce qui induit plus tard l'appréciation de ces mêmes aliments au début de la diversification alimentaire. Différentes études expérimentales montrent en effet que les enfants nourris au sein apprécient plus facilement les aliments nouveaux au début de la diversification que les enfants nourris aux préparations pour nourrissons. [50]

3.1.1. Allaitement maternel : influence sur l'acceptation des aliments et la perception gustative

L'OMS recommande l'allaitement maternel pendant les six premiers mois de la vie ; or, celui-ci n'est choisi que dans 50,6 % des cas et sa durée moyenne est de deux mois. Il s'agit surtout des femmes de plus de 35 ans, multipares, ayant des antécédents d'allaitement personnel au sein et ayant suivi les cours de préparation à l'accouchement. La poursuite d'une relation mère-enfant et le caractère adapté du lait sont les principales motivations dans ce choix. La crainte des affections mammaires et les contraintes de disponibilité semblent orienter les femmes vers un allaitement artificiel. Cependant, le prix élevé du lait en poudre et l'apparition de troubles digestifs chez l'enfant constituent un facteur limitant. [75]

Le lait maternel est l'aliment idéal : une bonne alimentation de la mère est primordiale pour offrir à son enfant tous les bienfaits nutritionnels dont il a besoin. L'alimentation de la femme qui allaite influe sur la composition et le goût de son lait. Les substances dans le lait maternel transmises de la mère ont des effets durables sur l'enfant. Le lait maternel n'est pas un aliment de saveur invariant ; à l'inverse du lait des autres mammifères, le lait maternel est aromatisé par des composés ingérés tels que l'ail, la menthe ou la vanille et fournit la possibilité d'une riche source d'expériences diverses chimio-sensoriels pour le nourrisson, le cumin, l'anis ou le fenouil donnent généralement un bon goût au lait. Le lait humain porte une variété de saveurs, qui sont transmises par les aliments ingérés par la mère. Par conséquent, les saveurs du lait humain peuvent varier d'un jour à l'autre, et au cours de la lactation. Ces expositions à une alimentation variée fournissent à l'enfant des occasions d'apprendre à aimer de nouvelles saveurs, qui se traduit en outre, sur le moment où l'enfant est exposé à une même saveur avec des aliments solides. [76] [77] Cette expérience sensorielle gustative très variée des bébés allaités au sein permet de mieux les préparer à de nouvelles saveurs lors de la transition aux aliments solides. Ainsi, les enfants qui ont été allaités au sein sont généralement moins pointilleux ou néophobiques que ceux qui ont été nourris au lait maternisé, à l'âge de 7 ans. De plus, ils consomment plus de fruits et légumes avant l'âge de 2 ans et à 6 ans. [78] Ce phénomène de passage des saveurs par le lait peut expliquer en partie les variations entre les différents des aliments considérés comme acceptables en premier par les enfants.

L'effet de la variété de saveurs sur l'augmentation de l'acceptation d'aliments nouveaux est d'autant plus important lorsque cette variété a été présentée entre deux repas et au sein des

repas. [79] Cela souligne que les nourrissons de six mois sont capables de discriminer les saveurs des aliments présentées dans le même repas, et de mémoriser ces saveurs au moins pendant quelques jours.

3.1.1.1. Influence de l'allaitement maternel sur l'acceptation des aliments

Mennella a confirmé que l'exposition, pendant l'allaitement peut influencer sur l'acceptation des aliments à l'étape du sevrage (âge moyen: 5,7 mois). [80] Les femmes enceintes qui avaient l'intention d'allaiter ont été assignées à un des trois groupes: le premier groupe a bu du jus de carotte dans le dernier trimestre de leur grossesse et de l'eau seulement pendant l'allaitement ; le second a bu de l'eau pendant la grossesse et le jus de carotte pendant l'allaitement et un troisième groupe a bu l'eau à ces deux périodes. La saveur carotte a été choisie comme stimulus pour plusieurs raisons : tout d'abord, il s'agit d'une saveur qui est transmise par le lait maternel et qui est tout à fait distinctive. Deuxièmement, il était simple de demander aux mères qui allaitent de ne pas prendre cette saveur si elles faisaient partie du groupe prenant de l'eau. Enfin, la saveur de carotte a été ajoutée aux nourrissons le temps du sevrage pendant des siècles. Les nourrissons étudiés ont un âge de $5,7 \pm 0,2$ mois ; ils ont été nourris par des céréales préparées avec de l'eau (1 partie de céréales, 1 partie d'eau) pendant 1 journée de test et de céréales préparées avec du jus de carotte (une partie de céréales, une partie de jus de carotte) lors d'une autre. Ces séances d'essais ont été séparées par, en moyenne, 4 jours. Tous les liquides ont une température ambiante. Avant la préparation de céréales, aucun des nouveaux-nés n'avaient jamais été nourris de jus de carotte ou de tout aliment contenant des carottes. De plus, les céréales utilisées correspondaient à celles utilisées quotidiennement par l'enfant et, par conséquent, était familières.

Les résultats ont montré que les bébés nés de mère dans les groupes 1 et 2, ayant été exposés à la saveur carotte via le liquide amniotique ou le lait, montrent moins d'expressions négatives à la saveur de carotte au moment du sevrage que le groupe 3 témoin, dont la mère consommait de l'eau (cf. Figure 24), cependant les résultats ne sont pas significatifs. De plus, les nourrissons dans le groupe 1 (exposition pendant la grossesse au jus de carotte) ont été perçus par leur mère à aimer davantage le goût de carotte et avaient tendance à consommer plus de céréales aromatisées à la carotte. Les nourrissons ayant reçu la saveur carotte via le

lait de la mère ont la même attitude mais moins prononcée et par ce fait, le résultat n'est pas significatif. Cet effet est dû au fait que certains composés aromatiques des aliments ingérés par la femme allaitante passent dans son lait, augmentant l'acceptation des aliments qui portent ces mêmes arômes, au début de la diversification. Les mères témoins, qui n'ont pris que de l'eau n'ont pas noté de changement significatif quant à l'appréciation des céréales aromatisées à la carotte. Quant à l'ingestion, elle montre qu'il y a une différence significative de la quantité de céréales aromatisées à la carotte, ainsi que sur le temps d'ingestion, entre les groupes qui ont reçu préalablement la saveur carotte et les groupes n'en n'ayant pas reçue.

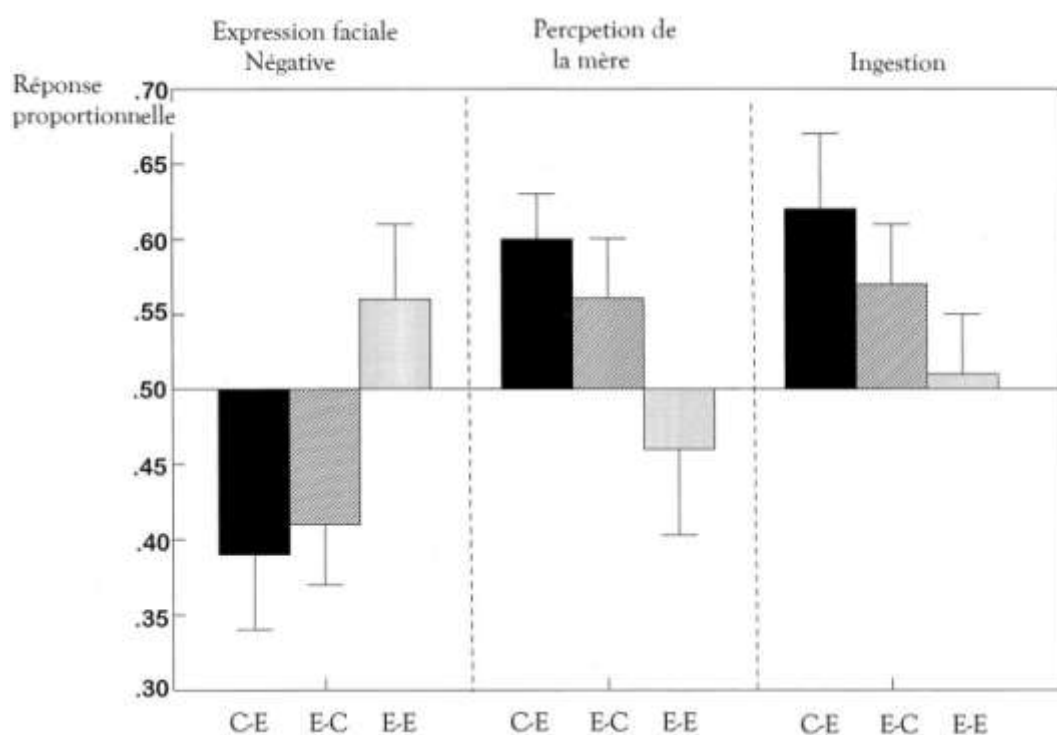


Figure 24 : Réponse proportionnelle de l'enfant en fonction des boissons ingérées par la mère (C : carotte ou E : eau) soit jus de carotte pendant la grossesse puis eau pendant l'allaitement, soit eau puis jus de carotte, soit eau pendant la grossesse et l'allaitement. [80]

Globalement, les céréales aromatisées à la carotte ont été plus consommées que les autres sans carotte par les 3 groupes de nourrissons. De même, les nourrissons passaient beaucoup plus de temps à se nourrir avec la céréale aromatisée à la carotte que celui nature pour les 3 groupes. Les différences de quantité ou de temps d'ingestion ne sont pas significativement différentes, bien que les groupes expérimentaux aient consommé davantage

de céréales à saveur de carotte par rapport aux céréales nature : les deux premiers groupes de nourrissons ont consommé, en moyenne, 3 fois plus de céréales saveur carotte. Ainsi, la consommation de jus de carotte par la femme allaitante augmente, à 6 mois, l'attrait pour des céréales additionnées de jus de carotte.

Il est donc important pour la femme de manger le plus varié possible, avec des saveurs différentes pour familiariser le nourrisson avec le plus de saveurs possibles, pour ainsi permettre une meilleure acceptation de différents aliments et lui faire apprécier un maximum de saveurs.

3.1.1.2. Différences interindividuelles et intra-individuelles de concentrations de différents composés dans le lait

Le comportement de la mère joue un rôle essentiel. En effet, les saveurs absorbées par la mère ne sont pas toutes transmises au nourrisson, seules celles qui passent dans le lait sont transmises tels que l'ail, la vanille, la carotte, la menthe... ces composés ont tous un point commun : leur volatilité, c'est essentiellement cette propriété qui importe pour le passage dans le lait. Des études ont démontré que le lait maternel est un réservoir chimio-sensoriel pour le nourrisson et que les saveurs volatiles provenant de l'alimentation de la mère sont transférées de manière sélectives, dans des quantités relativement faibles et elles sont dépendantes du temps. [82]

Pour mesurer la concentration des composés présents dans le lait en fonction du temps, il a été demandé aux femmes allaitantes de prendre quatre capsules contenant du L-menthol (composé essentiel de la menthe), du d-carvone (composé présent dans l'aneth), du trans-anéthol (composé donnant son goût à l'anis et au fenouil) et de l'acétate de 3-méthylbutyle (composé présent dans les pommes mûres) sur trois jours d'essais distincts. L'expérience comprenait trois jours d'essai chacun, séparés par au moins 3 jours pour assurer une élimination totale des composés ingérés. Cinq échantillons de lait maternel ont été recueillis au cours de tous les jours d'essai. Un échantillon de lait de référence a été exprimé avant l'ingestion des composés et les échantillons de lait restant ont été échantillonnés à 2, 4, 6 et 8 heures après les composés ingérés.

Le résultat a montré, en moyenne, que les concentrations du lait de la d-carvone et trans-anéthol montrent une augmentation de manière significative dans le lait d'échantillonnage 2 heures après l'ingestion et un pic de concentration environ 2 heures après ingestion de la capsule et se sont approchées des niveaux de concentrations de référence 8 heures après l'ingestion (cf. Figure 25). Des résultats semblables ont été observés malgré les différences de concentration entre la d-carvone et trans-anéthol. La courbe de concentration en fonction du temps pour L-menthol n'a pas montré de pic, mais un modèle plateau, avec une augmentation significative des valeurs de base 2 heures après la consommation de capsules, suivi par des niveaux presque constants de l-menthol jusqu'à 8 heures après la consommation. L'acétate de 3-méthylbutyl n'a pas été détecté dans le lait, dû soit à une trop faible concentration, soit à une absence du composé dans le lait. Les courbes de concentration en fonction du temps des composés aromatiques présents dans le lait maternel sont significativement différentes.

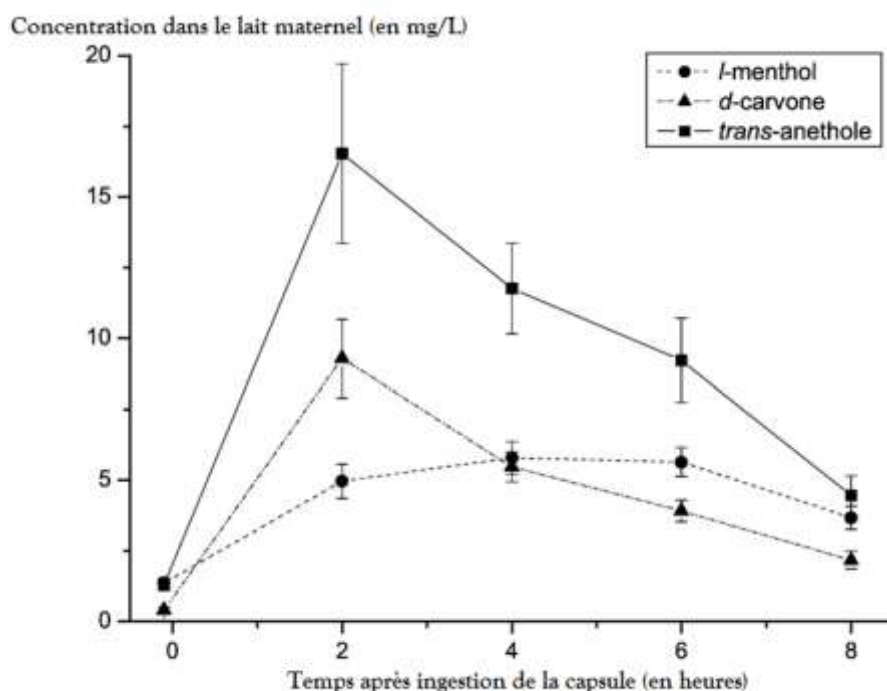


Figure 25 : Concentration du l-menthol, du d-carvone et du trans-anéthol en fonction du temps écoulé après ingestion des capsules contenant ces composés [82]

Il existe cependant une différence entre les individus : le trans-anéthol a atteint un sommet après 4 heures pour cinq participants, ce qui suggère un retard de pointe pour ces sujets. De plus, trois autres sujets ont connu un second pic dans le lait de concentration de trans-anéthol 6h après la consommation de trans-anéthol.

Une variation intra-individuelle est aussi perçue : la teneur en composés aromatiques dans le lait de la femme a varié considérablement entre les trois journées d'essais, ce qui entraîne des variations de 45,6% ($\pm 25,3\%$), 51,9% ($\pm 38,8\%$) et 65,0% ($\pm 27,3\%$), respectivement, pour l-menthol, d-carvone et trans-anéthol. Les variations interindividuelles de concentration dans le lait ont dépassé les variations intra-individuelles et ont été estimées à 62,9% pour le L-menthol, 84,1% pour le d-carvone (cf. Figure 26) et 78,4% le trans-anéthol.

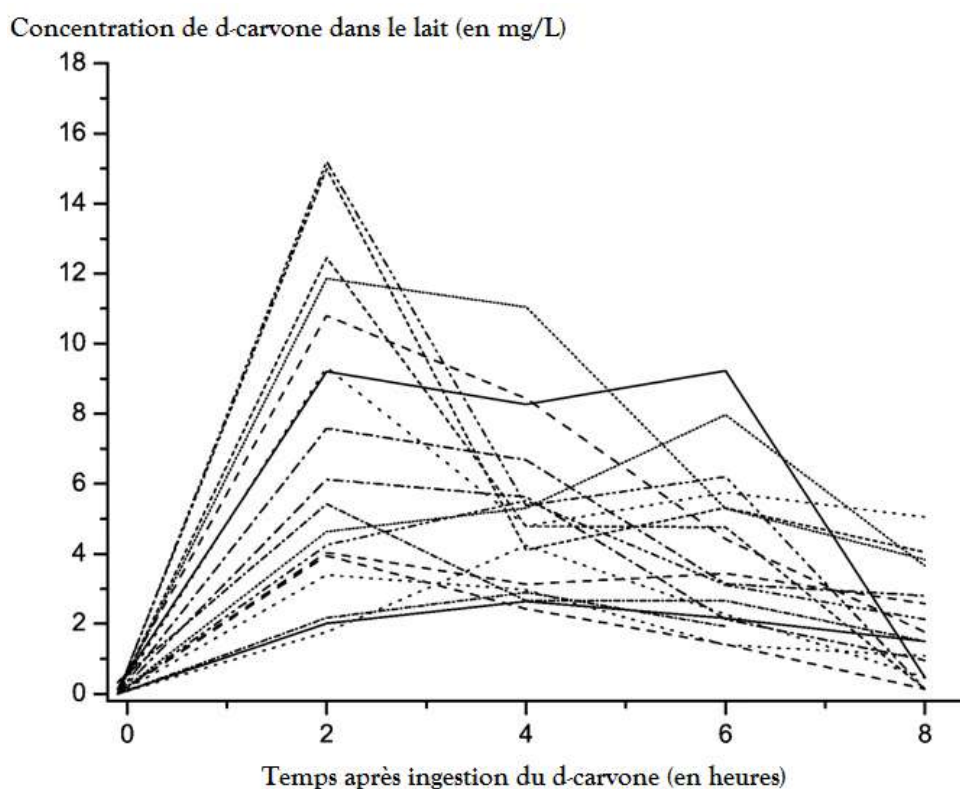


Figure 26: variations interindividuelles et intra-individuelles pour le d-carvone, chaque style de courbe représentant une femme différente [82]

Ce graphique représente bien les variations intra-individuelles et interindividuelles, les courbes pleines, par exemple, représentent les courbes de concentration d'une femme allant d'un pic à 2h post-ingestion à 12mg/L à un pic à 4 heures post-ingestion à 2mg/L. De plus, aucun style de courbe n'est semblable. D'où la preuve que chaque femme réagit différemment à l'ingestion de composés volatils et que les concentrations de ces composés dans le lait sont propres à chacun et varient d'un jour à l'autre.

Pour une plus grande acceptation future de l'enfant, nous avons vu qu'il était important pour la femme de manger le plus varié possible lors de l'allaitement, cependant tous les composés ne passent pas dans le lait ; les composés volatils sont les plus retrouvés.

Nous pouvons donc inciter les femmes à consommer les aliments ayant un pouvoir odorant assez fort tels que tous les aromates, pour participer à l'apprentissage de l'enfant à diverses saveurs. De plus, il est aussi important qu'elles consomment ces différentes saveurs à des périodes différentes dans la journée, dans le mois..., modifiant ainsi la concentration dans le lait des composés.

3.1.1.3. Influence de la durée de l'allaitement maternel sur l'acceptation des aliments

Schwartz a cherché s'il y avait une relation entre la durée de l'allaitement et l'acceptation des cinq différentes saveurs à l'âge de six mois et à l'âge de douze mois. A l'âge de 6 mois, elle a trouvé qu'il existait une différence significative pour le goût umami : en effet, les nourrissons allaités au sein plus longtemps apprécient plus le goût umami que les autres. Quant aux autres goûts, il n'y a aucune différence significative. A l'âge de 12 mois, aucune des saveurs n'a de relation entre la durée de l'allaitement et l'acceptation des différentes saveurs. Ainsi, le rôle de la durée de l'allaitement exclusif dans l'acceptation de l'umami, à l'âge de six mois, a été prouvé.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le lait maternel contient une teneur en acide glutamique 14 fois plus élevée que les laits commerciaux ; ceci amène à une exposition au goût umami nettement plus élevée pendant l'allaitement, ainsi à une familiarisation de cette saveur et donc une acceptation et une préférence plus grande à 6 mois. Ce résultat est

également retrouvé pour les enfants prenant du lait de protéines hydrolysées, riches en composés avec un goût umami. Cet effet de préférence pour l'umami lors de l'allaitement maternel exclusif n'est observé qu'à l'âge de 6 mois, il ne l'est plus à 12 mois. Quand l'enfant grandit, il a de plus en plus d'expériences avec différents aliments, et se familiarise avec de nombreuses nouvelles saveurs, faisant ainsi diminuer cette préférence.

Malgré l'importance pour de nombreux facteurs : diminution de l'allergie, renforcement de l'immunité, développement des défenses des muqueuses intestinales ... la durée de l'allaitement ne semble pas avoir de grandes importances sur les préférences futures de l'enfant surtout à l'âge de 12 mois. Ce résultat semble cependant en contradiction avec les autres études.

Conclusion

Pour optimiser l'acceptation future et la diversité du goût de l'enfant, plusieurs conseils sont donc à prendre en compte :

- Il faut une alimentation la plus diversifiée possible par la mère, avec un large choix de saveurs.
- La prise répétée de différentes saveurs à différents moments de la journée et à différents moments de l'allaitement.
- Privilégier les aliments odorants qui passent dans le lait.

3.1.2. Allaitement artificiel : les laits infantiles et le goût

Nous avons donc vu que l'allaitement maternel était préférable à celui des laits infantiles vendus en pharmacie. Cependant, ce mode d'allaitement n'est choisi que par une femme sur deux. Nous verrons donc les motivations qui amènent les femmes à faire le choix d'un allaitement artificiel, ainsi que les différents types de lait, leurs saveurs et les préférences gustatives qui en découlent.

3.1.2.1. *Choix de l'allaitement artificiel*

Environ une femme sur deux choisit l'allaitement artificiel. Ce choix pour plusieurs raisons :

- Pour la plupart des femmes, l'allaitement artificiel leur permet d'être plus disponible en partageant les prises biberons avec le père, la nourrice ou autre tiers
- Ce choix semble également souhaité pour faire participer l'entourage à la « croissance » du bébé
- Il permet de reprendre une contraception
- Les femmes fumeuses ne désirent pas allaiter pour entreprendre la poursuite de leur tabagisme
- La fatigue engendrée
- Les atteintes mammaires avec les crevasses
- La pudeur

Critères de choix de l'allaitement artificiel	Nombre de femmes (en %)
Facilité à s'absenter	62
Facilité à reprendre le travail	22
Facilité de prendre un moyen de contraception	18
Participation de la famille	15
Poursuite du tabac	12
Poursuite d'un traitement médicamenteux	8
Expérience malheureuse de l'allaitement maternel	7
Pudeur	5

Tableau IX : Critères de choix de l'allaitement artificiel et pourcentage respectif de ces choix selon l'étude de Fanello [75]

Ainsi, le principal reproche pour l'allaitement maternel reste l'obligation de la disponibilité et l'organisation des horaires de tétées (cf. tableau IX). Cependant, certaines femmes évoquent le prix élevé du lait en poudre en contrainte à l'allaitement artificiel et l'apparition de troubles digestifs chez l'enfant à type de diarrhée ou de régurgitations. Une autre difficulté concernait la préparation et l'équilibre des biberons. [75]

Il semble cependant qu'il y a un manque d'information donné aux femmes par le personnel de santé. En effet, un tiers des femmes ne reçoivent pas d'informations, durant leur grossesse, sur l'alimentation des nouveau-nés ; pour les autres, ces informations émanent essentiellement des sages-femmes et moins souvent des médecins. L'information fournie par les sages-femmes influençait significativement le choix vers l'allaitement maternel.

3.1.2.2. Les différents laits infantiles

Il existe plusieurs types de laits infantiles ; les laits standards, quand l'enfant est en bonne santé, sont formulés pour répondre aux besoins des nourrissons jusqu'à trois ans.

- De 0 à 6 mois, les laits sont appelés : laits de 1^{er} âge ou laits pour nourrissons.
- De 6 mois à 1 an, ils sont appelés : laits de suite, ou lait de relais, anciennement appelés laits de 2^{ème} âge.
- A partir de 1 an, ils sont appelés : laits de croissance.

Ces différents laits infantiles en fonction de l'âge évoluent en fonction des besoins nutritionnels de l'enfant avec son poids et sa taille. Comme le lait maternel les laits infantiles évoluent également. Leur composition est calquée sur les besoins physiologiques de l'enfant qui grandit, commence à attraper, jouer, marcher ...

Au plus jeune âge, l'enfant a des besoins de formule digeste et adaptée, de par l'immaturité de son système digestif et rénal. C'est pour cela que les laits infantiles sont très souvent formulés à base de lait de vache et sont modifiés pour être plus digestes.

Lorsque l'enfant a des soucis digestifs, notamment allergiques, il est recommandé de lui donner des laits dits « spécifiques ». Ces laits sont de formules qui ont pour objectif de contribuer à diminuer ces soucis, souvent bénin et sans gravité pour la santé.

- Lait hypoallergénique ou HA, conseillé si un des parents est allergique ou si l'enfant a des frères ou sœurs allergiques, ce sont des laits à base d'hydrolysats partiels de protéines
- Lait pour allergie aux protéines de lait de vache ou APLV, lorsque l'enfant est allergique aux protéines de lait de vache, il doit les exclure de son alimentation et éviter également les laits de chèvre, de jument ou de soja car il existe des allergies croisées. Ce sont des laits à base d'hydrolysat total de protéines à la différence des laits HA.
- Lait de soja

Tous ces types de lait ont des compositions diverses (cf. Tableau X) et donc des saveurs différentes amenant à plusieurs préférences gustatives. De plus, on dénombre une trentaine de marques de laits infantiles différents (Bledina[®], Guigiz[®], Enfamil[®], Modilac[®], Novalac[®], Nutriben[®], Picot[®] ...) soit autant de marques que de compositions différentes. Nous pouvons néanmoins rapprocher ces compositions qui, grâce à la législation, ne diffèrent pas significativement.

En effet, les préparations artificielles sont soumises à une réglementation précise et leurs dosages en nutriments sont strictement encadrés. Tous les laits infantiles commercialisés en France dépendent des deux textes législatifs européens (directive 2006/141/CE concernant les préparations de suite, et règlement CE 1243/2008) et de l'arrêté paru le 11 Avril 2008 au Journal officiel. Ainsi, chaque fabricant peut varier la proportion d'un ou plusieurs constituants, mais doit rester dans les limites imposées. De plus, les laits infantiles ne doivent pas contenir de résidus des différents pesticides dans des proportions supérieurs à 0.001 mg/kg il faut savoir que la quantité de nutriments et de vitamines varie peu d'un lait standard à l'autre en raison des fourchettes imposées.

La composition des préparations pour nourrissons doit répondre à certaines normes :

- l'apport énergétique est compris entre 60 et 70 Kcal pour 100mL.
- l'enrichissement en vitamine D est compris entre 40 et 56 UI/100mL
- les lipides sont composés de graisses 100% végétales (tournesol, coprah, colza, palme... à l'exception du lait maternel)
- les glucides comprennent en général 3/4 de lactose et 1/4 de dextrine maltose

Les laits de suite font partie intégrante du processus de diversification alimentaire. D'après la nouvelle réglementation de 2010, ces préparations s'adressent aux nourrissons ayant 6 mois révolus, c'est-à-dire à partir du 7^{ème} mois. Il existe des différences avec les préparations pour nourrissons : les laits de suite contiennent des concentrations plus élevées en protéines, en glucides, en minéraux, en vitamines D et en acide folique.

Nous allons donc comparer les différentes saveurs et les futures préférences gustatives lors de la prise de différents types de lait et pour mieux comprendre nous allons comparer leurs différentes compositions. [83]

Pour 100 ml	Lait de vache	Lait infantile	Lait de femme
Énergie	65 kcals	66 à 73 kcals	68 kcals
Protides	3.7 g	1.5 à 1.9 g	1.2 g
Caséines	80 %	60 à 80 % ou 44 à 50 %	40 %
Lipides	3.5 g	2.6 à 3.8 g	3.5 g
Acide linoléique	90 mg	350 à 740 mg	340 mg
Acide alphalinoléique	traces	30 à 100 mg	37 mg
Glucides	4.5 g	6.7 à 9.5 g	7.5 g
Lactose	100%	47 à 100 %	85 %
Dextrines maltoses	0 g	1.1 à 2.6 g	0 g
Autre sucre	0	Amidon, glucose, fructose, saccharose	Oligo-saccharides
Minéraux	900 mg	250 à 500 mg	210 mg
Sodium	48 mg	16 à 28 mg	16 mg
Calcium	125 mg	43 à 93 mg	33 mg
Ca/P	1.25	1.2 à 1.9	2
Fer	0.03 mg	0.7 à 1 mg	0.05 mg
Coefficient d'absorption	20 %		60 %

Tableau X : tableau comparatif des compositions des laits infantiles avec le lait maternel et le lait de vache [84]

Type de lait	Préparation pour nourrisson (1 ^{er} âge)				Préparation de suite (2 ^{ème} âge)
Nutriment pour 100ml	Lait de vache	Lait de soja	Lait HA	Lait APLV	Lait de vache
Energie (kcal)	67	66	66	65	68
Protéine (g)	1.4	1.6	1.5	1.6	1.7
Caséines	0.55 (40%)	-	Partiellement hydrolysée	Totalement hydrolysée	0.75 (45%)
Lactalbumine	0.86 (60%)	-			0.93 (55%)
Lipide (g)	3.5	3.3	3.1	3.5	2.8
Acide linoléique	442	350	527	429	341
Acide linolénique	62	54	69	61	49
Hydrates de carbone (g)	7.2		7.6	7.2	8.8
Lactose	6.5		3.4	-	5.6
Maltodextrine	0.72		-	-	3.2
Minéraux (mg)					
Sodium	20	17	24	31	25
Calcium	50	53	63	67	70
Potassium	65		65	65	80
Fer	0.78		0.7	0.78	1.1
Magnésium	6.0		6.0	6.0	8.0

Tableau XI : tableau comparatif des compositions des différents laits standards Nutriben[®] et lait de soja Nutrilon[®] Nutrica Soja 1

Les tableaux (cf. Tableau X et XI) montrent les différences de compositions des laits infantiles avec d'un côté le lait maternel, plus adapté à l'enfant, et de l'autre le lait de vache non modifié, non adapté à l'enfant. En effet, la composition du lait infantile se rapproche beaucoup plus de celle du lait maternel que de celle du lait de vache. Cependant, la présence de quelques écarts est notable: la présence en plus dans le lait infantile de dextrines maltoses

par exemple, ou la différence des différents sucres apportés. Le lait maternel ne contient que des oligosaccharides alors que le lait infantile contient un nombre plus important de familles de sucres : l'amidon, le glucose, le fructose, le saccharose... Les compositions étant réglementées, ces différences ne sont néanmoins pas dangereuses pour la santé.

3.1.2.3. Saveurs et laits artificiels

Les différentes compositions des laits permettent l'obtention de laits avec différentes intensités gustatives, c'est-à-dire des intensités de saveurs sucrée, salée, acide, amère et umami qu'ils présentent, différentes comme le montre le tableau [32] suivant. Celui-ci a été obtenu à l'issue des évaluations sensorielles avec un panel d'adultes soit obtenu par consensus par les codeurs qui se sont appuyés sur les notes obtenues lors des évaluations sensorielles avec les adultes, sur des dégustations et sur les données de composition.

Laits	sucré	salé	acide	amer	umami
Lait fermenté (attention différent de lait avec probiotiques)	1.0	0.2	1.8	0.1	0
Lait hypoallergénique dit HA (dont aussi les laits Diarrhées et HA) + soja BB	0.5	0.2	0.0	1.6	0
Lait donné en cas de diarrhées	0.2	1.2	0.3	0.7	0
Lait de chèvre	0.3	1.7	0.2	0.1	0
Lait de croissance (CROISSANCE, eveil)	2.1	0.2	0.1	0.0	0
Lait soja/amande/châtaigne adulte	0.5	0.1	0.1	0.5	0
Lait de vache	0.5	0.6	0.2	0.1	0
Lait infantile « standard » 1 ^{er} et 2 ^{ème} âge + Lait maternel	1.4	0.1	0.1	0.1	0
Lait infantile « standard » épaissi 1 ^{er} et 2 ^{ème} âge	0.9	0.1	0.1	0.1	0

Tableau XII : Saveurs des différents laits [32]

	sucré	salé	acide	amer	umami
Ajout farines/ céréales / « sucrées »	+ 1.5	-	-	-	-
Ajout farines / céréales « salées » ¹	+ 0.2	-	-	-	-
Ajout de diase / diastase	+ 0.2	-	-	-	-
Ajout de chocolat / cacao	+ 1.5	-	-	-	-
Ajout sucre / miel (sauf pour les céréales car miel est un arôme)	+ 2.0	-	-	-	-

Tableau XIII : Saveurs ajoutées lors de corrections du lait [32]

Ces tableaux (cf. Tableau XII et XIII) montrent que les laits standards de 1^{er} âge ou les laits de suite sont, comme le lait maternel, essentiellement sucrés. En effet, la composition des laits infantiles standards s'approche de celle du lait maternel. L'intensité sucrée du lait infantile a été évaluée par le panel comme étant équivalente à une solution de saccharose à 2.10%, alors qu'elle était jugée équivalente à une solution de saccharose à 2.12% pour le lait maternel. Ainsi, les évaluations sensorielles, menées ici avec un panel d'adultes entraînés, montrent que les laits infantiles standards sont faiblement ou modérément sucrés, très faiblement salés, acides et amers et pas du tout umamis. La saveur dominante du lait maternel est la saveur sucrée, et malgré sa forte teneur d'acide glutamique (soit 14 fois plus que dans les laits infantiles) l'intensité de la saveur umami est probablement extrêmement faible et imperceptible dans les laits infantiles standards selon le panel. Les différences gustatives entre le lait maternel et les formules infantiles standards étant limitées, les mêmes caractéristiques gustatives aux laits maternel et infantile ont été attribuées. Ainsi, l'exposition gustative des enfants allaités ou nourris au biberon est probablement proche. Ce qui diffère donc entre l'allaitement maternel et l'allaitement au biberon avec des laits infantiles standards, ce ne sont pas les intensités gustatives des diverses saveurs mais seulement leurs expériences olfactives et l'exposition aux différents arômes par l'alimentation de la mère. L'allaitement maternel permet à l'enfant de connaître une expérience variée alors que l'alimentation au biberon montre des saveurs plutôt fades, avec une expérience gustative monotone.

Les évaluations sensorielles conduites avec les adultes ont montré que les laits infantiles 1^{ers} et 2^{ème} âge standards sont globalement similaires d'un point de vue gustatif : le passage d'un lait 1^{er} âge standard à un lait 2^{ème} âge standard n'induit donc pas une exposition gustative différente. En revanche, les laits de croissance ont une saveur sucrée plus intense que les laits 1^{er} et 2^{ème} âge standards de sorte que le passage à un lait de croissance augmente l'exposition à la saveur sucrée. Le deuxième tableau montre que lors d'ajout de farine ou céréales, qu'ils soient dits « sucrés » ou « salés » représente en réalité toujours un ajout de saveur sucrée.

Les autres laits sont, eux, différents du lait maternel : les laits hypoallergéniques, préparés à partir de l'hydrolysate de protéines de lait, sont plus amers. Les laits anti-diarrhéiques sont plus salés et les laits fermentés sont plus acides, cependant leur utilisation

étant peu fréquente il n'y a pas de conséquences à long terme sur le goût et les préférences gustatives du nourrisson.

Il a été montré que les nourrissons qui ont consommé, pendant leurs 4 premiers mois, des préparations à base de protéines de laits partiellement ou totalement hydrolysées de saveur acide et/ou amère, les acceptent facilement à 7 mois et demi tandis que les nourrissons n'en ayant jamais consommées les rejettent. La saveur forte en amertume des formules à base d'hydrolysats de protéine est due, en partie, à leur teneur élevée en acides aminés. En effet, ces laits contiennent des éléments nutritifs en protéines qui sont «prédigérées» constitués seulement d'acides aminés et des petits peptides. Des études [85] ont comparé les réponses de goût à des composés de base d'aliments pour nourrissons. Pour cela, ils les ont classés en 3 groupes de nourrissons: ceux nourris au lait maternel, ceux nourris au lait infantile à base de lait de vache, et ceux nourris avec des laits partiellement ou totalement hydrolysés. Il apparaît que chez les nourrissons n'ayant pas commencé la diversification alimentaire, le groupe nourri au lait HA mange des aliments avec des saveurs beaucoup plus sucré, acide et amer que les groupes nourris au lait standard ou au lait maternel. Les nourrissons nourris au lait HA affichent moins d'expressions faciales de dégoût en mangeant des céréales amères et salées. Les nourrissons nourris au lait maternel et au lait HA sont plus susceptibles de sourire lors d'ingestion de céréales sucrés que ceux nourris au lait standard. Les enfants, ayant déjà commencé la diversification alimentaire, mangent en général plus varié et acceptent plus de nourriture, en affichant moins d'expressions faciales de dégoût.

Ces expériences peuvent avoir un effet à plus long terme : en effet, une étude montrent que des enfants de 4 à 5 ans, ayant eu des hydrolysats lors de leur allaitement artificiel, acceptent mieux des jus de pomme acidifiés que les enfants n'ayant pas eu ce lait. De la même façon, les enfants ayant consommé des formules à base de soja apprécient plus des jus de pomme plus amers, et des adultes alimentés dans les premiers mois de vie avec un lait vanillé, préfèrent une variante de ketchup à laquelle un peu de vanilline a été ajouté, par rapport à ceux qui ont été allaités et donc qui n'ont pas été exposés à un lait pour nourrisson vanillé. À l'inverse des enfants de 6 et 11 mois, nourris avec des hydrolysats, acceptent moins bien une purée de brocoli et de chou-fleur que des enfants nourris avec un lait standard, alors que ces légumes ont des arômes voisins de celles de ces hydrolysats, arômes liés à la présence de composés volatils soufrés. [81]

En définitive, les laits infantiles ne sont pas significativement différents du lait maternel dans la composition gustative des quatre saveurs : sucré, salé, amer, acide ; seule la teneur en umami est différente mais pas assez perceptible pour avoir des conséquences importantes sur les futures préférences gustatives de l'enfant. Ce sont les arômes, par les composés volatils ingérés par la mère et transmis au lait, qui permettent à l'enfant d'avoir une connaissance et une préférence plus grande pour les différents aliments. Une différence significative apparaît également lorsque l'enfant a été nourri au lait hypoallergénique à base de protéines hydrolysées avec une meilleure acceptation de l'amer.

3.2. Conseil pour les préférences gustatives lors de la diversification alimentaire

Lors de la diversification alimentaire, nous avons vu que l'enfant devient néophobe envers les nouveaux aliments surtout vers l'âge de 18 à 24 mois. Nous allons donc voir quels sont les moyens pour pallier au mieux à cette néophobie et ainsi faire aimer le plus large choix alimentaire à l'enfant. Pour cela plusieurs points sont à décrire ; d'abord la notion de répétabilité qui est très importante pour contrer cette néophobie, mais aussi la variété des aliments présentées à l'enfant, que ce soit une variété en termes d'aliments, de présentation, de textures... L'enfant doit « en voir de toutes les couleurs » sans oublier les deux précautions essentielles de l'alimentation chez les enfants, à savoir de ne pas trop stimuler le système immunitaire avec des aliments délétères pour l'enfant comme des mélanges multiples ou des produits exotiques, ceci est d'autant plus vrai si l'enfant a des antécédents d'atopie ou d'allergie familiale (fratrie ou parents) et de bien tenir compte des recommandations sur les quantité de gras, sucré et salé. L'influence des parents semblent aussi essentielle : notamment leur attitude pendant le repas, la convivialité, leur propre alimentation. Nous verrons quelle est la meilleure éducation pour bénéficier au mieux de l'acceptation de l'enfant et quelle autorité avoir pour ne pas le bloquer. L'influence de son entourage (à l'école, en famille, au centre de loisir) a aussi une place importante. L'enfant a effectivement tendance à imiter ses pairs. Enfin, nous verrons qu'il existe d'autres petites astuces pour aider l'enfant à apprécier toutes sortes de nourriture.

3.2.1. Les deux points essentiels : répétabilité et variété

3.2.1.1. Faire goûter plusieurs fois le nouvel aliment

Comme nous l'avons vu précédemment la notion de répétabilité, c'est-à-dire le fait de donner plusieurs fois un aliment à un enfant, permet de faire apprécier un aliment nouveau initialement rejeté. Ceci est vrai surtout pour les légumes, mais les légumes ne sont pas nécessairement l'objet d'un rejet important. Le pourcentage d'enfants qui rejettent un aliment est toujours inférieur par rapport au pourcentage d'enfants qui l'apprécient. Les épinards, par exemple, dégoûtent 25% des enfants mais sont acceptés par 41%. Cette variabilité interindividuelle importante n'existe pas pour les fruits. Malgré le fait que de nombreux enfants rejettent les légumes ce phénomène ne peut être considéré comme absolu. [86] De nombreuses études ont été faites sur la répétabilité pour les légumes verts; celles-ci amènent toutes à la même conclusion : la plupart des enfants acceptent le légume au bout de huit répétitions. Ainsi il est conseillé, lors d'un rejet de légumes de l'enfant, de répéter le menu le lendemain ou quelques jours après, l'enfant acceptera le légume dans la plupart des cas au bout du huitième repas de ce légume (cf. Figure 27). Ceci est dû au fait que l'aliment devient, au bout de sept, huit ou neuf expositions, familier à l'enfant, lui permettant ainsi de l'accepter. En règle générale, ce phénomène persiste dans le temps.

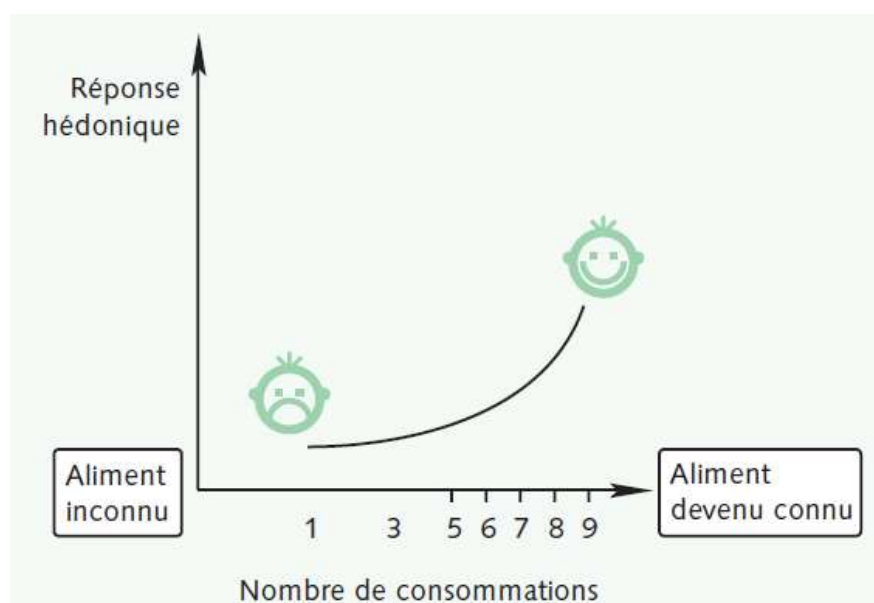


Figure 27 : l'exposition répétée : un moyen de dépasser la néophobie [86]

3.2.1.2. Jouer sur la variété

L'exposition à une variété de goûts et de textures au moment de la diversification alimentaire peut faciliter l'acceptation de nouveaux aliments dans l'avenir ; l'expérience précoce de textures variées peut faciliter l'acceptation de textures plus complexes, en tenant compte des capacités physiologiques de l'enfant (maturation digestive et capacité à déglutir les morceaux). Certains de ces effets persistent pendant un an ou plus. Une étude [87] montre que les changements quotidiens de légumes donnés au début de sevrage, en particulier en combinaison avec l'allaitement maternel, peuvent faciliter l'acceptation de nouveaux aliments. En effet, lors de cette étude les chercheurs ont constitué trois types de purées différentes : une purée d'artichaut, une purée de haricots verts et une purée de potiron. Les enfants étaient divisés en trois groupes : le premier groupe (C0) a mangé la même purée pendant neuf jours, le deuxième groupe (C4) a connu trois purées différentes administrées pendant trois jours consécutifs, le troisième groupe (C10) a mangé les trois mêmes purées mais avec un changement par jour. Une nouvelle purée est donnée à chacun des enfants : une purée de tomates, une purée de petits pois, une purée de viande avec de la dinde et une purée de poisson avec de la lotte. Après mesure de la quantité ingérée par les enfants (cf. Figure 28), la quantité augmente lorsque l'enfant a mangé des purées qui varient chaque jour alors que les enfants ayant reçu uniquement de la purée de carotte et ceux ayant pris trois purées différentes données pendant trois jours consécutifs, semblent moins apprécier la nouvelle purée. Les résultats mesurant l'appréciation de l'enfant mènent à la même conclusion. Le résultat positif de l'augmentation de l'ingestion des purées avec le groupe C10 est d'autant plus accentué si l'enfant a connu un allaitement maternel.

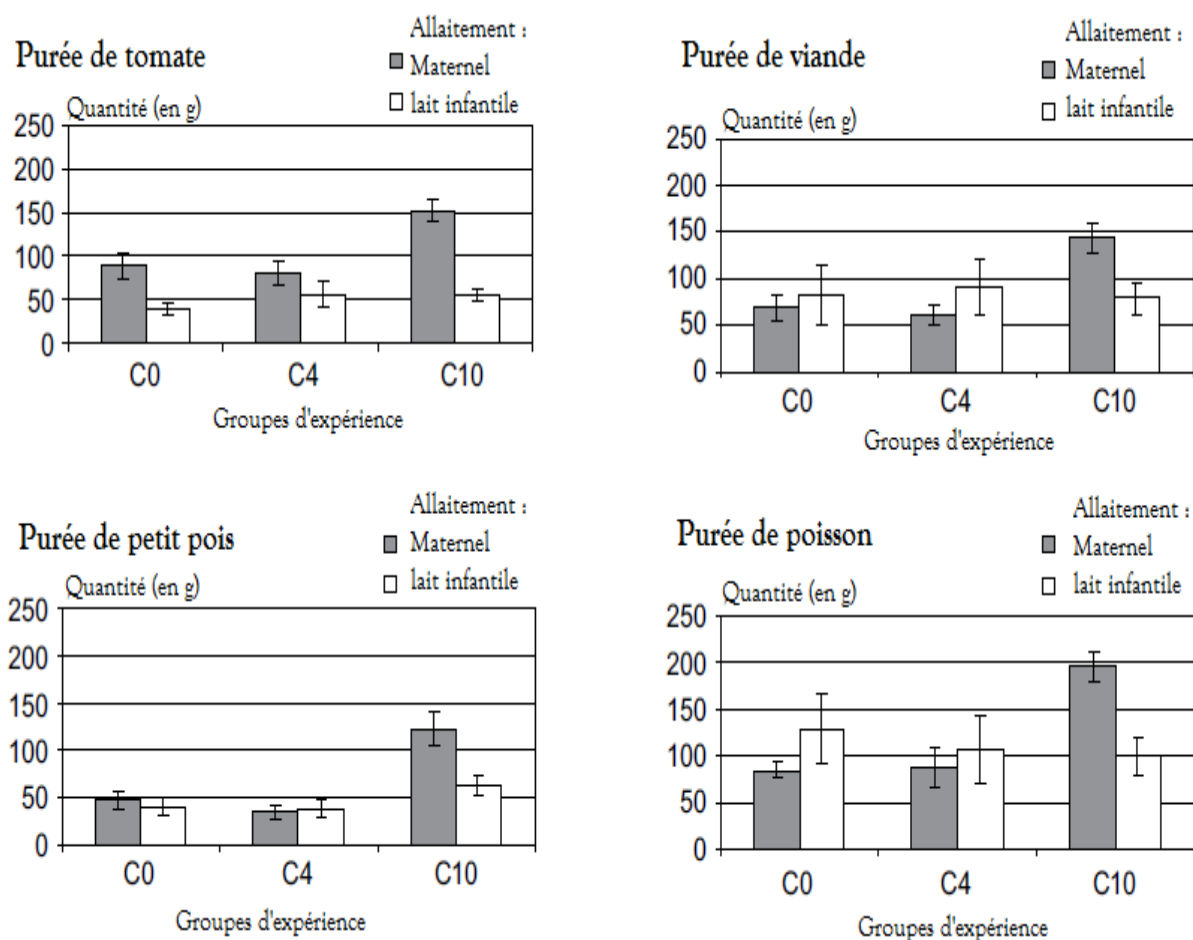


Figure 28 : Résultats de l'expérience sur la quantité de purée ingérée par les enfants en fonction des différents groupes : C0 qui a mangé pendant les 9 jours précédents la même purée de carotte, C4 qui a mangé 3 purées différentes chacune pendant 3 jours d'affilé et C10 qui a mangé les mêmes purées mais avec un changement par jour [87]

Les textures sont aussi importantes à varier: dans une enquête, les enfants de 15 mois qui ont reçu des aliments grossièrement écrasés qu'après 10 mois sont considérés par leurs parents comme plus difficiles à nourrir [81]. Il est conseillé de faire découvrir à l'enfant l'ensemble des textures, en l'exposant régulièrement à chacune d'elles afin de l'habituer et le rende moins difficile. Par exemple, lui faire découvrir les carottes sous plusieurs formes : purée de carotte, soupe de carotte, puis lorsque le développement de la dentition et les capacités de mastication de l'enfant le permettent vers deux ans des carottes râpées, des carottes vapeurs.... En effet, l'expérience des textures nouvelles lui apprend à mastiquer et à avaler en bonne coordination. Pour développer ses compétences, l'enfant doit tester

progressivement des textures moins fines, des aliments plus solides afin d'être apte à manger des petits morceaux de textures molles à l'âge d'un an. De plus, le fait de lui apprendre à mâcher plusieurs types de textures lui permet d'être plus conciliant lors de la découverte d'une nouvelle texture par rapport à un enfant qui n'aura connu que des textures mixées.

Ainsi, nous pouvons donc conseiller à la mère l'importance de la variété dans ses menus : tant en ce qui concerne différents légumes, différentes viandes, différents poissons et les textures. L'enfant doit se familiariser avec toutes les textures possibles pour ne pas les rejeter quand celles-ci ne plaisent pas. Il est également conseillé de changer parfois de marque alimentaire : par exemple pour les céréales du matin, cela évite que l'enfant n'aime qu'une marque de céréales et rejette les autres. En effet, les enfants s'habituent aussi beaucoup au visuel marketing des boîtes alimentaires, alors que, si le packaging change régulièrement, l'enfant n'est pas accoutumé à un visuel de boîte et semble plus tolérant. Nous pouvons aussi conseiller de faire connaître des plats chauds, des plats froids, voire glacés et faire varier les couleurs bien sûr, les enfants accordent beaucoup d'importance au visuel de l'assiette.

3.2.2. Le rôle des parents

3.2.2.1. Etre démocrate

Il est difficile de savoir comment éduquer son enfant pour lui faire goûter un maximum de saveurs, les attitudes d'autorité «tu manges tes légumes sans discuter », de chantage « tu auras un dessert si tu manges tes brocolis», ou de culpabilité « si tu manges des frites : tu deviendras gros » ne sont pas les meilleurs moyens même si ce sont les plus utilisés. Nous allons donc voir quelle est la meilleure conduite à avoir avec les enfants pour leur alimentation.

Des recherches récentes portent sur la notion de style éducatif des parents dans le domaine alimentaire. Elles comparent l'impact du style éducatif dit "démocratique" (existence de règles souples, c'est-à-dire expliquées et négociables) à ceux du style dit "autoritaire"

(imposition de règles rigides). Les stratégies pour faire goûter à l'enfant les aliments qu'il rejette, et les critères de choix pour les aliments qu'ils achètent pour leur enfant expliquent à 20 % les choix sélectifs de l'enfant. [29] Certaines incluent la notion de "style permissif" (peu de règles). Sur 12 résultats, 8 indiquent que plus les parents ont un style éducatif démocratique, plus leur enfant consomme des fruits ou des légumes [88]. Certaines études montrent au contraire qu'un style autoritaire favorise la consommation des légumes [89] mais trop d'autorité peut aussi bloquer les enfants. Une trop forte répression (énervement, punition) peut expliquer le caractère néophobe de l'enfant. Les deux styles éducatifs permettent d'imposer des règles, par exemple de proposer les aliments de façon répétée, ce qui permet à la préférence d'évoluer dans le sens positif. Les parents ayant un style alimentaire permissif sont ceux dont les enfants consomment le moins de légumes. L'absence de règles nuit à la consommation répétée d'aliments à l'origine peu appréciés. Le style démocratique favorise plus souvent la consommation des fruits ou des légumes que le style autoritaire. Ce phénomène est interprété en fonction de la différence de qualité émotionnelle des repas selon les styles éducatifs. Le contexte est plus chaleureux dans les familles dont le style est démocratique que dans celles de style autoritaire, ce qui explique le meilleur impact du premier style sur le second. Il faut donc être ni trop permissif, ni trop autoritaire.

Les enfants peuvent adapter, plus que les adultes, leur consommation d'un repas à l'autre (par exemple s'ils ont beaucoup mangé au déjeuner, ils ne prendront qu'un petit goûter). Pour respecter cette adaptation à leurs besoins, il est essentiel de ne pas les inciter systématiquement à finir leur assiette. Par exemple, un enfant qui a déjà mangé la moitié de ses légumes peut dire « j'arrête, je n'ai plus faim ». De même, lorsqu'un enfant refuse de finir ses haricots mais réclame un dessert, cela ne doit pas être considéré comme une duperie, mais plus comme un plaisir pour l'enfant. Tout en restant vigilant à ce que le dessert ne vienne pas systématiquement remplacer ce que l'enfant apprécie un peu moins. De plus, faut-il respecter les goûts alimentaires des enfants ou au contraire, se montrer ferme et les « forcer » à manger, ou tout au moins à goûter. La psychologue Natalie Rigal répond à cette question : Trop souvent les parents demandent à leur enfant, dès lors qu'il est en âge de s'exprimer, d'établir lui-même son menu. Il faut le déplorer, et cela pour plusieurs raisons. D'abord, parce que l'enfant ignore tout des règles de l'équilibre alimentaire. Si on les laissait choisir, seuls les aliments gras et/ou sucrés et connus seraient plébiscités. Par ailleurs, les enfants ne sont pas des adultes miniatures. Sur le plan affectif et cognitif, ils ont besoin d'être protégés et

encadrés. Il est aujourd'hui démontré que le meilleur moyen d'aider un enfant à progresser consiste à le situer juste au-dessus de ce qu'il est déjà apte à faire seul et de l'accompagner de façon à combler le vide entre ce qu'il est capable de faire seul et ce qu'il sait faire avec un adulte. Laisser trop le choix à l'enfant peut s'avérer néfaste, a fortiori, lorsque les parents jugent ce choix de manière négative. Les « tu as fait le mauvais choix » ou « ça va encore te faire grossir » restent très culpabilisants pour l'enfant. Il est donc préférable de miser sur une attitude ferme (« voilà le menu ») et chaleureuse (« que j'ai choisi pour nous ») et inciter son enfant à goûter les plats. Pour autant, fermeté ne signifie pas rigidité. Pour être acceptés, les plats proposés par l'adulte devront dans une certaine mesure tenir compte des goûts de l'enfant. L'introduction des aliments rejetés devant se faire très progressivement.» [62]

Il est donc conseillé de ne pas être trop laxiste, tout en respectant les besoins des enfants, il a également été montré que l'enfant apprend aussi en imitant des modèles, en particulier ses pairs et aussi en observant ses parents consommer un aliment avec plaisir.

3.2.2.2. Avoir un contexte social chaleureux et montrer l'exemple

Les enfants considèrent leur parents comme des modèles et ont ainsi tendance à les imiter, il en est de même pour l'alimentation. Le rôle des parents est donc essentiel : ils sont les promoteurs de l'éveil de leur enfant en l'incitant, par exemple, à décrire ses sensations quand il mange, en lui montrant les bons gestes... Ainsi, le repas est un très bon support éducatif, riche en découvertes permettant bien d'autres apprentissages : tenir sa fourchette, boire au verre, enrichir sa connaissance des couleurs, des formes, des consistances... l'expérience du mangeur, son « vécu » dans son contexte familial, social et culturel donné, influence beaucoup ses préférences alimentaires et son niveau néophobique. [91] Les parents doivent donc montrer l'exemple aux enfants en consommant, par exemple, régulièrement des fruits et légumes ce qui encourage leurs enfants par leur propre comportement. Mais aussi manger à des heures régulières avec des repas complets pour apprendre à l'enfant d'être structuré pendant ses repas et éviter ainsi de manger entre les repas.

Le contexte social et affectif de la consommation alimentaire joue un rôle très important chez l'enfant. Un certain nombre de travaux ont montré qu'il pouvait exercer une large

influence sur la mise en place des préférences et des aversions alimentaires. Une expérience [92] a montré que certains adultes et en particulier la mère avait une influence très importante sur le goût des enfants. Ils ont observé les réactions de 80 enfants (40 âgés de 2 ans, et 40 de 4 ans) auxquels soit la mère, soit un expérimentateur inconnu présentait un produit nouveau. Les résultats indiquent que lorsque l'adulte goûte l'aliment avant de le proposer, 80 % des enfants acceptent de le consommer, contre 47 % en situation de proposition simple. Par ailleurs, lorsque l'aliment est donné sans être goûté, la mère réussit mieux à le faire goûter que l'expérimentateur inconnu. Ainsi, par simple observation ou imitation, les jeunes enfants apprennent à vaincre leur néophobie.

Certaines familles préparent des plats différents pour les enfants et pour les parents, mais la préparation de deux menus séparés semble ne pas être la meilleure solution. D'abord parce que pour l'enfant, cela signifie qu'il y a deux sortes d'aliments : ceux qui sont bons pour eux, et ceux qui sont bons pour les adultes. Les aliments avec un goût prononcé, comme l'ail ou l'oignon peuvent être donnés aux enfants. De plus, cela va à l'encontre de la notion de plaisir et de partage en famille, essentiels pour une bonne éducation sensorielle. Toutefois, il est important de respecter l'ordre de la diversification alimentaire, ceci n'est vrai qu'à partir de l'âge de 18 mois et avec certains aliments toujours fortement déconseillés : toutes les sources d'arachides, de noix, d'amandes ou de noisettes, les gâteaux apéritifs, les bonbons durs, toutes les formes de céréales complètes (riz, pâtes, pain...), frites, sodas...

Le contexte affectif est très important au cours du repas pour les enfants. Leann Birch s'est intéressée à son impact sur l'évolution de l'appréciation pour des snacks consommés chaque jour, pendant six semaines, par des enfants âgés de 3 à 5 ans. Les résultats montrent que les aliments consommés dans un contexte chaleureux ou présentés comme une récompense font l'objet d'une augmentation très significative de l'appréciation, alors que les aliments consommés dans un contexte non social ne subissent pas d'évolution hédonique. L'augmentation d'acceptation est également maintenue au moins six semaines après l'arrêt de présentation des aliments. [93]

Quand les enfants grandissent, ils deviennent plus indépendants, mais les parents restent des régulateurs très importants de leur alimentation par la modélisation du comportement et des pratiques d'alimentation. Les modèles d'alimentation des parents et des jeunes enfants ont montré être liés, en partie dû aux parents qui fournissent la plupart des aliments qu'ils mangeaient, enfants, à cet âge-là. [94]

Nous pouvons donc conclure que l'attitude des parents influence beaucoup les comportements de l'enfant ; il faut conseiller aux mères de goûter elle-même le nouvel aliment qu'elles proposent à l'enfant et de manger avec eux le même repas, adapté bien sûr à leur âge. Une ambiance agréable et conviviale permet une augmentation de l'acceptation de la nourriture par l'enfant. Les parents jouent un rôle essentiel, mais les camarades de classe, les frères, sœurs ont aussi un impact important sur le comportement des enfants.

3.2.2.3. Manger dans différents lieux

Outre les parents, les enfants peuvent aussi modéliser leur comportement sur celui d'un tiers extérieur. En effet, leurs camarades de classe, leurs professeurs, mais aussi les autres personnes les entourant à la cantine, au fast-food, ou autre lieu de vacances ont un impact sur l'enfant et sur son attitude envers les aliments. L'enfant observe son entourage et imite, ou à l'inverse, fait l'opposé de ceux qui l'entourent pour se forger sa propre personnalité. Les garçons seront facilement influencés par une réaction enthousiaste d'un professeur du même sexe face à un nouvel aliment, tandis que celle d'un autre élève n'aura que peu d'impact. En revanche, les filles se fieront avant tout à l'avis de leur bonne copine et non à celui de leur professeur. La présence d'autrui facilite le processus d'appropriation de l'aliment au départ rejeté. Les très jeunes enfants ou les plus vieux acceptent d'autant plus facilement un aliment si celui-ci est consommé devant eux par des personnes familières qui apprécient l'aliment. [95] Une expérience auprès d'enfants en maternelle (3-5 ans) a découvert qu'un aliment rejeté par un enfant peut être tout compte fait accepté si les autres enfants montrent leur plaisir à le consommer. Ce phénomène est possible par simple observation : voyant ses camarades accepter, apprécier et consommer un aliment que lui-même n'apprécie pas, il modifie progressivement son comportement pour faire comme celui de ses camarades, et ceci même à la maison quand ils sont absents. Ce n'est pas simplement pour « faire comme les autres » mais parce que l'aliment inconnu consommé par des proches, le rassurera et diminuera sa néophobie. Sur le plan affectif, il a été démontré que dans un contexte chaleureux, l'enfant dépasse ses rejets alimentaires plus facilement. [62] Cela montre que l'éducation alimentaire passe aussi par un contexte social.

Cependant, l'imitation des pairs n'est pas toujours vraie. En effet, il faut prendre en compte la construction de l'identité à travers l'alimentation. Il est aujourd'hui établi qu'il existe un lien très fort entre l'aliment que l'on choisit de consommer et le fait qu'à travers l'aliment, l'enfant se construit une personnalité. L'alimentation met en jeu à la fois des phénomènes d'imitation et de différenciation, le deuxième enfant se distinguant par exemple des autres par des goûts particuliers. Les jumeaux montrent aussi ce phénomène : les vrais jumeaux ayant vécu séparés se ressemblent plus que ceux qui ont vécu ensemble, probablement parce que ceux-ci ont été différenciés par un « effet de couple ». Quand l'enfant est en couple, il a besoin de trouver sa place et donc de se différencier des autres. Si le deuxième enfant est très sélectif sur ses choix alimentaires, ce n'est donc pas forcément parce qu'il est hyper-gueusique, mais parce qu'il peut se dire puisque l'aîné mange de tout, qu'il sera l'inverse, c'est-à-dire difficile à table. C'est une façon de forger sa personnalité, et de trouver une place dans la famille.

Nous pouvons donc conseiller aux mères de faire quelques repas à l'extérieur de l'endroit habituel. Pour faire découvrir d'autres lieux que la maison pour les repas, lorsque l'enfant mange à la cantine, il peut être incité à manger des nouveaux légumes si ses camarades aiment ces légumes et les mangent sans contester. De plus, les nouveaux lieux permettent à l'enfant de découvrir une cuisine inconnue à la maison.

3.2.3. Autres astuces et conseils

3.2.3.1. Le faire cuisiner

En se familiarisant progressivement avec les légumes que les enfants finissent par les apprécier. La familiarisation de l'enfant avec les différents aliments peut se faire soit à long terme, comme présenté précédemment, via une exposition répétée, soit à court terme avec un apprentissage de ce que sont les aliments, leur forme, leur origine, etc., ainsi que de la préparation du repas. Il s'agit de développer les contacts entre l'enfant et l'aliment avant que celui-ci ne soit proposé dans l'assiette. Dans le cas des crudités, par exemple, il existe certaines astuces pour le familiariser avec la matière brute : nous pouvons conseiller d'amener

son enfant sur les étals des primeurs, au marché, afin que celui-ci apprécie les couleurs, les parfums et les formes des légumes. Par cette première approche des légumes, leur origine n'est plus totalement inconnue. Il semble également que l'enfant acceptera davantage de goûter un produit qu'il aura lui-même cuisiné qu'un plat prêt à consommer. [95]

Il faut lui apprendre à identifier les fruits et les légumes ; et lui demander son avis : « Qu'est-ce qui te tente ? », « De quoi tu aurais envie ? », « Regarde les brocolis... », etc. Une autre possibilité est d'aller cueillir avec lui des légumes dans un potager. Le fait d'être impliqué est déjà un pas, car il sent qu'on ne lui impose pas le légume, au contraire, c'est lui qui sait et qui décide. [90]

Le fait de faire participer l'enfant à la cueillette ou à la cuisine est un des apprentissages les plus efficaces pour se familiariser avec la nourriture et par la suite pour mieux l'accepter. La préparation d'un repas par l'enfant se nomme « familiarisation à court terme ». La familiarisation à court terme consiste à familiariser au maximum l'enfant avec l'aliment avant de le consommer, et cela en associant l'enfant à la préparation du repas. L'idée de demander aux enfants d'établir leur menu n'est pas toujours une bonne idée, car l'angoisse néophobique est renforcée en situation de choix. En revanche, dès lors que le menu est décidé, associer l'enfant à la collecte des produits permet approche. La récolte la plus efficace se fera dans le jardin, ou sur le balcon pour les plantes aromatiques : la néophobie est nécessairement réduite lorsque l'enfant a fait pousser le légume, et qu'il connaît ainsi son origine. Si la maman lui propose de l'aider à cuisiner cela permet à l'enfant de voir comment sont confectionnés ses plats et ainsi, mieux les accepter. Les plus grands pourront éplucher les carottes à l'aide d'un économe et les plus petits pourront laver, égoutter et jeter les légumes dans la casserole avec l'aide d'un adulte. Ils peuvent également aider à préparer des assiettes composées appétissantes, ce qui leur permet, qui plus est, de ressentir la fierté du résultat qui se voit.

Nous pouvons donc conseiller aux mères de faire participer leur enfant à l'élaboration des repas en allant au marché, ou directement au potager, en aidant à préparer la cuisine, l'enfant sera ainsi rassuré de savoir d'où viennent les produits et comment ils sont arrivés sous cette forme dans son assiette.

3.2.3.2. *Lui mettre des fruits et légumes à disposition*

Les enfants choisissent souvent la facilité et il faut en profiter. Pourquoi chercher partout un paquet de gâteaux pour le goûter s'il y a des fruits sur la table de la cuisine ? Et les études le prouvent : outre les préférences sensorielles, la disponibilité et l'accessibilité aux fruits et légumes représentent les plus forts déterminants de leur consommation par les enfants de six à 12 ans. [96] Si l'enfant trouve des fruits, ou des légumes, attirants à proximité, il va préférentiellement les prendre à des gâteaux sucrés qui sont en haut du placard. Il semble donc préférable de laisser à portée de mains des fruits pour que l'enfant se rassasie avec ceux-ci plutôt qu'avec des gâteaux ; de plus, cela peut lui permettre de se familiariser avec les fruits et plus tard, de les préférer aux sucreries.

Une étude montre que lorsque l'enfant a le choix entre un fruit qu'il a l'habitude de manger régulièrement et un autre ; il choisira préférentiellement celui-ci à un autre fruit. Mais si le deuxième fruit est visuellement plus attirant alors son choix se fera sur le fruit le plus attirant. Elle montre aussi que si les parents interdisent de manger soit le fruit régulièrement mangé, soit le fruit attirant pour un autre fruit, l'enfant a tendance à manger plus que d'habitude ce fruit lorsque les parents le lui autorisent dans un deuxième temps. Quand nous laissons donc les fruits à proximité de l'enfant celui-ci choisit celui qui l'attire le plus et mange seulement ce dont il a besoin. [97]

Certains pensent que les fruits et légumes devraient être disponibles et accessibles aussi bien à la maison qu'à l'école, car ce sont les lieux où les enfants passent la majorité de leur temps. Jusqu'à présent, seules quelques études réalisées chez les enfants ont évalué les actions augmentant l'accessibilité et la disponibilité des fruits et légumes à la cantine en milieu scolaire. [98]

Nous pouvons donc conseiller aux mères de mettre les sucreries en hauteur, pour qu'elles ne soient pas à la portée des enfants, mais à l'inverse laisser les fruits et les légumes en évidence, de telle sorte que lorsque l'enfant a faim, il ira plus facilement prendre un fruit. De plus, pour éviter que l'enfant ne s'habitue toujours à prendre le même fruit et rejeter les autres, nous pouvons conseiller de changer régulièrement les types de fruits dans la corbeille à fruits.

3.2.3.3. Jouer sur la concurrence et la coopération

Une autre étude a été faite pour déterminer l'impact de la concurrence et de coopération des instructions sur la motivation des enfants et la performance des tests sensoriels. Pour cela les enfants ont participé à des tests « goût » et reçus une consigne : soit la concurrence : " Je veux voir si vous pouvez faire mieux que d'autres ", soit la coopération : " voulez-vous m'aider", soit la concurrence-coopération:" voulez-vous m'aider à être meilleur que l'autre groupe ", soit des instructions neutres: " Pouvez-vous effectuer ce test ". En outre, ils ont été interrogés sur leur motivation. Les résultats ont montré que la concurrence-coopération avait un impact plus important sur la motivation de l'enfant à goûter que les autres instructions (cf. Figure 29). Ainsi la sensibilité sensorielle des enfants peut être augmentée en donnant des instructions concurrentielles et coopératives. Il est probable que cela soit associé à une forte motivation intrinsèque. [99]

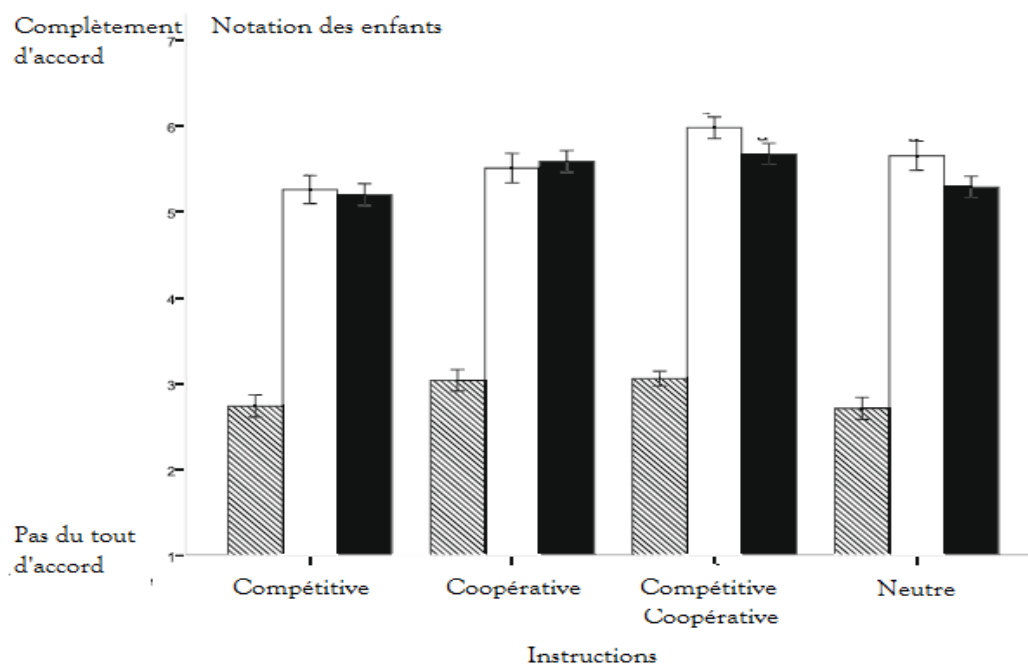


Figure 30 : Motivations des enfants en fonction des instructions données. Chaque colonne correspond à une question donnée ultérieurement au test : barre hachurée « Quelle importance accordez-vous à votre place dans ce jeu? » (de 1 = tout à fait sans importance à 4 = extrêmement important) ; barre blanche « quelle plaisir avez-vous eu à faire ce jeu ? » (de 1 = pas drôle du tout, à 7 = beaucoup de plaisir) ; barre noire quel score penses-tu avoir apporté à ce jeu? » (de 1 = petit score à 7 = très gros score). [99]

Nous pouvons donc conseiller aux mamans, si l'enfant refuse catégoriquement de manger, de le faire manger sous forme ludique en proposant des jeux entre frères et sœurs basés sur la coopération et la compétition.

3.2.3.4. Jouer sur la présentation

La présentation est importante pour les enfants, il faut jouer sur les couleurs, les formes pour que l'assiette soit la plus attrayante possible.

Parfois, pour faire accepter un aliment à l'enfant, il suffit juste de modifier sa présentation. En effet, l'enfant peut refuser un aliment présenté sous une certaine forme (par exemple : les carottes râpées), alors qu'il appréciera sous une autre forme (par exemple : la purée de carottes). Le jeune enfant aime se savoir en sécurité, spécialement quand il est question d'alimentation. Il faut donc le rassurer en donnant l'exemple et en combinant les aliments appréciés et les aliments refusés. [91] Par exemple, si l'enfant refuse de manger des crudités mais qu'il aime les pâtes, il peut être conseillé de mélanger les deux. Il est important de les présenter à l'enfant en quantité réduite et en petits morceaux, en les incorporant à ce qu'il aime : salade de pâtes, pommes de terre, fruits, etc. Il est également conseillé de les assaisonner avec des sauces qui les rendent plus doux. Il faut penser que les légumes peuvent se préparer de nombreuses façons différentes : omelettes, gratins, flans, purées, lasagnes... Il suffit d'être un peu imaginatif. Il est aussi possible d'incorporer les légumes dans les desserts. En effet, de nombreux légumes sont sucrés ou contiennent des fibres qui donnent une texture onctueuse, sans pour autant avoir un goût trop fort : la courgette, la betterave, la patate douce, la carotte... [90]

Pour que les légumes puissent être associés au plaisir, ils doivent être cuisinés de façon délicieuse comme si on les servait à des invités. L'imaginaire de l'enfant étant important, il est aussi possible de s'amuser avec les aliments en dessinant des formes ludiques, en racontant une histoire. . . Enfin, le plaisir de manger ne doit en aucun cas être considéré comme un tabou. Interdire à l'enfant de manger certains aliments qu'il apprécie en particulier, c'est l'inciter à franchir cet interdit, en le culpabilisant lorsqu'il en mange et risquer de développer chez lui un trouble dans son rapport à l'alimentation ; il faut simplement modérer la quantité, en restant dans une portion normale selon son âge.

Nous pouvons donc conseiller aux mères de bien faire attention à la présentation et à l'adapter à l'enfant avec des couleurs et des formes variées, en changeant celles-ci sans changer le plat si l'enfant le refuse.

3.2.3.5. Communiquer et lui faire exprimer ses sensations

En plus, d'une question de jovialité, les enfants doivent s'exprimer sur ce qu'ils mangent pour une complète éducation sensorielle. Celle-ci qui consiste essentiellement à parler avec l'enfant de ce qu'il mange autrement qu'en termes hédoniques (« j'aime » ou « je n'aime pas ») ou normatifs (« c'est bon ou mauvais pour la santé »). Le langage permet d'établir des liens entre l'inconnu et le familier. Il est donc essentiel de mettre des mots sur la nourriture, de décrire avec les enfants les sensations qu'elle leur procure (« qu'est ce que tu ressens quand tu manges? »). [95] [100]

Cependant le fait de parler aux enfants des bienfaits de la nourriture et de nutrition semble controversé. Pour certains psychologues, les adultes doivent respecter les goûts des enfants et leur parler de nutrition en faisant un enfant avec une «tête bien faite» plutôt qu'avec une «tête bien pleine». La raison de cette idée est que sans une approbation de l'enfant, c'est-à-dire sans tenir compte de ses aptitudes, de ses envies et de son plaisir, l'éducation en matière nutritionnelle risque de ne pas atteindre ses objectifs ou même d'engendrer des troubles du comportement alimentaire. Parents, enseignants, éducateurs... sont donc appelés à ne pas confondre enseignement et éducation. En conséquence, en matière d'éducation alimentaire, il est préférable de favoriser une éducation sensorielle en développant le plaisir de manger, la confection du repas, dont l'objectif est d'amener l'enfant à apprécier le goût des légumes, à une éducation nutritionnelle, en délivrant des conseils pour la santé dont les enfants sont peu réceptifs. Cette conclusion part d'un constat : « l'amélioration des connaissances diététiques ne suffit pas à changer les préférences, les choix et la consommation de fruits et légumes des enfants. » [90]

Le moment des repas permettent un rassemblement et un partage entre les membres de la famille. Parler des événements de chacun au cours des repas permet de mettre en place et d'entretenir la communication entre les parents et leurs enfants. Parce qu'il est important pour l'enfant de faire partager ses émotions et sa vie quotidienne, cette communication est essentielle à son bon développement ; d'où l'importance d'éteindre la télévision lorsque l'on

est à table. Aussi, l'enfant doit en sortir rassasié, chacun des repas ayant été une source de plaisir. L'enfant s'impliquera plus dans son alimentation si celle-ci met en scène sa sensorialité : couleurs, odeurs et textures des aliments.

Nous pouvons alors conseiller aux parents de privilégier une éducation sensorielle, ou éducation au goût, en incitant l'enfant à s'exprimer sur ce qu'il mange, par rapport à une éducation nutritionnelle qui n'est pas adaptée aux enfants. Et de ne pas manger devant la télévision mais de privilégier l'échange et la communication au sein de la famille. Pour finir, il est important de valoriser le rôle son enfant face à son alimentation : en le complimentant de son choix, en le remerciant pour son aide s'il a participé à la préparation du repas ou de la table. Ainsi, les parents doivent se montrer convaincus et convaincants ; ils peuvent également accepter la critique, en demandant à l'enfant réfractaire des suggestions pour la prochaine fois.

Conclusion

Le goût est un sens très vite développé par l'être humain : dès la 26^{ème} semaine post-conceptionnelle le fœtus a une gustation fonctionnelle. Ce développement se poursuit avec la maturation des capacités d'alimentation et le changement de son alimentation. Les préférences alimentaires du nourrisson sont tout d'abord tournées vers tout ce qui lui rappelle sa mère : les arômes ou les saveurs connus pendant la grossesse dans un premier temps puis ceux connus dans le lait lors de l'allaitement maternel dans un deuxième temps. Ainsi, les saveurs sucrées et grasses sont préférées dans les premiers mois car celles-ci rappellent le lait maternel. Cette attirance pour le sucre a plusieurs origines : en plus d'être nourrissante et de rappeler le lait maternel, l'attrait et la consommation de sucre peut être génétique avec la présence de certains gènes ou de variations alléliques.

Il existe des variances intra-individuelles dans les préférences gustatives en fonction de l'âge de l'enfant. Ces changements sont dus au développement des capacités alimentaires et aux changements alimentaires qui permettent une maturation de son système gustatif. Puis, vers l'âge de deux ou trois ans, l'enfant développe une néophobie alimentaire en rejetant certains aliments, notamment les légumes verts, les fruits, mais aussi certains poissons ou certaines viandes.

Pour favoriser le meilleur éveil gustatif, le pharmacien peut conseiller les parents à plusieurs stades de la croissance de l'enfant. Tout d'abord, lors de la grossesse, discuter avec la mère des bienfaits de l'allaitement maternel en termes de transmission de saveurs et d'arômes. Puis, lorsqu'elle vient pour un lait 2^{ème} âge par exemple, l'informer la mise en place d'une bonne diversification alimentaire. Enfin, à l'âge de deux ans, si l'enfant montre des signes de rejets alimentaires, le pharmacien peut s'entretenir avec la mère pour lui conseiller plusieurs astuces afin de pallier à ce phénomène de néophobie.

Cet apprentissage alimentaire contribue à l'équilibre nutritionnel de l'enfant. Ceci intervient donc très précocement dans la prévention des troubles métaboliques et des pathologies liées aux désordres alimentaires (obésité, anorexie, boulimie) des enfants. Ceux-ci beaucoup plus guidés par leurs préférences alimentaires que leurs besoins nutritionnels.

Bibliographie

- [1] VIBERT J-F. Neurophysiologie : de la physiologie à l'exploration fonctionnelle. 2^{ème} Ed. Issy-les-Moulineaux : Elsevier, 2011, 280 p.
- [2] CHIVA M. Le doux et l'Amer : sensation gustative, Emotion et Communication chez le jeune enfant. Paris : Presses Universitaires de France, 1985, 251 p.
- [3] N'DIAYE C. La gourmandise. Délices d'un péché. Paris : Autrement, 1993, 186 p.
- [4] FLANDRIN J-L. Histoire de l'alimentation. Bruxelles : Fayard, 1996, p.491-509.
- [5] LINDEMANN B, OGIWARA Y and NINOMIYA Y. The Discovery of Umami. Chemical Senses, 2002, 27, p. 843-844.
- [6] BEHRENS M, MEYERHOF. Gustatory and extragustatory functions of mammalian taste receptors. Physiology & Behavior, 2011, 105, p. 4-13.
- [7] LESCROART M. Une protéine indiquée dans le goût du gras, « La naissance du goût ». Le journal du CNRS, 2003, n°163-164.
- [8] GAILLARD D. Le goût du gras, In : programme de l'Université de Bourgogne. Disponible sur : <http://experimentarium.u-bourgogne.fr/spip.php?article214>. (page consultée le 15 Février 2012)
- [9] SHALLENBERGER R. Taste recognition chemistry. Pure and Applied Chemistry, 1997, 69, 4, p. 659-666.
- [10] CHANDRASHEKAR J, HOON M, RYBA N et al. The receptors and cells for mammalian taste. Nature, 2006, 444, p. 288-294.
- [11] ROPER S. Signal transduction and information processing in mammalian taste buds. Pflugers Archives, 2007, 454, 5, p. 759-776.
- [12] SOLOMON D. Anatomie et physiologie humaine. 1^{ère} Ed. Montréal : Mcgraw-Hill, 1981, p. 284-285.
- [13] TORTORA G, ANAGNOSTAKES N. Principes d'anatomie et de physiologie. 2^{ème} Ed. Bruxelles: De Boek Université, 1988, p. 386-387.
- [14] MARGOLASKEE R.F. « Récepteurs du goût dans le tube digestif ». Revue Francophone des Laboratoires, 2007, 396, p. 15075-15080.
- [15] KETTANEH A, FAIN O, STIRNEMANN J et al. Les troubles du goût. La revue médicale interne Elsevier, 2002, 23, p. 622-631.

- [16] BENISON A, CHUMACHENKO S, HARRISON J et al. Caudal granular insular cortex is sufficient and necessary for the long-term maintenance of allodynic behavior in the rat attributable to mononeuropathy. *The journal of neuroscience*, 2011, 31, 17, p. 6317-6328.
- [17] MARTINC, CHEVROT M, PASSILLY-DEGRACE P et al. Détection orosensorielle des lipides alimentaires : impacts sur le comportement alimentaire et la santé. *Innovation Agronomiques*, 10, 2010, p. 81-93.
- [18] GRENNE T, ALARCON S, THOMAS A et al. Probenecid Inhibits the Human Bitter Taste Receptor TAS2R16 and Suppresses Bitter Perception of Salicin. *Plos one*, 2011, 6, 5, 9 p.
- [19] GRESLIN P, HUANG L. Human taste: peripheral anatomy, taste transduction, and coding, *Otorhinolaryngology Journal*, 2006, 63, p. 152-190.
- [20] BROWNE J. chemosensory development in the fetus and newborn. *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 2008, 8, 4, p. 180-186.
- [21] BRIX M, RAPHAEL B. La fonction labiale. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*, 47, 2002, p. 357-369.
- [22] KUHN P, ZORES C, ASTRUC D et al. Développement sensoriel des nouveau-nés grands prématurés et environnement physique hospitalier. *Archives de pédiatrie*, 2011, 18, p. S92 à S102.
- [23] DOTY R.L, SHAH M. Taste and Smell. *Encyclopedia of Infant and Early Childhood Development*, 1ère Ed. Oxford : M.M. Haith & J.B. Benson, 2008, p. 299-308.
- [24] RELIER JP. Importance de la sensorialité fœtale dans l'établissement d'un échange mère-enfant pendant la grossesse. *Archives pédiatries*, 1996, 3, p. 274 à 282.
- [25] ANONYME. La physiologie du liquide amniotique. In : Programme de l'Université numérique francophone des sciences de la santé et du sport. Disponible sur : http://umvf.univ-nantes.fr/campusmaieutique/UEobstetrique/liq_amniotique/site/html. (page consulté le 11 Juin 2012)
- [26] THADIKKARAN L, CRETIAZ D, BARELLI S et al. Analyse protéomique du liquide amniotique. *Immuno-analyse et biologie spécialisée*, 2007, 22, p. 359-365.
- [27] BELLISLE F. Faim et satiété, contrôle de la prise alimentaire. *EMC-Endocrinologie*, 2005, 2, p. 176-197.

- [28] EL-HADDAD M, FRCOG MD, GUERRA C et al. Effect of oral sucrose on ingestive behavior in the near-term ovine fetus. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 2002, 187, p. 898-901.
- [29] RIGAL N. Diversification alimentaire et construction du goût. *Archives de Pédiatrie*, 2010, 17, p. S208 à S212.
- [30] SCHALCHLI L. Design alimentaire : le défi sensoriel. *Sciences & vie*, 1999, 208, p.110-119.
- [31] PASQUET P. Origine et variation de la perception et de l'acceptation des saveurs sucrés. *Archives de pédiatrie*, 2008, 15, p. 532-534.
- [32] SCHWARTZ C, CHABANET C., BOGGIO V et al. A quelles saveurs les nourrissons sont-ils exposés dans la première année de vie ? *Archives de Pédiatrie*, 2010, 17, p. 1026-1034.
- [33] STEINER J, GLASER D, HAWILO M et al. Comparative expression of hedonic impact : affective reactions to taste by human infants and other primates. *Neurosciences and Bio behavioral Reviews*, 25, 1, 2001, p. 53-74.
- [34] ASHMEAD D, REILLY B, LIPSITT L. Neonates' heart rate, sucking rhythm, and sucking amplitude as a function of the sweet taste, *Journal of Experimental Child Psychology*, 29, 2, 1980, p. 264-281.
- [35] WEILNAD R, ELLGRING H, MATCH Michael. Gustatofacial and olfactofacial Responses in human Adults. *Chemical senses*, 2010, p. 841-853.
- [36] MARLIER L, GAUGLER C, ASTRUC D et al. La sensibilité olfactive du nouveau-né prématuré. *Archives de pédiatrie*, 2007, 14, p. 45-53.
- [37] MARLIER L. A peine le nez dehors... Lettre OPALINE 2, Octobre 2005.
- [38] NICKLAUS S. Groupe de l'Observatoire des Préférences Alimentaires du Nourrisson et de l'Enfant. In : site d'OPALINE. Disponible sur : <http://www2.dijon.inra.fr/opaline/>. (page consulté le 10 Juin 2012)
- [39] Forum des jeunes chercheurs. (12 ; 2006, Besançon). Etude des préférences gustatives des nourrissons et des jeunes enfants : mise en place d'une procédure. Ed. par SCHWARTZ C, NICKLAUS S, ISSANCHOU S.

- [40] Annual meeting of Association for chemoreception Sciences (19; 2007, Sarasota) Preferences for basic tastes in 6-and 12-month-old infants. Ad. Par SCHWARTZ C, NICKLAUS S, ISSANCHOU S.
- [41] SCHLICH P. Le goût de l'eau : un challenge pour l'analyse sensorielle. Lettre OPALINE 10, Novembre 2008.
- [42] DE WIJK R, KOOIJMAN V, VERHOEVEN R. Automatic nervous system responses on and facial expressions to the sight, smell and taste of liked and disliked foods. Food quality and preference, 2012, 26, 2, p. 196-203.
- [43] MENNELLA J-A. The sweet taste of childhood. The senses: a comprehensive reference. Olfaction and taste, 4, 2007, p. 183-188.
- [44] NICKLAUS S, SCHWARTZ C, MARTIN A. L'acquisition des préférences alimentaires : le cas du goût sucré. Cahiers de nutrition et de diététique, 2008, 43, p. 2S47 à 2S51.
- [45] HLADIK C-M, PASQUET P, DANILOVA V et al. The evolution of taste perception : psychophysics and taste nerves tell the same story in human and non-human primates. Comptes rendus Palevol, 2003, 2, 4, p. 281-287.
- [46] MENNELLA J, PEPINO Y, REED D. Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences. Pediatrics, 2005, 115, 2, p. 216-222.
- [47] COOPER S, PETTY J. Question éducation : promoting the use of sucrose as analgesia for preprocedural pain management in neonates : A review of the current literature. Journal of Nursing neonatale, Juin 2012.
- [48] MITCHELL A, STEVENS B, MUNGAN N et al. Analgesic effects of oral sucrose and pacifier during eye examinations for retinopathy of prematurity. Pain management nursing, 2004, 5, 4, p. 160-168.
- [49] LIEAM D, DE GRAAF C. Sweet and sour preferences in young children and adults role of repeated exposure. Physiology & Behavior, 2004, 83, p. 421-429.

- [50] NICKLAUS S. Le développement du comportement alimentaire dans les deux premières années de vie. Lettre scientifique de l'Institut Français pour la Nutrition, 2009, 133, 4 p.
- [51] NICKLAUS S. Aspect sensoriels de l'alimentation de l'enfant. Le journal des professionnels de l'Enfance, 2010, 66, p.28-31.
- [52] SCHWARTZ C. Les réactions des nourrissons face aux saveurs : préférence ou rejet ? Lettre OPALINE 12, Juillet 2009.
- [53] DSAMOU M. Salivary Protein Profiles and sensitivity to the bitter taste of caffeine. Chemical Sense, 2012, 37, p. 87-95.
- [54] MATSUO R. Role of saliva in the maintenance of taste sensitivity, Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 2000, 11, p. de 216-219.
- [55] SPIELMAN A, MONELL. Interaction of saliva and taste. Journal of dental Research, 1990, 69, 3 p. 838-843.
- [56] MORZEL M, JEANNIN A, LUCCHI G et al. Human infant saliva peptidome is modified with age and diet transition. Journal of proteomics, 2012, 75, p. 3665-3673.
- [57] NEYRAUD E, PALICKI O, SCHWARTZ C et al. Variability of human saliva composition: possible relationships with fat perception and liking. Archives of oral biology, 2012, 57, 5, p. 556-566.
- [58] MAIER A. L'expérience précoce de la variété sensorielle et ses conséquences sur l'aliment future. Enfance, 2008, 60, p. 231-240
- [59] RAMSAY M. Les problèmes alimentaires chez les bébés et les jeunes enfants. Médecine et hygiène, 2012, 13, p. 11-28.
- [60] BLOSSFELD I, COLLINS A, KIELY M et al. Texture preferences of 12-month-old infants and the role of early experiences. Food Quality and Preference, 2007, 18, p. 396-404.
- [61] NICKLAUS S. Children's acceptance of foods at weaning. Role of practices of weaning and food sensory properties. Appetite, 2011, 57, p. 812-815.

- [62] RIGAL N. La naissance du goût. 1^{ère} Ed. Castanet Tolosan : la mission Agrobiosciences, 2002, 18 p.
- [63] KHEBBEB A. Etude des comportements de choix alimentaires, en fonction de la vue et de l'odorat chez l'enfant de 2 à 3 ans en crèche. Journal de pédiatrie et de puériculture, 1996, 1.
- [64] DJORDJEVIC J, ZATORRE R. Effects of perceived and imagined odors on taste detection. Chemical senses, 2004, 29, p.199-208.
- [65] KILDEGAARD H, OLSEN A, GABRIELSEN G. A method to measure the effect of food appearance factors on children's visual preferences. Food quality and preference, 2011, 22, p. 763-771.
- [66] NICKLAUS S, BOGGIO V, ISSANCHOU S. Les perceptions gustatives chez l'enfant. Archives de pédiatrie, 2005, 12, p. 579-584.
- [67] CRYSTAL S, BERSTEIN L. Infant salt preference and mother's morning sickness. Appetite, 1998, 30, p. 297-307.
- [68] LESHEM M, MAROUN M. Neonatal diuretic therapy may not alter children's preference for salt taste. Appetite, 2009, 30, p. 53-64.
- [69] RIGAL N. La consommation répétée permet-elle de dépasser la néophobie alimentaire? Application chez des enfants français soumis à des produits salés. Revue européenne de psychologie appliquée, 2005, 55, p. 43-50.
- [70] OLABO A, EL OUYOUN NAJM N, MORTON J. Food neophobia levels of Lebanese and American college students. Food quality and preference, 2009, 20, p. 353-362.
- [71] TUORILA H, LÄHTEENMÄKI L, POHJALAINEN L. et al. Food neophobia among the Finns and related responses to familiar and unfamiliar foods. Food Quality and Preference, 2001, 12, p. 29-37.
- [72] CASHDAN E. Adaptiveness of food learning and food aversions in children. Social science information, 1998, 37, 4, p. 613-632.

- [73] MAIER A, CHABANET C, SCHAAL B et al. Effects of repeated exposure on acceptance of initially disliked vegetables in 7-months old infants. Food quality and preference, 2007, 18, p. 1023-1032.
- [74] DOVEY T, STAPLES P, GIBSON E. Food neophobia and “picky/fussy” eating in children. Appetite, 2008, 50, p. 181-193.
- [75] FANELLO S, MOREAU-GOUT I, COTINAT J.P. Critères de choix concernant l'alimentation du nouveau-né : une enquête auprès de 308 femmes. Archives de pédiatrie, 2003, 10, p. 19-24.
- [76] NICKLAUS S. Development of food variety in children. Appetite, 2009, 52, p. 253 à 255.
- [77] MENNELLA J. Mother's milk: a medium for early flavor experiences. Journal of human lactation, 2011, 1, p. 39-45.
- [78] COOK L, WARDLE J, GIBSON E et al. Demographic, familial and trait predictors of fruit and vegetable consumption by pre-school children. Public Health Nutrition, 2003, 7, 2, p. 295-302.
- [79] MENNELLA J, NICKLAUS S, JAGOLINO A et al. Variety is the spice of life : strategies for promoting fruit and vegetable acceptance during infancy. Physiology & Behavior, 2008, 94, p. 29-38.
- [80] MENNELLA J, JAGNOW C, BEAUCHAMP G. Prenatal and postnatal Flavor Learning by Human Infants. Pediatrics, 2001, 107, 88.
- [81] NICKLAUS S, ISSANCHOU S. Déterminants précoces du comportement alimentaire. Archives de pédiatrie, 2010, 17, p. 713-714.
- [82] HAUSTER H, BREDIE W, MOLGAARD C. Differential transfer of dietary flavor compounds into human breast milk. Physiology & Behavior, 2008, 95, p. 118-124.
- [83] LORIOL M. Les laits infantiles. Le moniteur des pharmaciens, 2010, cahier II, n°2811/2812.

- [84] BEYLOT G. Les laits infantiles. Actualités Pharmaceutiques, 2009, 48, 488, p. 51-56.
- [85] MENNELLA J, FORESTELL C, MORGAN L et al. Early milk feeding influences taste acceptance and liking during infancy. The American Journal of Clinical Nutrition, 2009, 90, p. 780S à 788S.
- [86] RIGAL N. La naissance du goût, objectif nutrition. Les nouvelles de l'institut Danone, 2002, 64, 9 p.
- [87] MAIER A, CHABANET C, SCHAAL B. Breastfeeding and experience with variety early in weaning increase infants' acceptance of new foods for up to two months. Clinical Nutrition, 2006, 27, p. 849-857.
- [88] HENDY H, WILLIAMS S, ECKMAN N et al. The parent mealtime action scale, Development and association with children's diet and weight. Appetite, 2009, 52, 2, p. 328-339.
- [89] BOURCIER E, BOWEN D, MEISCHKE H. Evaluation of strategies used by family food preparers to influence healthy eating. Appetite, 2003, 41, 3, p. 265-272.
- [90] ANONYME. Comment faire aimer les légumes aux enfants ? Journal de pédiatrie et de puériculture, 2010, 23, p. 228-233.
- [91] ANONYME. Les besoins et comportements alimentaires spécifiques aux enfants de 18 à 36 mois. Journal de pédiatrie et de puériculture, 2006, 19, p. 292-296.
- [92] HARPER L, SANDERS K. The effects of adults' eating on young children's acceptance of unfamiliar foods. Journal of Experimental Child Psychology, 1975 20, p. 206-214.
- [93] BIRCH L. Development of food acceptance patterns in the first years of life. Proceedings of the Nutrition Society, 1998, 57, 4, p. 617-624.
- [94] HETHERINGTON M, CECIL J, JACKSON D et al. Feeding infants and young children. Appetite, 2011, 27, p. 791 à 795.

- [95] ETIEVANT P, BELLISLE F, DALLONGEVILLE J et al. Les comportements alimentaires. Quels en sont les déterminants? Quelles actions, pour quels effets? Expertise scientifiques collective, INRA, 2010, p. 103-109.
- [96] BLANCHETTE L, BRUG J. Determinants of fruit and vegetable consumption among 6- to 12-year-old children and effective interventions to increase consumption. *Journal Human Nutrition Dietary*, 2005, 18, 6, p. 431-443.
- [97] JANSEN A, MULKENS S. How to promote fruit consumption in children. *Appetite*, 2010, 54, 3, p. 599-602.
- [98] ANONYME. Augmenter la consommation de fruits et de légumes à l'école. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 2008, 21, p. 270-273.
- [99] LIEM D, ZANDSTRA E. Motivating instructions increases children's sensory sensitivity. *Food Quality and Preference*, 2010, 21, p. 531-538.
- [100] BOUCHER B. L'apprentissage harmonieux de l'alimentation chez l'enfant. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 2008, 21, p. 334-338.

Nom – Prénom : DUMOULIN – Mélanie

Titre de la thèse : Le développement du goût et des préférences gustatives : du fœtus à l'enfance

RESUME DE LA THESE :

Le goût est fonctionnel dès le stade fœtal et se développe jusqu'au milieu de l'enfance avec la maturation des capacités d'alimentation. Le nourrisson est capable de détecter les différentes saveurs transmises par la mère lors de la grossesse puis lors de l'allaitement maternel.

Les préférences gustatives du nourrisson dépendent de la grossesse et de l'allaitement choisis par la mère. Ces préférences évoluent dans le temps, elles sont influencées par plusieurs facteurs comme la composition de la salive, certains facteurs génétiques, le choix d'allaitement et beaucoup d'autres facteurs intrinsèques.

Arrive ensuite un âge où les enfants refusent de manger ou même goûter certains aliments. Ce phénomène, appelé néophobie, peut être atténué par des conseils officinaux. Le pharmacien peut ainsi conseiller les parents afin d'améliorer l'éveil gustatif des enfants et, par conséquent, participer à l'établissement d'habitudes nutritionnelles, contribuant à la prévention de nombreuses pathologies liées à des déséquilibres alimentaires chez l'adulte.

MOTS CLES : goût – saveurs – nutrition enfant – éducation

JURY :

PRESIDENT : Monsieur Jean-Marie BARD, Professeur de Biochimie Générale et Biochimie Appliquée

ASSESEURS : Monsieur Christophe OLIVIER, Maître de Conférences en toxicologie
Madame Gwenaëlle MALGARINI, Docteur en Pharmacie